



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura

INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES de AMÉRICA LATINA y el CARIBE

Hacia la
armonización de la
información forestal



INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES de AMÉRICA LATINA y el CARIBE

Hacia la
armonización de la
información forestal

Editado por

Carla Ramírez

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Iciar Alberdi

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, CSIC)

Carlos Bahamondez

Instituto Forestal de Chile

Joberto Veloso de Freitas

Universidad Federal de Amazonas

CITA REQUERIDA:

Ramírez, C., Alberdi, I., Bahamondez, C., y Freitas, J., coords. 2021. *Inventarios Forestales Nacionales de América Latina y el Caribe: Hacia la armonización de la información forestal*. Roma, FAO.

<https://doi.org/10.4060/cb7791es>

Las denominaciones empleadas en este producto informativo y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, ni sobre sus autoridades, ni respecto de la demarcación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la FAO los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas de la FAO.

ISBN 978-92-5-135372-1

© FAO, 2021



Algunos derechos reservados. Esta obra se distribuye bajo licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 3.0 Organizaciones intergubernamentales (CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/deed.es>).

De acuerdo con las condiciones de la licencia, se permite copiar, redistribuir y adaptar la obra para fines no comerciales, siempre que se cite correctamente, como se indica a continuación. En ningún uso que se haga de esta obra debe darse a entender que la FAO refrenda una organización, productos o servicios específicos. No está permitido utilizar el logotipo de la FAO. En caso de adaptación, debe concederse a la obra resultante la misma licencia o una licencia equivalente de Creative Commons. Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: "La presente traducción no es obra de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). La FAO no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en [idioma] será el texto autorizado".

Todo litigio que surja en el marco de la licencia y no pueda resolverse de forma amistosa se resolverá a través de mediación y arbitraje según lo dispuesto en el artículo 8 de la licencia, a no ser que se disponga lo contrario en el presente documento. Las reglas de mediación vigentes serán el reglamento de mediación de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> y todo arbitraje se llevará a cabo de manera conforme al reglamento de arbitraje de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI).

Materiales de terceros. Si se desea reutilizar material contenido en esta obra que sea propiedad de terceros, por ejemplo, cuadros, gráficos o imágenes, corresponde al usuario determinar si se necesita autorización para tal reutilización y obtener la autorización del titular del derecho de autor. El riesgo de que se deriven reclamaciones de la infracción de los derechos de uso de un elemento que sea propiedad de terceros recae exclusivamente sobre el usuario.

Ventas, derechos y licencias. Los productos informativos de la FAO están disponibles en la página web de la Organización (<http://www.fao.org/publications/es>) y pueden adquirirse dirigiéndose a publications-sales@fao.org. Las solicitudes de uso comercial deben enviarse a través de la siguiente página web: www.fao.org/contact-us/licence-request. Las consultas sobre derechos y licencias deben remitirse a: copyright@fao.org.

ÍNDICE

Prólogo	xi
Agradecimientos	xiii
Abreviaturas y siglas	xxi
Resumen ejecutivo	xxvii
<hr/>	
PARTE I	xxxii
1 Introducción	1
2 Similitudes y diferencias en el diseño de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe	13
3 Perspectivas futuras de los inventarios forestales nacionales en América Latina y el Caribe	27
4 Desafíos y oportunidades de los inventarios forestales nacionales	39
5 Hacia datos transparentes y abiertos en los inventarios forestales nacionales	49
<hr/>	
PARTE II	59
6 Argentina	61
7 Bahamas	77
8 Belice	89
9 Brasil	103
10 Chile	123
11 Colombia	135
12 Costa Rica	151
13 Ecuador	167
14 El Salvador	187
15 Guatemala	203
16 Guayana Francesa, Guadalupe y Martinica	219
17 Honduras	231
18 Jamaica	251
19 México	265
20 Nicaragua	289
21 Panamá	305
22 Perú	327
23 Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	349
24 República Dominicana	369
25 Suriname	387
26 Uruguay	397

CUADROS

2.1	Perspectivas futuras de los inventarios forestales nacionales en América Latina y el Caribe	22
3.1	Perspectivas de mejoras metodológicas a implementar para el desarrollo de los inventarios forestales nacionales	31
3.2	Variables a incorporar en el desarrollo de futuros inventarios forestales nacionales	32
3.3	Planes de permanencia y continuidad de los inventarios forestales nacionales por país	35
6.1	Descripción histórica de los Inventarios Nacionales de Bosques Nativos de Argentina	62
6.2	Resumen de definiciones utilizadas en el Inventario Nacional de Bosques Nativos	66
6.3	Características del diseño de muestreo: nivel país	67
6.4	Superficie en hectáreas de las siete regiones forestales y unidades de muestreo	68
6.5	Umbral de diámetro a la altura del pecho y diámetro a la altura de la base para seleccionar individuos en las distintas regiones forestales	69
6.6	Ecuaciones para el cálculo del volumen	70
6.7	Resultados del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: región forestal Bosque Andino Patagónico	72
7.1	Descripción histórica de los inventarios forestales	78
7.2	Resumen de las definiciones utilizadas para la implementación del Inventario Forestal Nacional	79
7.3	Resumen de las definiciones de tipo de bosque empleadas para implementar el Inventario Forestal Nacional	79
7.4	Características del diseño del muestreo	83
8.1	Descripción histórica de los inventarios forestales en Belice	90
8.2	Resumen de las definiciones utilizadas para aplicar el Inventario Forestal Nacional	92
8.3	Características del diseño del muestreo	94
8.4	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa/carbono	97
8.5	Resultados del ciclo más reciente del Inventario Forestal Nacional (2018)	98
9.1	Descripción del Inventario Forestal Nacional de Brasil en curso, Ciclo 1	104
9.2	Características del diseño de muestreo: extensión territorial de cada bioma y número de unidades de muestreo planeados para el primer ciclo del Inventario Forestal Nacional	105
9.3	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional	108
9.4	Resumen de la clasificación de la vegetación brasileña y su correspondencia con las categorías de la Evaluación de los recursos forestales mundiales	108
9.5	Dimensiones de la unidad de muestreo y de las subdivisiones para abordar los diferentes niveles de inclusión	110
9.6	Ecuaciones utilizadas para el cálculo del volumen y la biomasa de los estados con recopilación de datos completos e informes publicados	113
9.7	Superficie forestal calculada en el contexto del Inventario Forestal Nacional en cada bioma brasileño, 2018	114
9.8	Existencias promedio de volumen y biomasa para algunos tipos de bosques de los biomas brasileños	115
9.9	Existencias en crecimiento en volumen, estimadas a partir de los datos del Inventario Forestal Nacional para todos los biomas brasileños	115
10.1	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales en Chile	124
10.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional	125
10.3	Características del diseño de muestreo	126
10.4	Superficie por clase de uso de la tierra según clasificación de la Evaluación de los recursos forestales mundiales	127
10.5	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	128
10.6	Estimaciones de existencias por región, medidas en segundo ciclo	128
11.1	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional	137
11.2	Área de las subpoblaciones de interés por categoría de posestrato	138

11.3	Tamaños de muestra por región	138
11.4	Unidades de observación para el Inventario Forestal Nacional	141
11.5	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	143
11.6	Número de especies, índices de Shannon y alfa de Fisher total y promedio por región biogeográfica de Colombia	144
11.7	Estimaciones de biomasa por encima del suelo total por región biogeográfica	144
12.1	Descripción histórica del Inventario Forestal Nacional de Costa Rica	153
12.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el primer Inventario Forestal Nacional (2012-2015)	154
12.3	Características del diseño de muestreo	155
12.4	Características del diseño de muestreo del primer (preestratificado) y segundo (posestratificado) Inventario Forestal Nacional	157
12.5	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa del primer Inventario Forestal Nacional	158
12.6	Resultados del primer Inventario Forestal Nacional (2012-2015)	160
13.1	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales	169
13.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar la Evaluación Forestal Nacional 1	169
13.3	Estratos boscosos de la Evaluación Nacional Forestal que corresponden a la categoría bosque de la Evaluación de recursos forestales mundiales 2020	171
13.4	Variables principales que evalúa la segunda Evaluación Nacional Forestal	172
13.5	Distribución de conglomerados por estrato boscoso	174
13.6	Características de las subunidades de muestreo	176
13.7	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	177
13.8	Resultados de la primera Evaluación Nacional Forestal (2009-2013)	178
13.9	Volumen comercial promedio por hectárea	179
13.10	Volumen comercial por estrato, en cada una de las categorías identificadas por la Normativa Forestal	180
14.1	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales de El Salvador	188
14.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional de Bosques	189
14.3	Características del diseño de muestreo del Inventario Nacional de Bosques	190
14.4	Características de la unidad de muestreo rectangular	193
14.5	Características de unidades de muestreo para bosque salado	193
14.6	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	195
14.7	Ecuaciones empleadas para el cálculo de la relación altura-diámetro	196
14.8	Resultados del Inventario Nacional de Bosques de El Salvador	197
15.1	Diseños de muestreo de los dos Inventarios Forestales Nacionales de Guatemala	204
15.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional de Guatemala	205
15.3	Niveles de intensificación de las mallas de muestreo del Inventario Forestal Nacional para generar datos a menor escala	206
15.4	Distribución de las unidades de muestreo en los dos inventarios forestales nacionales de Guatemala	206
15.5	Configuración de las parcelas según los elementos de medición	210
15.6	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	211
15.7	Resultados del primer Inventario Forestal Nacional, 2002-2003	212
16.1	Descripción histórica de los distintos inventarios realizados	221
16.2	Definiciones utilizadas para aplicar el informe de Evaluación de los recursos forestales mundiales en 2020	222
16.3	Ecuaciones empleadas para calcular el volumen y la biomasa/carbono	225

16.4	Resultados del ciclo de inventarios forestales más reciente	226
17.1	Descripción histórica de los inventarios nacionales forestales de Honduras	234
17.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal de Honduras	235
17.3	Características del diseño de muestreo	237
17.4	Elementos por medir en las parcelas de las unidades de muestreo	241
17.5	Ecuaciones utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa	242
17.6	Resultados del segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal de Honduras (2011-2015)	244
18.1	Descripción histórica de los inventarios forestales en Jamaica	252
18.2	Resumen de las definiciones de bosque, volumen y biomasa	253
18.3	Resumen de las definiciones para los diferentes tipos de bosques	254
18.4	Características del diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional	255
18.5	Intensificación del Inventario Forestal Nacional	256
18.6	Número total de unidades de muestreo por Unidad de Gestión Forestal	258
18.7	Categorías de desechos leñosos finos	260
18.8	Ecuaciones empleadas para los cálculos de volumen y biomasa/carbono	260
18.9	Factores de forma empleados para calcular el volumen de las especies latifoliadas	261
19.1	Descripción histórica del Inventario Nacional Forestal y de Suelos	266
19.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal y de Suelos	268
19.3	Definiciones nacionales por formación forestal y correspondencias por tipos de vegetación	268
19.4	Distanciamientos de la malla de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos por estrato	274
19.5	Características del diseño de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos	275
19.6	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	278
19.7	Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009-2014	279
20.1	Descripción histórica de los inventarios nacionales forestales de Nicaragua	291
20.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal 2007-2008	292
20.3	Características del diseño de muestreo	293
20.4	Descripción de los elementos registrados en el Inventario Nacional Forestal	294
20.5	Ecuaciones utilizadas para cálculo de volumen y biomasa	294
20.6	Resultados del Inventario Nacional Forestal 2007-2008	296
20.7	Distribución del personal del Inventario Nacional Forestal 2007-2008 según los cargos	298
21.1	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales de Panamá	307
21.2	Resumen de definiciones del Inventario Nacional Forestal y de Carbono	308
21.3	Unidades de muestreo del primer ciclo del Inventario Nacional Forestal y de Carbono	309
21.4	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	318
21.5	Resumen de resultados del primer Inventario Forestal Nacional 2013-2015 (fase piloto)	319
21.6	Promedios de carbono para la parte aérea de árboles vivos (clase de uso de tierra nivel 3)	321
22.1	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales del Perú	328
22.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre	330
22.3	Características del diseño de muestreo	334
22.4	Estratos poblacionales por ecozona	337

22.5	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen, biomasa y superficies de bosque	338
22.6	Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1: volumen maderable	339
22.7	Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1: biomasa y necromasa, por reservorio	339
22.8	Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1: superficie de bosques	339
23.1	Descripción histórica del Inventario Forestal Nacional de Puerto Rico	351
23.2	Descripción histórica del Inventario Forestal Nacional de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	351
23.3	Resumen de las definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	353
23.4	Tipos de bosques reconocidos en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	355
23.5	Características del diseño de muestreo de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos a partir de 2019	358
23.6	Ecuaciones empleadas para predecir el volumen total del tronco en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	361
23.7	Ecuaciones empleadas para predecir la biomasa por encima y por debajo del suelo en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de Estados Unidos	361
23.8	Resultados del Inventario Forestal Nacional de Puerto Rico (2019)	363
23.9	Resultados del Inventario Forestal Nacional de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos (2014)	363
24.1	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales en la República Dominicana	370
24.2	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal	370
24.3	Superficie con cobertura forestal en la República Dominicana al 2020	371
24.4	Características del diseño de muestreo de los inventarios forestales nacionales en la República Dominicana	372
24.5	Unidades de muestreo por región operativa de la Fase I del Inventario Nacional Forestal	373
24.6	Unidades de muestreo planificadas para las Fases I y II del Inventario Nacional Forestal	374
24.7	Unidades de muestreo realizadas en la Fase II del Inventario Nacional Forestal por región operativa	375
24.8	Tamaño de muestra final del Inventario Nacional Forestal	375
24.9	Componente vegetacional a evaluar asociado al tipo de parcela a realizar en el Inventario Nacional Forestal	377
24.10	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen, biomasa y carbono	379
24.11	Resultados dasométricos para todos los tipos de bosques	380
24.12	Existencias de dióxido de carbono en los estratos del Inventario Nacional Forestal	381
24.13	Existencias totales de dióxido de carbono por estrato arbóreo y componente	381
25.1	Descripción histórica de los inventarios implementados hacia un Inventario Forestal Nacional	388
25.2	Resumen de las definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional	389
25.3	Características del diseño de muestreo	389
25.4	Ecuaciones empleadas para calcular volumen y biomasa/carbono	392
25.5	Mejores resultados disponibles de las evaluaciones recientes	392
26.1	Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional de bosque nativo	398
26.2	Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales	401
26.3	Características del diseño de muestreo para el Inventario Forestal Nacional	402
26.4	Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa	404
26.5	Resultados del Inventario Forestal Nacional de bosque nativo para todas las etapas	405

FIGURAS

1.1	Historia de los procesos de armonización de la Evaluación de recursos forestales mundiales	6
1.2	Mapa de los países participantes de la red de inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe	8
2.1	Tipos de diseños de muestreo de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe	15
2.2	Tipo de unidades de muestreo de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe según su temporalidad	16
2.3	Actividades donde se utiliza la teledetección en los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe	17
2.4	Países que cuentan con un equipo técnico para necesidades de inventarios forestales nacionales	17
2.5	Disponibilidad de mapas de vegetación	18
2.6	Configuraciones de la unidad de muestreo utilizadas en los inventarios forestales nacionales en América Latina y el Caribe	19
2.7	Uso de subdivisiones en las parcelas de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe	19
3.1	Perspectivas de mejora a futuro de los inventarios forestales nacionales según cantidad de países y áreas de interés (n = 21)	28
3.2	Perspectivas a futuro para metodologías de recolección de datos según su proyección a corto y mediano-largo plazo (n = 21)	29
3.3	Requerimientos internacionales donde se emplea o se podría emplear la información de inventarios forestales nacionales	33
6.1	Regiones forestales de la Argentina (parte continental americana)	63
6.2	Malla utilizada en el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos	63
6.3	Diseño de parcela utilizada para recabar los datos del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos	68
6.4	Distribución de los bosques nativos en la región forestal Bosque Andino Patagónico	71
7.1	Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional	83
7.2	Configuración de la unidad de muestreo del Inventario Forestal Nacional	84
8.1	Diseño de muestreo del componente de la dinámica forestal del Inventario Forestal Nacional	91
8.2	Diseño del muestreo del componente de teledetección del Inventario Forestal Nacional	91
8.3	Diseño de muestreo del sistema satelital de monitoreo terrestre	93
8.4	Diseño de muestreo original de red nacional de parcelas permanentes en la década de 1990	94
8.5	Trazado de unidad de muestreo virtual para clasificación del uso y cobertura de la tierra	95
8.6	Trazado de una unidad de muestreo permanente	95
8.7	Trazado de una parcela de muestreo permanente para bosques secundarios	95
8.8	Trazado de parcelas por triplicado para los manglares	96
8.9	Trazado de una parcela de inventario de bosque latifoliado	96
8.10	Trazado de la unidad de muestreo general de pinos	96
9.1	Mapa de la distribución de las unidades de muestreo (conglomerados) en los seis biomas brasileños	105
9.2	Configuración de la unidad de muestreo (conglomerado), ilustrando la longitud adicional de las subunidades en líneas punteadas	111
10.1	Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional	124
10.2	Distribución de las unidades de muestreo en conglomerados del Inventario Forestal Nacional a lo largo del país	124
10.3	Diseño de la unidad de muestreo utilizada para recabar los datos del Inventario Forestal Nacional	126
11.1	Malla de equidistancias de 24 kilómetros por 24 kilómetros para el territorio continental e insular colombiano	139
11.2	Puntos aleatorios para cada nivel de malla	139
11.3	Configuración de las unidades de muestreo o conglomerados para el Inventario Forestal Nacional	140
11.4	Configuración de la subparcela	141
11.5	Secuencia de operaciones de campo del Inventario Forestal Nacional	145
12.1	Malla hexagonal de puntos del Inventario Forestal Nacional de Costa Rica	153

12.2	Transición del diseño del primer Inventario Forestal Nacional (2012-2015) al nuevo diseño	156
12.3	Diseño de parcela utilizada para la recolección de datos del inventario forestal nacional de Costa Rica	157
12.4	Mapa de distribución de tipos de bosque de Costa Rica	161
12.5	Ubicación de parcelas del segundo Inventario Forestal Nacional y su distribución por Área de Conservación	162
13.1	Mapa de estratos boscosos de la primera Evaluación Nacional Forestal y unidades de muestreo del arranque aleatorio	173
13.2	Mapa de estratos y distribución de muestras para la segunda Evaluación Nacional Forestal	175
13.3	Diseño y distribución de parcelas anidadas en segundo ciclo de Evaluación Nacional Forestal	176
14.1	Mapa de fractales y distribución de las unidades de muestreo	190
14.2	Diseño de unidad de muestreo anidada 1 para el Inventario Nacional de Bosques de El Salvador	191
14.3	Diseño de la unidad de muestreo para bosque salado	192
14.4	Esquema del sistema integral de gestión de datos	194
14.5	Mapa nacional de distribución de tipos de bosque de El Salvador	198
15.1	Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional 2002-2003 de Guatemala	207
15.2	Distribución y localización espacial de las unidades de muestreo del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala	208
15.3	Diseño de la unidad de muestreo del primer Inventario Forestal Nacional (2002-2003)	209
15.4	Diseño de la unidad de muestreo utilizada para recabar los datos del Inventario Forestal Nacional	210
15.5	Diseño de parcela utilizada para recabar los datos del Inventario Forestal Nacional	210
16.1	Mapa de la cobertura vegetal de Martinica	222
16.2	Inventarios parciales y mapas en la Guayana Francesa	223
16.3	Configuración de la unidad de muestreo del inventario "papetier"	224
17.1	Mapa de unidades de muestreo de los ciclos 1 y 2 del Inventario Nacional Forestal	232
17.2	Mapa de la malla de unidades de muestreo del tercer ciclo de medición del Inventario Nacional Forestal	234
17.3	Mapa de distribución aleatoria y balanceada de las unidades de muestreo	237
17.4	Mapa de paneles de medición del Inventario Nacional Forestal de Honduras	238
17.5	Mapa de distribución de unidades de muestreo por tipo de cobertura	239
17.6	Diseño de las unidades de muestreo y parcelas del Inventario Nacional Forestal	240
17.7	Detalles de las mediciones realizadas a nivel de parcelas	240
17.8	Mapa nacional de distribución de tipos de bosque	245
18.1	Malla de muestreo del Inventario Forestal Nacional de Jamaica	255
18.2	Estratificación y distribución de las unidades de muestreo en las Unidades de Gestión Forestal de Jamaica	256
18.3	Zona de amortiguamiento del Terreno Forestal que no contenía ninguna unidad de muestreo	257
18.4	Distribución de la unidad de muestreo	259
18.5	Configuración de la parcela	259
18.6	Configuración del transecto planar en cada parcela	260
19.1	Malla de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos	267
19.2	Mapa de formaciones forestales a partir de la carta de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía	271
19.3	Vista de la distribución de conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos por estrato de muestreo	274
19.4	Distribución anual de los conglomerados	275
19.5	Diseño de la unidad de muestreo primaria o conglomerado del Inventario Nacional Forestal y de Suelos	276

19.6	Distribución de la biomasa por encima del suelo promedio del arbolado por hectárea	280
19.7	Distribución volumen maderable promedio del arbolado por hectárea	281
20.1	Diseño de muestreo del Inventario Nacional Forestal 2007-2008	290
20.2	Diseño de unidades de muestreo y parcelas utilizadas para obtener los datos del Inventario Nacional Forestal	294
20.3	Ubicación y accesibilidad de las unidades de muestreo por región operativa	297
21.1	Esquema del Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques y elementos metodológicos para estimar emisiones/ absorciones de dióxido de carbono	306
21.2	Mapa de distribución de tipos de bosque de Panamá	310
21.3	Puntos de muestreo en la fase piloto del Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá	311
21.4	Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012	312
21.5	(a) Red de unidades de muestreo filtradas y (b) 22 bloques para la selección de muestras para el estrato bosque	313
21.6	Diseño de la unidad de muestreo y subparcelas	314
21.7	Detalle de la propuesta de diseño de la unidad de muestreo, parcelas y subparcelas agrupadas para remedir el Inventario Nacional Forestal y de Carbono	315
21.8	Promedios de carbono para el nivel 3 de clase de uso de la tierra, por región climática	320
22.1	Distribución de las unidades de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú en función de las subpoblaciones o ecozonas	329
22.2	Subpoblaciones o ecozonas del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú	332
22.3	Agrupación y panelización de unidades de muestreo y conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú	333
22.4	Configuración de la unidad de muestreo para las ecozonas Costa, Sierra, Selva Alta Accesible, Selva Alta de Difícil Acceso e Hidromórfica	335
22.5	Configuración de unidad de muestreo para ecozona Selva Baja	336
22.6	Número de especies de fauna silvestre, por taxón, registradas en el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1	342
23.1	Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional de Puerto Rico	351
23.2	Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	352
23.3	Configuración de las unidades de muestreo del Inventario Forestal Nacional utilizada en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos	359
24.1	Mapa de cobertura forestal en República Dominicana 2019 con imágenes Planet	371
24.2	Distribución de las unidades de muestreo primarias en la Fase I del Inventario Nacional Forestal	373
24.3	Ubicación de unidades de muestreo de la Fase II del Inventario Nacional Forestal	374
24.4	Diseño de parcela utilizada para recabar los datos del Inventario Nacional Forestal	378
25.1	Diseño de muestreo del inventario nacional de manglares	388
25.2	Diseño de las unidades de muestreo para el Inventario Forestal Nacional piloto	390
25.3	Unidad de muestreo diseñada para el Inventario Forestal Nacional piloto y el inventario de manglares	390
25.4	Parcela principal de muestreo para el Inventario Forestal Nacional piloto y el inventario de manglares	391
26.1	Diseño de muestreo sistemático con base en la cartografía forestal	400
26.2	Tipo de parcela del Inventario Forestal Nacional de bosque nativo	402
26.3	Tipo de parcela del Inventario Forestal Nacional de bosque plantado	403

RECUADROS

26.1	Bosque nativo del Uruguay	399
-------------	---------------------------	-----

PRÓLOGO

Es necesario contar con datos forestales de alta calidad, accesibles y transparentes para gestionar los bosques de manera sostenible y hacer un seguimiento del progreso hacia los objetivos y metas internacionales comúnmente acordados, tales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC), que tienen como objetivo lograr las metas del Acuerdo de París sobre el cambio climático.

Con más de 60 años de experiencia en monitoreo forestal, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) mantiene su compromiso con estos esfuerzos al brindar a los Miembros de la FAO el apoyo técnico que necesitan para desarrollar e implementar los inventarios forestales nacionales (IFN). Los inventarios forestales son recopilaciones sistemáticas de datos en cualquier país o territorio sobre el tamaño, ubicación, composición, diversidad, salud, uso y otras características de los recursos forestales.

Una cuarta parte de los bosques del mundo se encuentran en América Latina y el Caribe (ALC), incluido el bosque tropical más grande del mundo que se encuentra en la cuenca del Amazonas. Los bosques de esta región brindan importantes servicios ambientales a nivel nacional y mundial, y proporcionan madera, alimentos, refugio y medios de vida a millones de personas. Las grandes áreas y la amplia diversidad de los ecosistemas forestales que posee ALC son testimonio del importante papel ambiental que desempeña la región en la conservación de la biodiversidad y mitigación del cambio climático.

Inventarios Forestales Nacionales de América Latina y el Caribe: Hacia la armonización de la información forestal es el resultado de una fructífera colaboración entre la FAO, la Universidad Federal de Amazonas de Brasil, el Instituto Forestal de Chile y el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria del Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España.

Esta publicación ha sido posible gracias a los aportes de los especialistas de 21 países de la región que trabajaron en conjunto para describir sus IFN y compartir información sobre su historia, las metodologías sobre la recolección de datos, las definiciones y el análisis de las principales variables, las perspectivas a futuro, las oportunidades y los desafíos.

Esta publicación nació como una iniciativa para establecer una red de expertos forestales en la región, con el objetivo de compartir experiencias y aprender a través del proceso de armonización de variables clave relacionadas con los bosques en ALC. Esfuerzos como estos mejorarán la comparabilidad y transparencia de los informes nacionales e internacionales sobre indicadores clave que describen los recursos forestales de la región, así como sobre su manejo y utilización.

Los animo a explorar y utilizar plenamente la información presentada en esta publicación.

Buena lectura.



Mette L. Wilkie

Directora,
División Forestal,
Organización de las Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura (FAO)

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS DE LOS EDITORES

El primer libro sobre los Inventarios Forestales Nacionales de América Latina y el Caribe ha sido posible gracias al esfuerzo de varias instituciones y personas, por lo que los editores agradecen de manera muy especial a todos los involucrados en el proceso del desarrollo de esta publicación y en la promoción de la red de responsables, expertos y colaboradores de los Inventarios Forestales Nacionales de América Latina y el Caribe.

Los editores reconocen el importante esfuerzo de los 85 autores y coautores de los 21 capítulos de los países participantes de esta publicación, así como el de los expertos de los países que voluntariamente participaron en el desarrollo de los capítulos de análisis de los Inventarios Forestales Nacionales: Alexs Arana, Thomas Brandeis, Mariana Boscana, Aníbal Cuchieta, Rubí Cuenca, Humfredo Marcano, Rafael Mayorga, Carlo Paredes y Sergio Villela; también a los expertos de la FAO: Rocío Cóndor, Javier García, Julian Fox, Anssi Pekarinnen y Rebecca Tavani que escribieron el capítulo de transparencia de los datos forestales.

Esta iniciativa fue posible gracias al trabajo conjunto del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Instituto Forestal de Chile (INFOR), el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria de España (INIA, CSIC), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa ONU-REDD, el Servicio Forestal Brasileño (SFB), el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América y la Universidad Federal de Amazonas de Brasil (UFAM). Por aportar su experiencia en armonización también agradecemos a la Red Europea de Inventarios Forestales Nacionales (ENFIN) y el Grupo de trabajo en inventarios y monitoreo de la Comisión Forestal de América del Norte (COFAN).

Además, las siguientes personas que de una u otra manera hicieron posible esta publicación:

Por parte de CATIE: Mario Chacón y Marianela Argüello.

Por parte de la FAO: Astrid Agostini, Jorge Armijos, Serena Fortuna, Julian Fox, David Morales, María del Carmen Ruiz, Lucio Santos, Rebecca Tavanni, Anssi Pekarinnen y Mette Loycke Wilkie. Un agradecimiento especial a Rocío Cóndor por la gestión administrativa de los recursos del proyecto CBIT-Forest (Fomento de la capacidad global para aumentar la transparencia en el sector forestal) y apoyo incondicional a lo largo del proceso. También agradecemos a Maryia Kukharava por sus valiosas recomendaciones en gestión de conocimiento; Zoe Klobus por su apoyo en comunicación y revisión de la traducción al inglés; a Giordana Conti y Joy Taylor por el apoyo administrativo.

Por parte de INFOR: Marjorie Martin, Yasna Rojas y Rodrigo Sagardia por sus aportes y sugerencias y participación en las diversas actividades y talleres por el avance hacia la armonización.

Por parte de INIA (CSIC) a Isabel Cañellas, principal organizadora de una de las reuniones para la armonización que junto a Roberto Vallejo (del actual Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de España) siempre han apoyado esta iniciativa, junto con Elena Robla y Guillermo Fernández Centeno.

Por parte del Servicio Forestal Brasileño: Raimundo Deusdará Filho, Humberto Navarro de Mesquita Jr. y Gustavo Pinho.

Por parte del Servicio Forestal de los Estados Unidos: Sonja Oswald y Greg Reams.

Por parte de UFAM: Nabor Pio, Ulisses Cunha y Alberto Carlos Pinto.

Otros colaboradores relevantes en diferentes aspectos fueron Abner Jiménez, Ricardo Braun, Lidia Medina y Daniel Flores.

La edición de estilo y corrección de pruebas fue desarrollada por Julie Macé, a quien quedamos muy agradecidos por su dedicación y calidad en el trabajo; la traducción del inglés y portugués por Macarena Brayson; y la diagramación por Lorenzo Catena.

Esta publicación ha recibido financiamiento del proyecto CBIT-Forest y de la FAO, financiado por el fondo fiduciario de la Iniciativa de Fomento de la Capacidad para la Transparencia (IFCT) del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

Para el desarrollo de las diversas reuniones y el trabajo editorial, también se ha recibido financiación del INFOR, el SFB, la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID), y el INIA (CSIC) en el marco de la Encomienda de Gestión EG12-0073 "Soporte científico a la generación de información forestal" del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.



AGRADECIMIENTOS DE LOS AUTORES DE LOS CAPÍTULOS NACIONALES

Argentina

El Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos es producto del trabajo elaborado por el equipo técnico de la Dirección Nacional de Bosques articulando entre sus diferentes áreas y colaboradores. Esta publicación es posible gracias a la contribución de cada uno de sus integrantes.

Bahamas

Los siguientes miembros del personal de la Unidad Forestal aportaron datos y participaron en la revisión de este capítulo: Christopher Russel, Danielle Hanek-Culmer, Ingeria Miller, Terrance Rodgers, Wavell Hanna, Kirk Cunningham, Amano Williams, Andrew Curry, Cliff Bethel, Justin Wright y Latonya Williams. También han hecho contribuciones adicionales los consultores de la Unidad Forestal, y la International Conservation Corporation, concretamente, Charles T. Scott y Charles K. Brewer.

Belice

Los autores desean agradecer la generosa ayuda de Eduardo Reyes y Milena Nino, de la Coalición de Naciones con Bosques Tropicales.

Brasil

El IFN de Brasil es un programa en proceso en el que han contribuido y participado un gran número de personas. Por apoyar la producción de este capítulo agradecemos a Juliana Gomes, Gilson Souza, Tiago Cruz, Claudia Rosa, Robson Bueno, Maurício Sacramento, Humberto Shloegl, Ricardo Cifuentes, Ana Laura Cerqueira Trindade, Rafael Carvalho, André Rodrigues, Luciano Lima, Hugo Buchmann, David Lira, Izabel Souza, Denílson Passos, Thiago Spagnolo, Alcâmenes dos Santos, Camila Oliveira, Sheila Barbosa, Camila Gessner. Agradecemos también y especialmente a los colaboradores que integran la comisión técnica del IFN-BR, Maria Augusta Rosot Doetzer y Marilice Garrastazu (Embrapa florestas), Carlos Roberto Sanquetta (Universidad Federal de Paraná, UFPR), Yosio Schimakuru (Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales, INPE), Luciana Temponi (Instituto Brasileño de Geografía y Estadística, IBGE), Daniel Piotto (Universidad Federal del Sur de Bahía, UFSB), Rafaela Campostrini Forzza y Marli Pires Morim (Jardín Botánico de Rio de Janeiro, JBRJ), Paulo Contente de Barros y Waldenei Travassos de Queiroz (Universidad Federal Rural de Amazonia, UFRA), Guilherme Gomide (Servicio Forestal Brasileño, 2006-2016), Alexander Vibrans (Fundación Universidad Regional de Blumenau, FURB), José Collares (IBGE), Jose Arimatea Silva (Universidad Federal Rural de Rio de Janeiro, UFRRJ) y la colaboración del profesor Sylvio Péllico Netto (UFPR).

Chile

Se agradece al Ministerio de Agricultura de Chile por apoyar en el diseño, desarrollo tecnológico, implementación y ejecución del Inventario Forestal Nacional de Chile a través del Instituto Forestal, orientando respecto del tipo de datos e información que el país requiere para cumplir con sus objetivos y necesidades internas y sus compromisos internacionales.

Colombia

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) agradece el apoyo y colaboración en el desarrollo de este documento a los investigadores que hacen parte de los componentes estadístico, geoestadístico y de calidad y crítica de la información del Inventario Forestal Nacional, así como a los profesionales de campo del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto Amazónico de Investigaciones

Científicas (SINCHI), Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP) y Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín.

Un especial reconocimiento por el soporte financiero del Pilar 5 – Condiciones habilitantes del Programa Global REDD for Early Movers (REM) – pagos por resultados de reducción de emisiones por deforestación (REDD+), de los gobiernos de Alemania, Noruega y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, en el marco del programa Visión Amazonía; a la Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional (GIZ); a SilvaCarbon (programa de cooperación técnica interinstitucional del gobierno de los Estados Unidos de América); a Global Forest Observations Initiative (Iniciativa Global de Observaciones Forestales); a Science for a Changing World (Ciencia para un mundo cambiante) y al Banco Interamericano de Desarrollo.

Costa Rica

El equipo técnico que compiló el capítulo Costa Rica externa su agradecimiento a los funcionarios del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de la República de Costa Rica por sus valiosos aportes técnicos, metodológicos, administrativos y legales, los cuales vinieron a enriquecer el contenido temático de este capítulo país.

Los autores hacen extensivo el agradecimiento a miembros de la academia, otras instancias técnicas del MINAE (FONAFIFO, CENIGA), organizaciones no gubernamentales (nacionales e internacionales) y demás personas que, a título voluntario, colaboraron estrechamente con este equipo técnico, para la materialización de este esfuerzo.

Finalmente, agradecer al equipo editorial del libro por la oportunidad generada para que Costa Rica, al igual que otros países, pueda compartir su experiencia exitosa sobre la realización del Inventario Forestal Nacional.

El Salvador

En orden alfabético, se extiende un agradecimiento a las siguientes instituciones por su apoyo técnico, logístico y/o financiero en el proceso de elaboración y publicación del INB: Banco Mundial, Consejo Salvadoreño del Café (CSC), Fuerza Armada de El Salvador (FAES), Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF), Sociedad Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Museo de Historia Natural de El Salvador (MUHNES), Policía Nacional Civil (PNC), Unidades Ambientales Municipales (UAM), Unidades Ambientales Municipales (UES), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, y Vielca Ingenieros, S.A.

Guatemala

En los dos Inventarios Forestales Nacionales, el involucramiento de la academia, profesionales del sector forestal y liderazgo de las instituciones fueron aspectos de suma importancia, por lo que se agradece la participación activa a todos los actores del sector forestal y sectores vinculados.

Asimismo, se debe reconocer que el apoyo de la cooperación internacional ha sido vital, especialmente el apoyo de la FAO, quien, a través de su equipo de trabajo, ha brindado la asesoría técnica y apoyo financiero para la construcción de las herramientas necesarias para la planificación, ejecución y análisis de resultados.



© Envato / twenty20photos

Jamaica

Los siguientes miembros del personal del Departamento Forestal aportaron datos, conocimientos y la revisión de este capítulo: Randy Aird, Alicia Edwards, Upton Edwards, Jason Gordon, Joel Harrison y Ashlee Wilson.

México

Agradecemos a las siguientes entidades por su colaboración interinstitucional en el desarrollo metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS):

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), que genera la carta de uso del suelo y vegetación y cuyo sistema de clasificación de la vegetación son base para el INFyS;

Por su participación en la elaboración del Documento Estratégico Rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos:

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP);
- Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos y Dirección General de Estadística Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT);
- Dirección General de Geografía y Dirección General Temática del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI);
- Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de los Ecosistemas del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

A las instituciones internacionales que brindaron apoyo en la revisión metodológica del INFyS:

- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América;
- Servicio Forestal del Canadá (NRCan);
- Instituto de Investigaciones Forestales de Finlandia (METLA).

Por las colaboraciones técnicas e intercambios de experiencias:

- Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM): convenio de colaboración para la determinación taxonómica de los ejemplares de herbario;
- Colegio de Postgraduados (COLPOS): metodologías para indicador de daños al arbolado y condición de copa;
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO): metodologías para el registro de variables de monitoreo de biodiversidad en el INFyS;
- Departamento de Ciencias de las Plantas y los Suelos, Universidad de Delaware y Programas Internacionales, Servicio Forestal de los Estados Unidos de América: mapeo digital de los principales indicadores forestales generados para el ciclo de muestreo 2004-2019 del INFyS.

Nicaragua

En principio los autores quieren agradecer a Indiana Raquel Fuentes (Codirectora Forestal, INAFOR) por su apoyo institucional, a la Representación de la FAO en Nicaragua por su asistencia técnica brindada en el desarrollo metodológico y ejecución, en especial a su representante Iván León Ayala por su apoyo incondicional y permanente. A propietarios de fincas por permitir el acceso a su propiedad para realizar levantamientos de datos y aporte de información.

A quienes han desarrollado la edición de este capítulo bajo la supervisión de Luis Valerio (Director de Monitoreo e Información Forestal), Claudio González Espino (Responsable de Monitoreo, Reporte y Verificación), con la contribución de un equipo de trabajo conformado por Myriam Rojas (Responsable de Ordenamiento Territorial Forestal), Anahí Rodríguez, Flor Martínez, Jaime Rivera, Adolfo Peña (Especialistas forestales).

Perú

Nuestro agradecimiento está dirigido al Gobierno de Finlandia, donante de los fondos que hicieron posible la asistencia técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) al Gobierno del Perú para el diseño metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Asimismo, al Servicio Forestal de los Estados Unidos de América por la asistencia técnica recibida.

De la misma forma, agradecemos a las autoridades nacionales, regionales y locales, quienes contribuyeron con interés a llevar adelante el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Asimismo, a los actores locales, comunidades campesinas, comunidades nativas y sus instancias organizativas por el apoyo y facilidades brindadas a los equipos de campo.

Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos

Los autores agradecen las valiosas contribuciones al trabajo del inventario forestal en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos del Dr. Ariel Lugo, la Dra. Eileen Helmer, Iván Vicéns, Carlos Rodríguez, Olga Ramos, Maya Quiñones y Wilmarie Díaz del Servicio Forestal de los Estados Unidos, Instituto Internacional de Silvicultura Tropical; Luis Ortiz López,



© Roni Martínez

Ixia Avilés Vázquez, Angie Rowe, Vince Few, Greg Smith, Terry Riley, Jonathan Buford, Johanna D'Arcy, Christopher Furr, Jeremy Grayson, Jim Schiller y Lewis Zimmerman de la Estación de Investigación Sur del Servicio Forestal de los Estados Unidos, Programa de Inventario y Análisis Forestal; y Esther Rojas, Orlando Díaz, Omar Monsegur Rivera y Humberto Rodríguez de la Fundación para la Conservación de Puerto Rico. Los autores también agradecen la asistencia técnica prestada y los materiales de referencia elaborados por Jefferey Turner, KaDonna Randolph, Andrew Hartsell y Sara Goeking del Servicio Forestal de los Estados Unidos y, en particular, a Andrew Lister por su valioso aporte.

República Dominicana

El autor expresa su agradecimiento al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) por las facilidades para la ejecución del estudio, así como a los siguientes organismos internacionales por su apoyo técnico y financiero:

- El Fondo Cooperativo del Carbono de los Bosques (FCPF) que se hospeda en el Banco Mundial;
- Agencia Alemana de Cooperación Internacional a través del Programa Regional de Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (Programa Regional REDD/CCAD-GIZ);
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Suriname

En primer lugar, queríamos hacer un reconocimiento especial a las organizaciones donantes y asociadas que han contribuido a este programa. Nos gustaría señalar, especialmente, que sin los equipos de campo que recopilaron datos inestimables en condiciones a veces muy adversas, este análisis no hubiese sido posible. Además, queremos agradecer su colaboración al Centro de Investigación Agrícola de Suriname (CELOS), un socio fundamental en el desarrollo y la implementación de un IFN sobre el terreno, y al Herbario Nacional de Suriname por sus contribuciones, así como a la División de Naturaleza del Ministerio de Política Territorial y Gestión Forestal, y la Colección Zoológica Nacional de Suriname.

Uruguay

Los técnicos de la Dirección General Forestal agradecen a las empresas, productores y técnicos que han contribuido con invaluable información para cumplir con esta tarea, celebrando la cooperación con el sector privado y público del país. Asimismo, agradecen a las instituciones que han colaborado desde lo financiero y técnico para lograr los objetivos planteados en el IFN.

© Reni Martínez



ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACDI	Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional
AFE-COHDEFOR	Asociación Forestal del Estado, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal
ALC	América Latina y el Caribe
ANRICA	Agencia Austriaca de Gestión de Recursos Naturales y Cooperación Internacional
ANTEL	Administración Nacional de Telecomunicaciones (El Salvador)
APG	Grupo para la Filogenia de las Angiospermas
BAP	Bosque Andino Patagónico (Argentina)
BDS	biomasa por debajo del suelo
BES	biomasa por encima del suelo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIRF	Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento
BSA	Bosque Seco Andino (Ecuador)
BSP	Bosque Seco Pluvioestacional (Ecuador)
BSTBCH	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó (Ecuador)
BSVAM	Bosque Siempre Verde Andino Montano (Ecuador)
BSVAPM	Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (Ecuador)
BSVCA	Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (Ecuador)
BSVTBM	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia (Ecuador)
C&I MFS	criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible
CAR	Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible (Colombia)
CATHALAC	Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CC	control de calidad
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CEEI	Comité de Especies Exóticas Invasoras (Uruguay)
CEPE	Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques
CEPE	Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa
CIB	Cuenta Integrada de Bosque
CIEFAP	Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico
CIRAD	Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CN	comunicaciones nacionales
CNULD	Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación
CO₂	dióxido de carbono
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (México)
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México)
CONAF	Corporación Nacional Forestal (Chile)
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal (México)
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal (Nicaragua)
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (México)
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Guatemala)
CoP	Conferencia de las Partes

COS	carbono orgánico del suelo
COT	carta de ocupación de tierras
CRESER	Centro Regional de Estudios y Servicios S.R.L.
CRM	método de relación de componentes
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas (España)
CTFT	Centro Técnico Forestal Tropical
CT-IFN	Comisión Técnica del Inventario Forestal Nacional (Brasil)
CUA	clase de uso actual
CUSBSE	Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (Costa Rica)
CUT	clase de uso de la tierra
CWD	desechos leñosos gruesos
DAB	diámetro a la altura de la base
DAP	diámetro a la altura del pecho
DCR	diámetro al cuello de la raíz
DF	Departamento Forestal (Jamaica)
DGF	Dirección General Forestal (Uruguay)
DGFC	Dirección General Forestal y de Caza (Perú)
DGFCR	Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego (El Salvador)
DIP	Deltas e islas del Paraná (Argentina)
DMF	Departamento de Manejo Forestal (Perú)
DNB	Dirección Nacional de Bosques (Argentina)
DOB	diámetro con corteza
DVMFN	Directrices Voluntarias sobre Monitoreo Forestal Nacional
EFR	bosques y cordilleras experimentales
Embrapa	Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria
EML	lenguaje de metadatos ecológicos
ENBN	Estrategia Nacional de Bosque Nativo (Uruguay)
ENF	evaluación nacional forestal
ENFB	Evaluación Nacional Forestal y de Biodiversidad (Honduras)
EPA	Agencia de Protección Ambiental (Estados Unidos de América)
ERPA	Programa de Reducción de Emisiones en la Costa Caribe y Río San Juan
ERT	estudio de recursos de la tierra
ESP	Espinal (Argentina)
FAIR	encontrable, accesible, interoperable, reutilizable
FAM	microdatos para la alimentación y la agricultura
FANTEL	Fondo Especial de los Recursos Provenientes de la Privatización de ANTEL (El Salvador)
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAUSAC	Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala
FCPF	Fondo Cooperativo del Carbono de los Bosques
FIA	Inventario y Análisis Forestal (Estados Unidos de América)
FIP	Programa de Inversión Forestal
FLEGT	aplicación de las leyes, gobernanza y comercio forestales
FMAM	Fondo Mundial para el Medio Ambiente

FMCN	Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C.
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Costa Rica)
FORCUENCAS	Fortalecimiento de la Gestión Local de los Recursos Naturales en las Cuencas de los Ríos Patuca, Choluteca y Negro (Honduras)
FORMNET-B	Red de Monitoreo Forestal de Belice
FPMP	Proyecto de Planificación y Gestión Forestal (Belice)
FRA	Evaluación de los recursos forestales mundiales
FURB	Fundação Universidade Regional de Blumenau (Brasil)
FWD	desechos leñosos finos
FYDEP	Proyecto de Fomento y Desarrollo Económico de Petén (Guatemala)
GC	garantía de calidad
GCC	GNU Compiler Collection
GIMBUT	Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (Guatemala)
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional
GMRN	Gerencia de Manejo de Recursos Naturales (Costa Rica)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
GRUN	Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (Nicaragua)
IAvH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Colombia)
IBA	informes bienales de actualización
IBAMA	Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
IBDF	Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal
IBF	inventario biofísico
IBGE	Instituto Brasileño de Geografía y Estadística
ICF	Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (Honduras)
IDD	iniciativa de documentación de datos
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Colombia)
IDW	distancia inversa ponderada
IEFyS	Inventario Estatal Forestal y de Suelos (México)
IFN	inventario forestal nacional
IGN	Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal (Francia)
IIAP	Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico “John von Neumann” (Colombia)
IIN	Información de Interés Nacional
INAB	Instituto Nacional de Bosques (Guatemala)
INAFOR	Instituto Nacional Forestal (Nicaragua)
INB	Inventario Nacional de Bosques (El Salvador)
INBN2	Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (Argentina)
INE	Instituto Nacional de Ecología (México)
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México)
INF	Inventario Nacional Forestal (Honduras, Nicaragua, República Dominicana)
INFC	Inventario Nacional Forestal y de Carbono (Panamá)
INFFS	Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Perú)
INFONAC	Inventario Forestal Nacional (Honduras)
INFOR	Instituto Forestal (Chile)

INFyS	Inventario Nacional Forestal y de Suelos (México)
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
INIA	Instituto Nacional de Investigación Alimentaria y Agropecuaria (España)
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (México)
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú)
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IRD	Instituto de Investigación para el Desarrollo (Francia)
IUCN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
JFSQ	cuestionario conjunto del sector forestal
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
LDN	mecanismo de neutralidad en la degradación de la tierra
LGDFS	Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (México)
LULC	cambios de uso y cubierta del suelo
M	Manglar (Ecuador)
MAATE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (Ecuador)
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería (El Salvador)
MAPA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (Brasil)
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (Nicaragua)
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (El Salvador, República Dominicana)
MAyDS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Argentina)
MDL	mecanismo de desarrollo limpio
MGAP	Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (Uruguay)
MIDAS	Mobile Integrated Data Acquisition System
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego (Perú)
MINAM	Ministerio del Ambiente (Perú)
Mo	Moretales (Ecuador)
MON	Monte (Argentina)
MOSEF	Modernización del sector forestal de Honduras
MRV	medición, reporte y verificación
NDC	contribuciones determinadas a nivel nacional
NFMA	monitoreo y evaluación nacional forestal
NIMS	sistema nacional de gestión de la información
NREF	nivel de referencia de emisiones forestales
NRI	Instituto de Recursos Naturales (Belize)
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas
OFB	Oficina Francesa de Biodiversidad
OFC	Open Foris Collect
OIMT	Organización Internacional de Maderas Tropicales
OLI	Operational Land Imager
ONF	Oficina Nacional de Bosques (Francia)
ONG	organización no gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
ONU-REDD	Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los bosques en los países en desarrollo

PAG	Parque Amazónico de Guayana
PAN	parcela anidada
PCH	Parque Chaqueño (Argentina)
PCT	Programa de Cooperación Técnica
PDB	plan de distribución de beneficios
PDR	Registrador Portátil de Datos
PINBN	Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (Argentina)
PM	punto de muestreo (Argentina)
PMSB	Programa de Monitoreo y Seguimiento de Bosques (Colombia)
PNOT	Plan Nacional de Ordenamiento Territorial
PPE	parcelas principales de evaluación (Suriname)
PPM	parcelas principales de muestreo (Suriname)
PPM	punto potencial de muestreo (Argentina)
R²	coeficiente de determinación
REDD+	Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques
Reflora	Herbario virtual del Jardín Botánico de Rio de Janeiro
RF	reserva forestal
RFID	identificación por radio frecuencia
RO	Región operativa (República Dominicana)
SACC	Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (México)
SAC-MOD	Sistema de Amplia Cobertura para el Monitoreo de Diversidad (México)
SAG	Secretaría de Agricultura y Ganadería (Honduras)
SAyDS	Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable (Argentina)
SBB	Fundación para el Manejo Forestal y el Control de la Producción (Suriname)
SCAEI	sistema de cuentas ambientales y económicas integradas
SEGEPLAN	Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia de la República (Guatemala)
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (México)
SEN	Sistema Estadístico Nacional (Colombia)
SERFOR	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Perú)
SFB	Servicio Forestal Brasileño
SFMP	Planes de Gestión Forestal Sostenible
SGBDR	sistema de gestión de bases de datos relacionales
SIG	sistema de información geográfica
SIMOCUTE	Sistema de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (Costa Rica)
SINA	Sistema Nacional Ambiental (Colombia)
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Costa Rica)
SINCHI	Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Colombia)
SIS	sistema de información sobre salvaguardas
SNIEG	Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (México)
SNIF	sistema nacional de informaciones forestales
SNIGF	Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal (México)
SNMF	sistema nacional de monitoreo forestal
SNMRV	sistema nacional de monitoreo, rendición de informes y verificación

SPA	Selva Paranaense (Argentina)
SRS	Estación de Investigación del Sur
SySINF	Sistema de almacenamiento del Inventario Nacional Forestal (Nicaragua)
TFN	terreno forestal nacional
UGC	unidad de gestión de cuencas
UGF	unidad de gestión forestal
UM	unidad de muestreo
UMAFOR	unidad de manejo forestal
UMF	unidad de monitoreo forestal
UMP	unidad de muestreo primaria
UMS	unidad de muestreo secundaria
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UR	unidad de registro
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UT	unidad técnica
UTCUTS	uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura
UVG	Universidad del Valle de Guatemala
YUN	Yungas (Argentina)

RESUMEN EJECUTIVO

Los inventarios forestales nacionales (IFN) proveen datos robustos y útiles para el manejo forestal sostenible y la acción climática. Uno de los componentes principales de los sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF) son los IFN, los cuales se basan en múltiples fuentes de datos, incluidos inventarios de campo, teledetección y estudios socioeconómicos, para estimar las características relevantes de los bosques en momentos particulares.

La información que generan los IFN tiene una repercusión positiva sobre la sociedad, puesto que proporcionan datos con fundamento científico para el desarrollo de políticas relacionadas con los bosques, tanto a nivel nacional como internacional, así como para la planificación y la gestión pública y privada de los bosques.

La necesidad de contar con información confiable, transparente y comparable ha cobrado especial relevancia dados los compromisos de los países de medir e informar el progreso en varios marcos internacionales, incluidos los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, el Acuerdo de París sobre cambio climático, los compromisos en apoyo del Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas, y las metas del Marco Mundial de la Diversidad Biológica posterior a 2020. También se necesita información precisa y oportuna sobre los recursos forestales y sus cambios para verificar el progreso de los países en el marco del mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los bosques (REDD+).

Comprometidos con el logro de estas metas, brindar mejor información forestal y orientar mejores decisiones, 21 países de América Latina y el Caribe unieron esfuerzos para desarrollar este libro, con el objetivo de compilar, comparar y armonizar las metodologías de los IFN. La iniciativa se consolidó luego de cuatro reuniones de expertos para compartir experiencias sobre los IFN entre 2012 y 2018.

La introducción de este libro describe los antecedentes de la iniciativa; la relevancia e historia de los IFN en la región de ALC; experiencias previas sobre armonización de la información forestal en otras regiones; la construcción de la red de expertos y colaboradores de los IFN de ALC; y los beneficios de la armonización de los IFN.

Se desarrollaron cuatro análisis regionales para comprender las similitudes y diferencias de los diseños de los IFN, las perspectivas futuras, los desafíos y oportunidades, y para justificar datos transparentes y abiertos de los IFN.

Los diseños de los IFN de ALC fueron configurados por diferentes objetivos en acuerdo con las necesidades y circunstancias particulares de cada uno de los países. Debido a la naturaleza única de cada IFN, no se pueden establecer estándares estrictos para la recopilación de datos. Sin embargo, los esfuerzos futuros de armonización fortalecerán a los IFN en ALC; por ejemplo, armonizando las variables objetivo priorizadas por los países participantes.

Los IFN de la mayoría de los países de ALC son procesos continuos con inventarios de campo permanentes bien establecidos. La mayoría de ellos fueron diseñados y construidos con una visión a largo plazo para mejorar el conocimiento sobre los bosques y facilitar la planificación, la toma de decisiones y la evaluación de políticas periódicamente.

De las casi 70 000 unidades de muestreo establecidas en la región, el 95% son permanentes. Estas representan una fuente de datos continua para las estimaciones nacionales sobre volumen y biomasa forestal; crecimiento y mortalidad de árboles; emisiones y remociones de gases de efecto invernadero por actividades relacionadas con los bosques; composición de bosques primarios y secundarios; biodiversidad; perturbaciones naturales y antropogénicas en los bosques; el uso, manejo y estado de los productos maderables y no maderables por parte de las comunidades locales, entre otras variables.





Las perspectivas a futuro, los desafíos y oportunidades de los IFN de la región fueron analizadas a partir de encuestas realizadas a los responsables institucionales. A pesar de los progresos en los arreglos institucionales que facilitan la permanencia de los IFN, el desafío más evidente es la estabilidad financiera a largo plazo, un tema que requiere más discusión porque es necesario definir mecanismos y fuentes de financiamiento que aseguren la sostenibilidad.

Esta publicación también explora las ventajas de abrir los datos de los IFN para un uso generalizado, por ejemplo, entender cómo la combinación de comparabilidad y transparencia con datos abiertos puede catalizar soluciones colaborativas, ya que estos son datos sólidos y confiables para informes nacionales e internacionales. Estas acciones también fomentarán la inversión pública y privada en proyectos que lleven a cabo el desarrollo sostenible del sector forestal en los países de ALC.

Este libro es un hito que marca el inicio del proceso de armonización de los IFN en ALC. Pretende apoyar en analizar definiciones de referencia operativas para las variables IFN más importantes basadas en las definiciones de la Evaluación de recursos forestales mundiales de la FAO. Por lo tanto, servirá para desarrollar estimaciones regionales y contribuir a mejorar las definiciones y estimaciones nacionales, replicando el ejemplo exitoso de la Red Europea de Inventarios Forestales Nacionales (ENFIN), que ha permitido obtener estimaciones realmente comparables de variables clave (por ejemplo, volumen y biomasa). Para los países de ALC, las recomendaciones de la armonización serán fundamentales para mejorar las estimaciones de los inventarios de gases de efecto invernadero y los pagos por los resultados de REDD+. También ayudará a mejorar los informes nacionales de los países de ALC a la Evaluación de los recursos forestales mundiales y otros requerimientos internacionales.

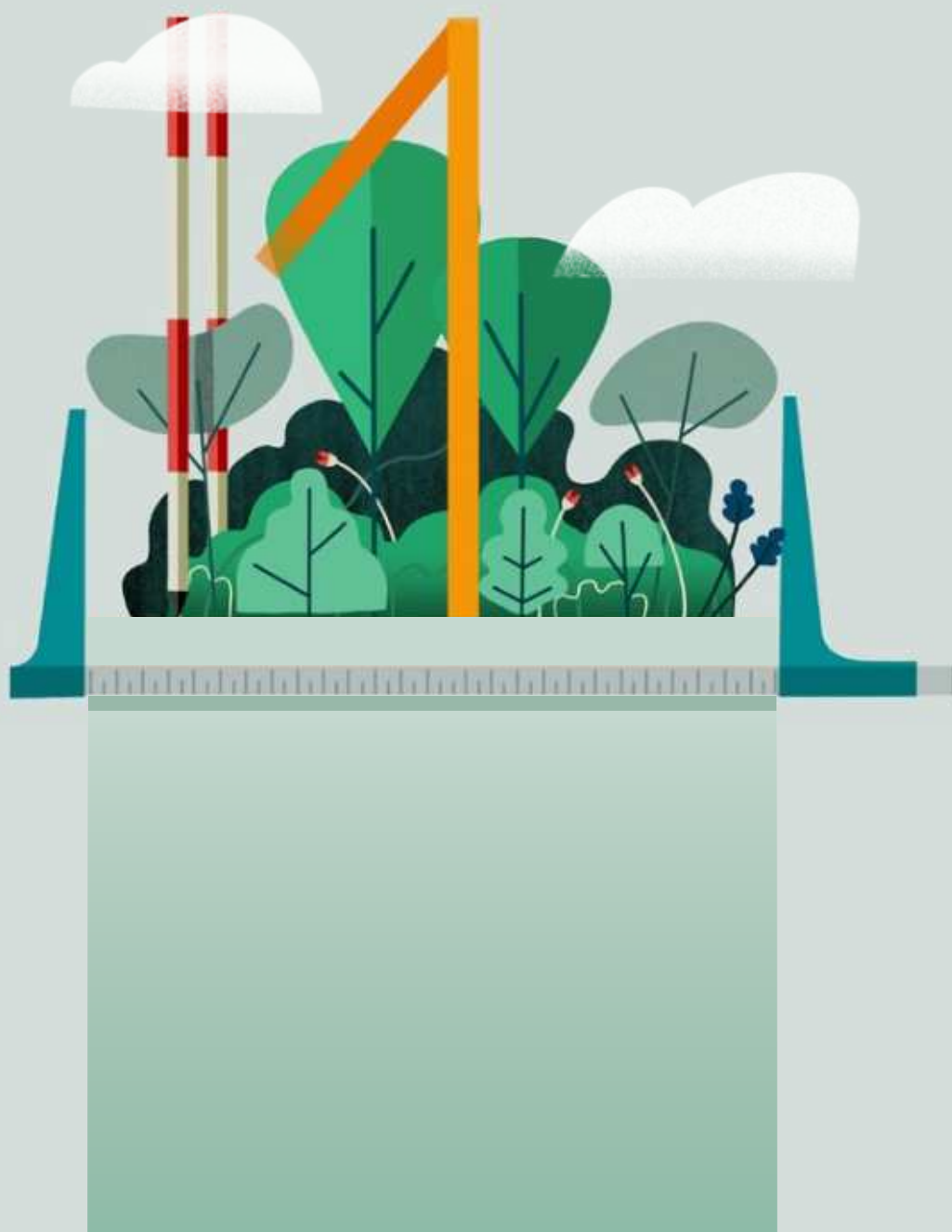
La experiencia adquirida de la evaluación de los inventarios forestales de ALC tiene implicaciones directas para los responsables de la toma de decisiones. Muestra que la información generada es aplicable para diversos fines, por lo que pone en evidencia la importancia de garantizar su continuidad como estrategia básica para el monitoreo de los recursos naturales a largo plazo. De forma transversal, los IFN proporcionan información que acompaña a todos los compromisos y oportunidades en la gestión sostenible de los bosques en el siglo XXI.

**INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES
DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**
Hacia la armonización de la información forestal

PARTE 1

-
- 1 INTRODUCCIÓN**
 - 2 SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN EL DISEÑO DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**
 - 3 PERSPECTIVAS FUTURAS DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**
 - 4 DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES**
 - 5 HACIA DATOS TRANSPARENTES Y ABIERTOS EN LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES**

Capítulo



INTRODUCCIÓN

Carla Ramírez, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Sabana Sur, Instalaciones del Ministerio de Agricultura, Edificio del Servicio Fitosanitario del Estado, San José, Costa Rica

Iciar Alberdi, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Centro de Investigación Forestal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. a Coruña km 7.5, 28040 Madrid, España

Joberto Veloso de Freitas, Universidad Federal de Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, Sector Sur, Bloco I, Manaus, AM, CEP 69080-900, Brasil

Carlos Bahamondez, Instituto Forestal, Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile

1.1 UNIDOS PARA MEJORAR LA INFORMACIÓN FORESTAL

Los inventarios forestales nacionales (IFN) son procesos de medición, recolección y análisis de datos de campo combinados con teledetección, casi siempre dirigidos por gobiernos, para producir estadísticas sobre el estado, distribución y tendencias de los recursos forestales de un país, para la toma de decisiones con base científica en la planificación, la implementación y el reporte de resultados de las políticas nacionales e internacionales (véase los capítulos nacionales de Guatemala y México; FAO, 2017; Freitas *et al.*, 2010; ICONA, 1990; INAB y CONAP, 2020; MAATE, 2021; Tomppo *et al.*, 2010). Los IFN constituyen un componente importante de los sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF) que proveen múltiples variables para el seguimiento de los cambios y tendencias de los bosques y árboles (FAO, 2017). Los SNMF son el conjunto integrado de personas, instituciones, recursos y procesos para la recolección, análisis, evaluación, interpretación y reporte de datos para el monitoreo de las tendencias de los recursos forestales a lo largo del tiempo (FAO, 2017; FAO, 2018a; Ramírez y Morales, 2021).

Debido a los retos técnicos y científicos para diseñar, implementar, difundir y mantener actualizada la información de los IFN en América Latina y el Caribe (ALC), surgieron iniciativas de reuniones para conocer los avances y compartir experiencias entre los países de la región. La primera de ellas fue organizada en Valdivia, Chile en 2012 para intercambiar sobre los objetivos de los IFN y sus distintos diseños estadísticos. Participaron representantes de Argentina, Brasil, Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Ecuador, Estados Unidos de América, Paraguay, Panamá, Perú, Uruguay, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y autoridades locales. Como resultado del intercambio, se planificó la conformación de una red de monitoreo de ecosistemas forestales, con la idea de unir a distintos especialistas para intercambiar datos e información respecto de inventarios forestales nacionales. A pesar de las intenciones de la red, esta no avanzó por falta de participación de los países (FAO e INFOR, 2012).

La segunda reunión se organizó en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia (Estado Plurinacional de) en 2013, por una iniciativa del Instituto Nacional de Investigación Alimentaria y Agropecuaria de España (INIA) y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) con el objetivo de difundir técnicas de monitoreo forestal, intercambiar conocimientos y experiencias, y abordar fundamentos sobre armonización de los IFN. Participaron representantes de Bolivia (Estado Plurinacional de), Chile, Ecuador, Honduras, Paraguay, Perú y Uruguay, quienes confirmaron el interés de conformar una red de IFN.

La tercera reunión se realizó en 2017, organizada por el Servicio Forestal Brasileño (SFB), la FAO, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y la Universidad Federal de Amazonas (UFAM), con la colaboración de la Unión

Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO, por sus siglas en inglés) y la Comisión Nacional Forestal de México (CONAFOR). El objetivo fue compartir avances y experiencias en la implementación de los IFN de países Amazónicos y Mesoamérica y continuar el fomento de la creación de una red para promover el intercambio, la comparabilidad y la adopción de nuevas tecnologías. Participaron Bolivia (Estado Plurinacional de), Brasil, Costa Rica, Ecuador, Guatemala y Honduras, Perú, Suriname, INIA representando a la Red Europea de Inventarios Forestales Nacionales (ENFIN, por sus siglas en inglés), la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA) y el Centro de Excelencia Virtual en Monitoreo Forestal de Mesoamérica (CEVMF). En esta reunión, se reforzó la necesidad de la armonización para fortalecer los IFN, mantener una comunicación permanente, desarrollar estudios comparativos de conceptos, términos y definiciones y aprender de la experiencia de otras regiones como ENFIN y la Comisión Forestal para América del Norte (COFAN) (Braun *et al.*, 2017).

La cuarta reunión de relevancia se realizó en Turrialba, Costa Rica en 2018, organizada por el SFB, CATIE y la FAO, con la colaboración de INIA-ENFIN y COFAN. Los objetivos fueron el fortalecimiento de la comunidad de expertos en IFN de la región, definir objetivos y temáticas para la armonización, establecer lineamientos para el establecimiento de la red de IFN y definir un plan de trabajo y oportunidades futuras. Participaron Brasil, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, México, Perú, República Dominicana y Suriname. Las conclusiones fueron incluir países del Cono Sur y el Caribe; mantener el apoyo de FAO, INIA, CATIE, COFAN, el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América y OTCA, así como una agenda de trabajo y comunicación; y desarrollar un libro de IFN de la región ALC (Argüello *et al.*, 2018).

La iniciativa de la red y desarrollo del libro de IFN fue presentada durante la 31.ª reunión de la Comisión Forestal para América Latina y el Caribe (COFLAC) de la FAO, en la cual los delegados recomendaron a la FAO “revitalizar las redes regionales [...] y consolidar la red de monitoreo e inventarios forestales”, y “fomentar el desarrollo de capacidad para inventarios, monitoreo forestal de plantaciones y bosques nativos y facilitar el seguimiento de las iniciativas nacionales de REDD+” (FAO, 2019). En la 32.ª reunión de la COFLAC, cuatro países recomendaron a la FAO continuar el apoyo para consolidar la red de IFN de la región (FAO, 2021a).

Para dar inicio a las acciones con la colaboración de INIA, FAO, CATIE y el SFB, se desarrolló una sesión para tratar los temas de cooperación y armonización de los IFN en el XXV Congreso Mundial de la IUFRO, con la participación de Brasil, Chile, Ecuador, ENFIN y COFAN (Alberdi y Chacón, 2019).

El presente libro es la segunda actividad de colaboración y representa un esfuerzo voluntario de los responsables de los IFN de 21 países, con apoyo de la FAO, el INIA, UFAM, y el Instituto Forestal de Chile (INFOR). El objetivo es revisar y organizar las experiencias de diseño, planificación e implementación de los IFN de ALC e identificar los aspectos comunes y diferencias en las definiciones y los métodos para recolectar información científica sobre los bosques. Este es un esfuerzo de cooperación Sur-Sur que nace de los países como primer paso hacia la armonización de los datos forestales de ALC, lo cual constituye un avance muy importante para obtener datos comparables, transparentes y abiertos.

1.2 RELEVANCIA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

La información forestal es necesaria para entender y evaluar la influencia de las acciones humanas sobre el medio ambiente y el cambio climático, y es esencial para tomar las decisiones más adecuadas sobre la gestión de los bosques a nivel nacional, regional y mundial. Para la región de América Latina y el Caribe es muy relevante, porque posee 940 millones de hectáreas de bosque, lo que representa 23% de los bosques del mundo y 47% del territorio de esta región (FAO, 2021a).

Los IFN son relevantes porque ofrecen datos para múltiples indicadores forestales para el seguimiento de las políticas públicas nacionales y para informes internacionales, tales como la Evaluación de recursos forestales mundiales (FRA) (www.fao.org/forest-resources-assessment/es/), los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (www.un.org/sustainabledevelopment/es/), las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del Acuerdo de París (www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/Home.aspx), el mecanismo

© FAO / Carla Ramírez



de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+) (<https://redd.unfccc.int/>), los criterios e indicadores de manejo forestal sostenible de la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) (www.itto.int/es/sustainable_forest_management/criteria_indicators/), las Metas de Aichi del Convenio de Diversidad Biológica (CDB) (www.cbd.int/sp/implementation/), los compromisos sobre restauración de paisajes deforestados y degradados como el Desafío de Bonn (www.bonnchallenge.org/) y la Iniciativa 20x20 de América Latina y el Caribe (<https://initiative20x20.org/>).

Por otra parte, los requerimientos de información internacional han marcado la pauta para ampliar, desarrollar y fortalecer los IFN de la región y, por tal razón, actualmente existen datos e información con fundamentos científicos sólidos, como constatan varios autores (Kangas y Maltamo, 2007; McRoberts *et al.*, 2013; Schreuder, Ernest y Ramírez-Maldonado, 2004). Como se verá más adelante, la FAO ha apoyado a los países de ALC en desarrollar sus IFN a través de la historia. Lo más reciente fue durante la década de 2000 por una iniciativa dirigida a países tropicales, ya que durante la FRA de 2000 se identificó que la información reportada por la mayoría de los países no provenía de un inventario con diseño robusto (Saket, 2002).

Posteriormente, el apoyo internacional se incrementó por la necesidad de fortalecer las capacidades para el mecanismo REDD+, el cual requiere que la información provenga de sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF) dentro de los cuales los IFN son un pilar fundamental para la recolección de información de campo para la estimación de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) por actividades forestales (FAO, 2018a; CMNUCC, 2014). Desde los IFN se proporcionan los datos necesarios para construir los factores de emisión forestal, los cuales se estiman a partir de las mediciones de los árboles vivos, los árboles muertos en pie, la madera muerta caída fina y gruesa, la hojarasca y el carbono orgánico de los suelos.

Los factores de emisión se expresan en toneladas de dióxido de carbono equivalente por hectárea, que al ser multiplicados por el área de cambio de actividades como la deforestación, degradación o recuperación de los bosques se obtienen las emisiones y absorciones forestales de un país (IPCC, 2006). Los IFN también contribuyen con datos para mejorar las estimaciones de las áreas de cambio, ya que apoyan para calibración de modelos y evaluar la exactitud de los mapas (GFOI, 2020).

Además, los IFN con mediciones repetidas también proporcionan datos de pérdidas y ganancias de carbono por el crecimiento y mortalidad de los árboles (GFOI, 2020).

Los IFN de ALC también son fuente de datos para conocer la composición y biodiversidad de los bosques. Durante las mediciones se recolectan muestras botánicas para la identificación de las especies de árboles en herbarios nacionales. Algunos países también incluyen arbustos y herbáceas. En el caso del IFN de Brasil, que aún está en marcha, los responsables han comentado que existen cerca de 30 posibles nuevas especies recolectadas por el IFN que están por ser comprobadas en los herbarios nacionales. Una historia relevante de este IFN es el redescubrimiento de la especie *Chiococca insularis* ([Ridley] C.M. Taylor & M.R.V. Barbosa), una especie que se creía extinta por más de 130 años (Figueira *et al.*, 2020).

Las estrategias nacionales del manejo forestal sostenible y de restauración de ALC también pueden utilizar los datos de los IFN sobre superficie por tipo de vegetación, existencias de biomasa o volumen de madera, leña y otros productos no maderables, sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos, especies indicadoras de bosques primarios y secundarios, perturbaciones naturales y antrópicas como plagas, enfermedades e incendios forestales, el estado legal y régimen de propiedad (véase los capítulos nacionales de Guatemala, México y Perú; Alberdi, 2021; GFOI, 2020).

Finalmente, como puede leerse en los capítulos nacionales de la Parte II de esta publicación, algunos países también recolectan datos de aspectos socioeconómicos y de gobernanza de los bosques a través de entrevistas a los propietarios y comunidades para vincular la relación de los bosques con las personas, la pobreza y la seguridad alimentaria (véase los capítulos nacionales de Brasil, Ecuador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Perú), lo que aporta información para vincular la relación de los bosques con las personas, la pobreza y la seguridad alimentaria.

1.3 AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE EN LA HISTORIA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

La amplitud de información que proveen los IFN es consecuencia de los requerimientos de información para el manejo de los productos y servicios que proveen los bosques a lo largo de la historia. Los IFN iniciaron por la necesidad de conocer la situación de los bosques de Noruega para la explotación de la madera en 1919 (Landsskogtakseringen, 1920, citado por Breidenbach *et al.*, 2020). Poco después, en la década de 1920, iniciaron los IFN de Finlandia y Suecia (Tomppo *et al.*, 2010); y en la década de 1960 durante la fase de reconstrucción tras la Segunda Guerra Mundial, comenzaron los IFN de Austria, España, Francia, Grecia y Portugal (Breidenbach *et al.*, 2021); entre otras razones, debido a la necesidad de controlar la sobreutilización de los bosques. Por otra parte, en las Américas, los Estados Unidos de América realizaron múltiples evaluaciones e informes del estado de los recursos de la madera desde finales del siglo XIX, y desde esa época fueron desarrollando y mejorando las metodologías de recolección de datos sobre los bosques para la producción industrial de la madera (LaBau *et al.*, 2007).

En la región ALC, el primer país que reporta la necesidad de recopilar información forestal es Colombia con “la expedición de la Ley 119, donde se ordenaba la creación de una Comisión Forestal que tenía como misión principal la clasificación y mensura de los bosques nacionales” (véase el Capítulo 11). Sin embargo, no fue sino hasta el año 1945 cuando se realizó el primer levantamiento de campo en Chile, para estimar las existencias, calidad y sanidad de los árboles; también se generaron ecuaciones y un mapa basado en fotografías aéreas (véase el Capítulo 10). Seguidamente, en Brasil en los años 1950, se realizó un inventario forestal para evaluar 19 millones de hectáreas con el objetivo de crear industrias de transformación de la madera (véase el Capítulo 9). Más adelante, entre las décadas de 1960 y 1970, siguieron inventarios en zonas con mayor potencial industrial en Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Perú, República Dominicana y Suriname, por lo que no cubrían todo el territorio nacional. Muchos de estos IFN fueron promovidos por la FAO.

Desde el siglo XIX, en Europa se formularon los principios de la gestión forestal sostenible (von Carlowitz, 2013), incorporándose la necesidad

de evaluar la biodiversidad antes incluso de que esta palabra fuese definida (Chirici, Winter y McRoberts, 2011). Seguidamente, en la década de 1980 comenzaron los IFN de la mayor parte de los países de Europa Central, y se inició la recopilación de datos sobre la salud de los bosques, mientras una visión ecosistémica emergía (Vidal *et al.*, 2016a).

Las necesidades de información sobre los bosques se continuaron ampliando en la década de 1990, posterior a la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo con la creación de los convenios internacionales relacionados con el cambio climático (<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>), la diversidad biológica (www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf) y la declaración de los principios sobre el manejo forestal (www.un.org/esa/documents/ga/conf151/aconf15126-1.htm). Paralelamente, la FAO continuaba desarrollando las FRA y fue para el informe del año 2000 cuando el Comité Forestal (COFO) recomendó que el enfoque se ampliara para responder a las necesidades de dichos convenios internacionales (FAO, 2018b). Por otro lado, con base en esa evaluación se realizó un análisis sobre la fuente de los datos que proporcionaban los países para la construcción de FRA; se demostró que la mayoría de los datos provenía de estimaciones de expertos y solamente el 5% de los países proporcionaba información basada en técnicas estadísticas de muestreo para recopilar datos en campo de nivel nacional, como la que ofrecen los IFN (Saket, 2002). Como resultado de este hallazgo, en la década de 2000, Brasil, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Perú fueron los países de ALC apoyados por la FAO en la planificación, diseño e implementación de sus IFN multipropósito, con amplitud nacional y con una visión de monitoreo permanente. Otros países como Argentina, Chile y México también iniciaron sus IFN con las mismas características.

Más adelante, debido al auge del mecanismo REDD+, Colombia, El Salvador, Panamá y República Dominicana iniciaron sus IFN, y otros países fortalecieron sus procesos, tales como Chile, Honduras y México que actualmente están en el tercer ciclo de mediciones. Además, Argentina, Costa Rica, Guatemala, Ecuador y Nicaragua están en el segundo ciclo de mediciones. Los países con procesos más recientes son Bahamas, Belice, Guadalupe, Guayana Francesa, Jamaica, Martinica y Suriname.

Casos especiales son Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos que son parte del Inventario y Análisis Forestal (FIA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América, quienes iniciaron en 1998 y 2004, respectivamente.

Otro hito en la historia de los IFN puede estar marcado por las necesidades de información para responder a las estrategias nacionales y globales para la restauración de ecosistemas, ya que el período de 2021-2030 fue declarado como el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (Resolución 73/284, 2019). Los IFN son una fuente muy importante de información para facilitar la implementación de acciones de las políticas de restauración y para informar sobre los progresos de las mismas acciones desarrolladas (Ramírez y Morales, 2021).

1.4 EXPERIENCIAS DE ARMONIZACIÓN DE INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

La armonización de las definiciones y las estimaciones relacionadas con los bosques es un proceso clave para una comprensión clara de lo que se está midiendo y reportando, así como para comparar datos entre países para facilitar decisiones y acuerdos a nivel nacional, regional y global (Vidal *et al.*, 2016a). La armonización permite la comparabilidad temporal y geográfica sin que se atribuyan diferencias a definiciones subjetivas.

A nivel global, la FAO ha facilitado la discusión sobre la necesidad de armonizar los datos forestales para favorecer la comparabilidad de la información desde la primera FRA en 1948 hasta la última evaluación presentada en 2020 (FAO, 2018b; FAO, 2021b). En la Figura 1.1, se muestran las principales temáticas de discusión relacionadas a la armonización a lo largo de la historia de FRA. Lo más relevante inició en el año 2000, cuando se generaron por primera vez los términos y definiciones para realizar las evaluaciones. Seguidamente, en 2005 se adoptaron informes estandarizados y en 2010 se organizaron reuniones para simplificar la presentación de informes con otros procesos internacionales relacionados con los bosques, en el marco de la Asociación de Colaboración en materia de Bosques (ACB). El desarrollo del Cuestionario colaborativo sobre recursos forestales (CFRQ, por sus siglas en inglés), el cual se aplicó desde 2015, ayudó a

simplificar y armonizar aún más los informes. La acción más reciente es el desarrollo de una plataforma en línea (<https://fra-platform.herokuapp.com/>) donde se puede consultar los informes por país y las estadísticas nacionales, regionales y globales sobre los bosques (FAO, 2018b).

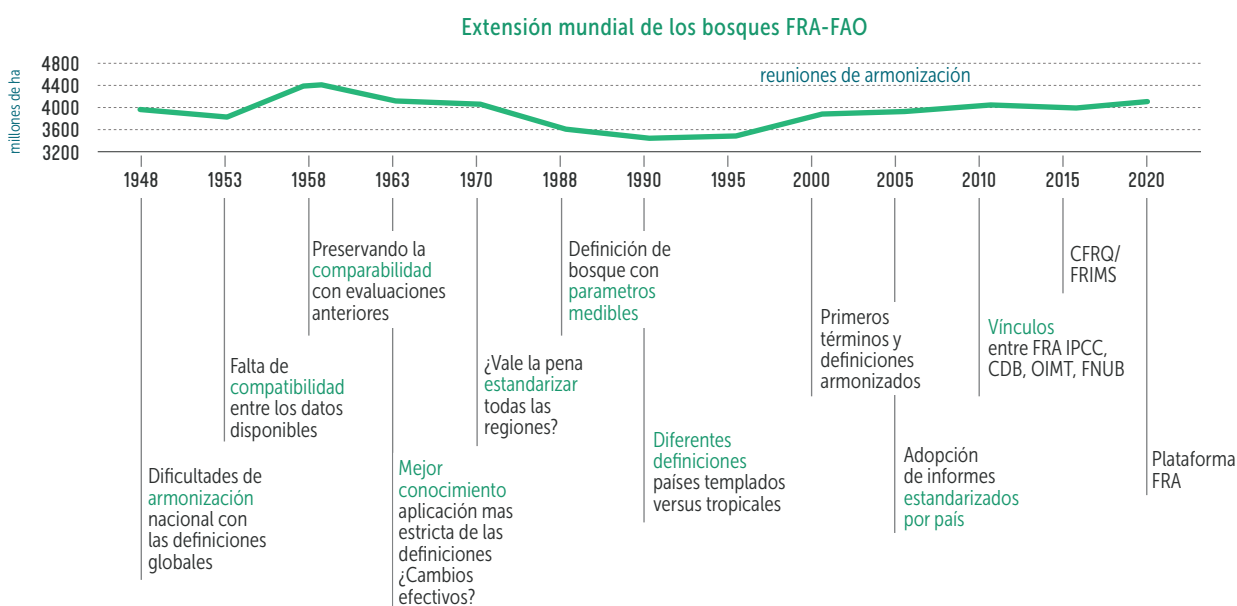
Para mejorar la comparabilidad de la información sobre recursos forestales en Europa, en la década de 1990 se inició un proceso de análisis de la información disponible con el establecimiento del Sistema Europeo de Información y Comunicación Forestal (Comisión Europea, 1997), quedando patente la necesidad de armonizar. En Europa, las estadísticas internacionales son derivadas en muchos casos de la agregación de la información proporcionada por los IFN de cada país (como es el caso de FRA); por lo tanto, en ocasiones ha resultado poco consistente, puesto que los IFN son en origen independientes, porque sus protocolos de toma de datos difieren de un país a otro (Tomppo *et al.*, 2010). Por ello, en el año 2003, y con los objetivos de intercambiar conocimientos, cooperar y promover los IFN como sistemas de seguimiento integrales mediante la armonización de la información sobre los ecosistemas forestales,

se estableció una Red Europea de Inventarios Forestales Nacionales (ENFIN) (Vidal *et al.*, 2016b). La metodología de armonización de ENFIN tiene el objetivo de proporcionar valores comparables sobre los indicadores forestales, abarcando el análisis de los diseños de muestreo, las definiciones de las variables, las metodologías de medición y el procesamiento de los datos. Tras el análisis, la armonización de los IFN europeos se basa en el establecimiento de definiciones de referencia consensuadas comúnmente y funciones para transformar los valores de los indicadores nacionales en valores armonizados comparables (Tomppo y Schadauer, 2012; Gschwantner *et al.*, 2019).

Desde 2015, los países de América del Norte (Canadá, Estados Unidos de América y México) han organizado un grupo de trabajo en monitoreo e inventarios forestales nacionales, con la misión de apoyar el reporte y evaluación de los criterios e indicadores de manejo forestal sostenible a través de compartir datos, realizar colaboraciones científicas en inventarios, monitoreo y evaluación; desarrollar enfoques compatibles con los datos de inventarios forestales, evaluar el uso de la teledetección para mejorar los datos forestales, construir capacidades

FIGURA 1.1

Historia de los procesos de armonización de la Evaluación de recursos forestales mundiales



Notas: CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica; CFRQ: Cuestionario colaborativo sobre recursos forestales; FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; FNUB: Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques; FRA: Evaluación de los recursos forestales mundiales; FRIMS: Forest Resources Information Management System; IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; OIMT: Organización Internacional de las Maderas Tropicales.

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (2018b, 2021b).

y comunicar resultados conjuntos (COFAN, 2000). Con base en el mapa de zonas ecológicas definidas por la FAO, han logrado armonizar los datos de los inventarios forestales nacionales de los tres países en una Base de datos forestales de América del Norte (<https://datosforestal.nfis.org/es/>) en la que actualmente proporcionan información de tres indicadores: superficie forestal, volumen y biomasa por encima del suelo.

1.5 RED DE INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Motivados por las experiencias de Europa y América del Norte y la necesidad de mejorar los informes internacionales con relación a la comparabilidad y transparencia, los países de ALC iniciaron los procesos de armonización con esta publicación que ha durado dos años. Además de la elaboración de los capítulos nacionales de la Parte II de esta publicación, se organizaron grupos de trabajo para analizar las diferencias y similitudes de los IFN (Capítulo 2), las perspectivas a futuro de los IFN (Capítulo 3) y los desafíos y oportunidades (Capítulo 4). El proceso también motivó un grupo de trabajo sobre la importancia de hacer accesibles los datos de IFN para mejorar la transparencia de la información en informes internacionales (Capítulo 5).

Paralelamente a la construcción de esta publicación, se están realizando reuniones de trabajo periódicas para la armonización de las variables priorizadas:

superficie forestal/definición de bosque, volumen y biomasa, para las cuales se generaron cuestionarios que han sido respondidos por los países participantes. Se espera presentar los resultados de este proceso en una segunda publicación.

Hasta aquí es posible identificar las primeras actividades que se han realizado como medio de conocimiento y unificación entre los países de ALC. Con ello, los países participantes están dispuestos a continuar trabajando para conformar la red de IFN de América Latina y el Caribe.

Basado en las reuniones de Manaus (Braun *et al.*, 2017) y Costa Rica (Argüello *et al.*, 2018), los beneficios de la red son los siguientes:

- Fortalece los IFN de ALC a través del diálogo y el intercambio de conocimientos técnicos, científicos y tecnológicos entre los responsables de los IFN de los diferentes países, otras instituciones de apoyo e instituciones responsables de los procesos internacionales.
- Mejora el uso de los IFN para la toma de decisiones de las políticas nacionales e internacionales.
- Facilita el desarrollo, implementación y seguimiento de las estrategias forestales de la región a través de la generación de estadísticas armonizadas.
- Promueve la transparencia en la presentación de informes internacionales, como FRA, los ODS, y los informes a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio



© FAO / SLM

Climático (CMNUCC), el CDB y la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNUCLD).

- Proporciona recomendaciones para mejorar la presentación de informes internacionales, en concreto, los informes de FRA y los inventarios GEI del sector forestal para los informes a la CMNUCC.

- Promueve la organización regional y facilita la movilización de recursos de financiamiento para la sostenibilidad de los IFN.

En la Figura 1.2, se presentan los 21 países que actualmente están participando en la red, y se espera que otros países con IFN establecidos puedan incorporarse en los siguientes pasos.

FIGURA 1.2

Mapa de los países participantes de la red de inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

- Alberdi, I.** 2021. Forest resources assessment: mensuration, inventory and planning. *Forests*, 12(3): 296. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/f12030296>).
- Alberdi, I. y Chacón, M.** 2019. A4b: Forests without borders: Multi-national forest inventory cooperation and harmonisation to enhance sustainable development (Theme A: Forests for people, XXV IUFRO World Congress, 29 September – 5 October 2019, Curitiba, Brazil). *Brazilian Journal of Forestry Research*, Special Issue, 39(e201902043), 61–64. (disponible en: www.iufro.org/fileadmin/material/events/iwc19/iwc19-abstracts.pdf).
- Argüello, M., Chacón, M., Freitas, J. y Ramírez, C.** 2018. *II Reunión de expertos sobre el proceso de armonización de los inventarios forestales nacionales de países de Latinoamérica y el Caribe*. Turrialba (Costa Rica), CATIE, FAO y Servicio Forestal Brasileño. (disponible en: www.catie.ac.cr/tecnologias-monitoreo-forestal/wp-content/uploads/Memoria-II-Reunion-INF-FINAL.pdf).
- Braun, R., Freitas, J., Ramírez, C. y Chacón, M.** 2017. *Memoria de la reunión para el intercambio de experiencias sobre los inventarios forestales nacionales de países latinoamericanos y del Caribe*. Brasilia, CATIE, Programa ONU-REDD y Servicio Forestal Brasileño. (disponible en: www.monitoreoforestal.gob.mx/reunion-manaos-inf/).
- Breidenbach, J., Granhus, A., Hysten, G., Eriksen, R. y Astrup, R.** 2020. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions. *Forest Ecosystems*, 7: 46. (disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00261-0>).
- Breidenbach, J., McRoberts, R.E., Alberdi, I., Antón-Fernández, C. y Tomppo, E.** 2021. A century of national forest inventories – informing past, present and future decisions. *Forest Ecosystems*, 8: 36. (disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00315-x>).
- von Carlowitz, H.C.** 2013. Sylvicultura oeconomica (1713). En R. Libby, S. Sörlin y Paul Warde, coords. *The Future of Nature: Documents of Global Change*, pp. 67-77. New Haven (Estados Unidos), Yale University Press.
- Chirici, G., Winter, S. y McRoberts, R.E., coords.** 2011. *National forest inventories: Contributions to forest biodiversity assessments*. Managing Forest Ecosystems, Vol. 20. New York (Estados Unidos), Springer.
- Comisión Europea.** 1997. *Study on European Forestry Information and Communication System (EFICS)*. Reports on forest inventory and survey systems, Vols 1 y 2. Luxemburgo, Oficina de las Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- Comisión Forestal para América del Norte (COFAN).** 2000. Forest Inventory and Monitoring: Charter (January 13, 2000). (disponible en: www.fs.fed.us/global/nafc/inventory/charter.htm). Acceso: 15 de julio de 2021.
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).** 2014. *Informe de la Conferencia de las Partes sobre su 19.º periodo de sesiones, celebrado en Varsovia del 11 al 23 de noviembre de 2013*. Varsovia. (disponible en: <https://unfccc.int/process-and-meetings/conferences/past-conferences/warsaw-climate-change-conference-november-2013/cop-19/cop-19-reports>).
- FAO.** 2017. *Directrices voluntarias sobre monitoreo nacional forestal*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/i6767es>).
- FAO.** 2018a. *Fortalecimiento de los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques para REDD+*. Documento de trabajo sobre monitoreo y evaluación de los recursos forestales nacionales N.º 47. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ca0525es/CA0525ES.pdf).
- FAO.** 2018b. *1948-2018: Seventy years of FAO's Global Forest Resources Assessment. Historical overview and future prospects*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/I8227EN/i8227en.pdf).
- FAO.** 2019. *Informe de la trigésima primera reunión de la Comisión Forestal para América Latina y el Caribe*. Montevideo, Uruguay, 2-6 de septiembre de 2019. FO:LACFC/2019/REP. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ca6894es/ca6894es.pdf).
- FAO.** 2021a. *FRA 2020: Situación del sector forestal en la región de América Latina y el Caribe*. Comisión Forestal para América Latina y el Caribe, 32ª Reunión, 6-10 de septiembre de 2021. (disponible en: www.fao.org/3/cb6002es/cb6002es.pdf).

- FAO.** 2021b. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 - Informe principal*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9825es>).
- FAO e Instituto Forestal de Chile (INFOR).** 2012. *Seminario Sudamericano: los inventarios forestales como una herramienta para enfrentar los nuevos desafíos. Informe final*. Valdivia (Chile).
- Figueira, M., Schindler, B., Jardim, J.G. y Barbosa M.R.V.** 2020. Rediscovery of *Chiococca insularis* (Ridley) C.M. Taylor & M.R.V. Barbosa (Rubiaceae), a species presumed extinct, on the island of Fernando de Noronha, Pernambuco, Brazil. *Check List*, 16(5): 1407-1413. (disponible en: <https://doi.org/10.15560/16.5.1407>).
- Freitas, J.V., Oliveira, Y.M., Rosot, M.A., Gomide, G. y Mattos, P.** 2010. National Forest Inventory Reports: Brazil (Chapter 3). En E. Tomppo, T. Gschwantner, M. Lawrence y R.E. McRoberts, coords. *National Forest Inventories: Pathways for common reporting*, pp. 89-95. Londres, Springer.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).** 2006. *Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volume 4: Agriculture, forestry and other land use* (National Greenhouse Gas Inventories Programme, H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, y K. Tanabe, coords). Hayama (Japón), IGES. (disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html).
- Gschwantner, T., Alberdi, I., Balázs, A., Bauwens, S., Bender, S., Borota, D., Bosela, M. et al.** 2019. Harmonisation of stem volume estimates in European National Forest Inventories. *Annals of forest science*, 76: 24. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0800-8>).
- Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).** 2020. *Marco metodológico para el segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal de Guatemala*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.portal.inab.gob.gt/images/inventario-forestal/Marco%20Metodologico%20IFN%202020.pdf).
- Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza (ICONA).** 1990. *Segundo Inventario Forestal Nacional 1986-1995: Explicaciones y métodos*. Madrid. (disponible en: www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/explicacionesymetodos_tcm30-281101.pdf).
- Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques (GFOI).** 2020. *Integración de las observaciones por teledetección y terrestres para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero en los bosques: Métodos y orientación de la Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques*. Edición 3.0. Roma, FAO. (disponible en: www.reddcompass.org/mgd).
- Kangas, A. y Maltamo M.** 2007. *Forest Inventory: Methodology and Applications*. Dordrecht (Países Bajos), Springer.
- LaBau, V.J., Bones, J.T., Kingsley, N.P., Lund, H.G. y Smith W.B.** 2007. *History of the forest survey in the United States: 1830-2004*. FS-877. Washington, DC, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.fia.fs.fed.us/library/historical-documentation/docs/1830-2004%20History%20of%20Forest%20Survey.pdf).
- McRoberts, R.E., Tomppo, E.O., Vibrans, A.C. y De Freitas, J.V.** 2013. Design considerations for tropical forest inventories. *Pesquisa Florestal Brasileira*: 33(74): 190-202. (disponible en: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.430>).
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE).** 2021. Evaluación Nacional Forestal - ENF. (disponible en: http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/). Acceso: 4 de junio de 2021.
- Ramírez C. y Morales D.** 2021. Integración de la restauración de bosques y paisajes a los Sistemas Nacionales de Monitoreo Forestal. Roma, FAO.
- Resolución 73/284 de la Asamblea General.** Decenio de las Naciones Unidas sobre la Restauración de los Ecosistemas (2021-2030), A/RES/73/284. Asamblea General de las Naciones Unidas, Nueva York, Estados Unidos, 1 de marzo de 2019. (disponible en: <https://undocs.org/pdf?symbol=es/A/RES/73/284>).
- Saket, M.** 2002. Deficiencias de la información nacional sobre los bosques y los árboles en los países en desarrollo. *Unasylva*, 53(210): 24-27. (disponible en: www.fao.org/3/y4001s/y4001s00.htm).
- Schreuder, H.T., Ernst, R. y Ramírez-Maldonado, H.** 2004. *Statistical techniques for sampling and monitoring natural resources*. General Technical Report RMRS-GTR-126. Fort Collins (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_gtr126.pdf).

Tomppo, E. y Schadauer, K. 2012. Harmonisation of National Forest Inventories in Europe: Advances under COST Action E43. *Forest Science*, 58(3): 191-200. (disponible en: <https://doi.org/10.5849/forsci.10-091>).

Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M. y McRoberts, R.E., coords. 2010. *National Forest Inventories: Pathways for common reporting*. Londres, Springer.

Vidal, C., Alberdi, I., Redmond, J., Vestman, M., Lanz, A. y Schadauer, K. 2016a. The role of European National Forest Inventories for international forestry reporting. *Annals of Forest Science*, 73: 793-806. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0545-6>).

Vidal, C., Alberdi, I., Hernández, L. y Redmond, J.J., coords. 2016b. *National Forest Inventories: Assessment of wood availability and use*. Cham (Suiza), Springer International Publishing.

Capítulo



SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN EL DISEÑO DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Anibal Cuchietti, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Rubí Cuenca, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

Alexs Arana, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Dirección de Inventario y Valoración, Lima, Perú

Thomas Brandeis, Servicio Forestal de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur, Inventario y Análisis Forestal, 4700 Old Kingston Pike, Knoxville, Tennessee, 37934, Estados Unidos de América

Rafael Mayorga Saucedo, Unidad Técnica Especializada en Monitoreo, Reporte y Verificación, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

Joberto Veloso de Freitas, Universidad Federal de Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, Sector Sur, Bloco I, Manaus, AM, CEP 69080-900, Brasil

Iciar Alberdi, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Centro de Investigación Forestal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. a Coruña km 7.5, 28040 Madrid, España

Carla Ramírez, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Sabana Sur, Instalaciones del Ministerio de Agricultura, Edificio del Servicio Fitosanitario del Estado, Primer piso, San José, Costa Rica

2.1 INTRODUCCIÓN

El diseño y la planificación son elementos operacionales de los inventarios forestales nacionales (IFN) para la recolección de datos de alta calidad a un costo eficiente. Deben tener una base científicamente robusta para cumplir con el principio de credibilidad, y considerar los recursos disponibles para cumplir con el principio de viabilidad, según las *Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional* (FAO, 2017).

En el proceso de planificar y diseñar los IFN se debe considerar los objetivos, las necesidades de información, el alcance geográfico (nacional o subnacional), las definiciones de las variables que se van a medir y los recursos disponibles (Vidal *et al.*, 2016; Ramírez, 2012; Schreuder, Ernst y Ramirez-Maldonado, 2004). Se realiza mediante un proceso iterativo en el que los requisitos de precisión o los presupuestos se ajustan según las necesidades de información, las circunstancias nacionales y las capacidades técnicas, financieras y humanas (FAO, 2017). Además, los procesos deben ser participativos e involucrar a expertos nacionales, quienes influyen en las decisiones más específicas sobre el diseño de los IFN. Por otra parte, para encuadrar el diseño de muestreo de los IFN de forma eficiente, se debe tener en cuenta los siguientes criterios para que den respuesta a las preguntas de monitoreo: las variables o atributos prioritarios, la variabilidad de los datos de los atributos prioritarios y las metas de precisión que se definan (McRoberts *et al.*, 2013; Schreuder, Ernst y Ramirez-Maldonado, 2004). Estas condiciones determinarán las similitudes y diferencias de las metodologías y los diseños de los IFN.

Los IFN de los países de América Latina y el Caribe (ALC) se basan en muestreos probabilísticos, donde las unidades de muestreo fueron seleccionadas y asignadas siguiendo criterios probabilísticos válidos que permiten hacer inferencias de la población. Estas condiciones permiten que los IFN produzcan información con una base científica robusta y fiable sobre las estimaciones de los atributos de interés (McRoberts *et al.*, 2013; Schreuder, Ernst y Ramirez-Maldonado, 2004). Los datos se recolectan mediante mediciones y observaciones en parcelas (áreas de tamaños

definidos en el terreno). En el caso de los IFN de ALC las parcelas tienen un tamaño fijo, pero la configuración varía en los diferentes países —en su tamaño, forma y cantidad por cada unidad de muestreo— debido a las diferencias en los atributos a medir, variabilidad, metas de precisión, costos y condiciones específicas de sus ecosistemas forestales, como el tamaño y distribución de los árboles y estructura del bosque (Kleinn *et al.*, 2015).

2.2 METODOLOGÍA

El propósito del presente capítulo, como proceso inicial de armonización, es describir y analizar las similitudes y diferencias de los diseños de IFN de ALC. El análisis se enfoca específicamente en elementos de planificación, diseño de muestreo y la configuración de las unidades de muestreo, temas fundamentales para entender cómo se recolectan los datos y las condiciones o desafíos que pueden generar para lograr una armonización de la información forestal en la región.

La información se compiló a través de un cuestionario respondido por 20 países. Esta información se complementa con la proporcionada en los 21 capítulos nacionales que se describen en la parte II de este volumen (capítulos 6 a 26). El cuestionario se organizó en cinco bloques para abarcar diferentes aspectos de los IFN. La información consultada en cada bloque fue relacionada a los siguientes temas: i) planificación general del IFN; ii) teledetección; iii) diseño de muestreo; iv) configuración de la unidad de muestreo; y v) mediciones. El cuestionario se realizó en dos idiomas (español e inglés) y se realizaron 35 preguntas para recabar información detallada sobre los IFN de los países de ALC.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE MUESTREO DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Según la planificación y la forma en que se ejecutan, los IFN pueden ser periódicos y continuos, es decir, son permanentes y se repiten en ciclos que pueden variar de cinco a diez años generalmente en ALC.

Por otro lado, hay IFN que están diseñados como temporales, es decir, recolectan información para obtener una evaluación única, por lo que no se planifican para replicar las mediciones. La gran mayoría de países de ALC (86%) planificaron sus IFN como periódicos y continuos (Argentina, Bahamas, Belice, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Guayana Francesa y las islas de Martinica y Guadalupe, Honduras, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Perú y Puerto Rico). Solo el 14,3% de los países planificaron los IFN para una evaluación temporal (El Salvador, República Dominicana, Uruguay).

Los IFN periódicos y continuos evalúan cambios en las características de los bosques que permiten comparar la información en el tiempo; por ejemplo, si un determinado sector de un bosque se encuentra en crecimiento o bajo degradación. En los países de ALC, el 76% realizan ciclos de medición cada cinco años. Solo dos países (Chile y Costa Rica) poseen un ciclo de medición más corto (cuatro años), mientras que un solo país (República Dominicana) estableció para su IFN ciclos de mediciones cada 10 años. Completar los ciclos de muestreo requiere muchos recursos y planificación, lo cual conlleva a que en distintos países el cierre completo de un ciclo de medición del IFN se demore más de lo planificado. Esto puede dificultar la comparabilidad y aumentar la variabilidad de la información.

En algunos casos dentro de un mismo ciclo, se organizan las mediciones de datos aplicando paneles. Los paneles consisten en mediciones normalmente anuales de una submuestra, es decir, un panel anual puede contener el 20% de las unidades de muestreo de la población o subpoblación, por lo tanto, en cinco años se logra completar un ciclo del IFN. En los países de ALC el 33% de los países realizan paneles o campañas de mediciones de las unidades de muestreo de forma anual. Un porcentaje mayor de los países (66%) no utiliza paneles anuales, sino que aplica paneles que segmentan las mediciones según regiones. En aquellos países donde se aplican estos paneles regionalizados, el 60% logra cumplir con las mediciones dentro del año planificado. Como la mayoría de los países de ALC no aplican paneles anuales en sus IFN, los informes de resultados se elaboran al concluir el ciclo completo de mediciones; esto ocurre en 52,4% de los países. Solo el 24% de los países presenta informes anuales o para cumplir con otro criterio, por ejemplo, completar las mediciones dentro de una determinada jurisdicción política. Existen cinco países (24%) que no planifican previamente cada cuánto se presentarán los informes de su IFN.

Una vez determinada la planificación del IFN, es necesario establecer el diseño de muestreo, para lo que se debe determinar la cantidad de muestras y la forma como se seleccionan en el territorio o población de interés. Existen diversas estrategias para seleccionar las unidades de muestreo, pero lo importante es utilizar un muestreo probabilístico, para reducir la subjetividad en la selección, y que al seleccionar las muestras se tenga en cuenta una estrategia que logre captar lo mejor posible la heterogeneidad del bosque al menor costo (McRoberts *et al.*, 2013).

En los IFN de los países de ALC, 43% determinaron la ubicación espacial de las unidades de muestreo de forma sistemática sin tener en cuenta una estratificación previa. El 29% de los países define la ubicación de los sitios de muestreo utilizando una estrategia de selección combinada de manera sistemática y aleatoria, con el objetivo de obtener una muestra aleatoria a la vez de asegurar una distribución balanceada en el territorio; en cambio, el 19% de los países utiliza una estrategia sistemática y estratificada. Un país utiliza varios métodos de selección por tener varios inventarios subnacionales, mientras que solo un país de la región aún no ha definido la estrategia a implementar (Figura 2.1).

Otra característica muy relevante de los IFN es determinar si las unidades de muestreo son temporales o permanentes. Según las *Directrices voluntarias sobre monitoreo nacional forestal* (FAO, 2017), es recomendable establecer las unidades de muestreo de manera permanente para los IFN periódicos o continuos. Para lograr esto, los procedimientos de medición deben registrar coordenadas precisas en un sistema de referencia geográfico y obtener puntos de referencia para una futura recolección de datos en el mismo sitio de muestreo. En ALC el 76% de los IFN establecen unidades de muestreo permanentes, lo que garantiza que en ciclos sucesivos las mediciones se realicen en el mismo sitio. El 14% mide la totalidad de sus unidades de muestreo de forma temporal, es decir, no se toman datos en los mismos sitios en diferentes ciclos del IFN, y 10% de los países posee una cierta cantidad de unidades de muestreo permanentes y otras temporales (Figura 2.2).

FIGURA 2.1

Tipos de diseños de muestreo de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe

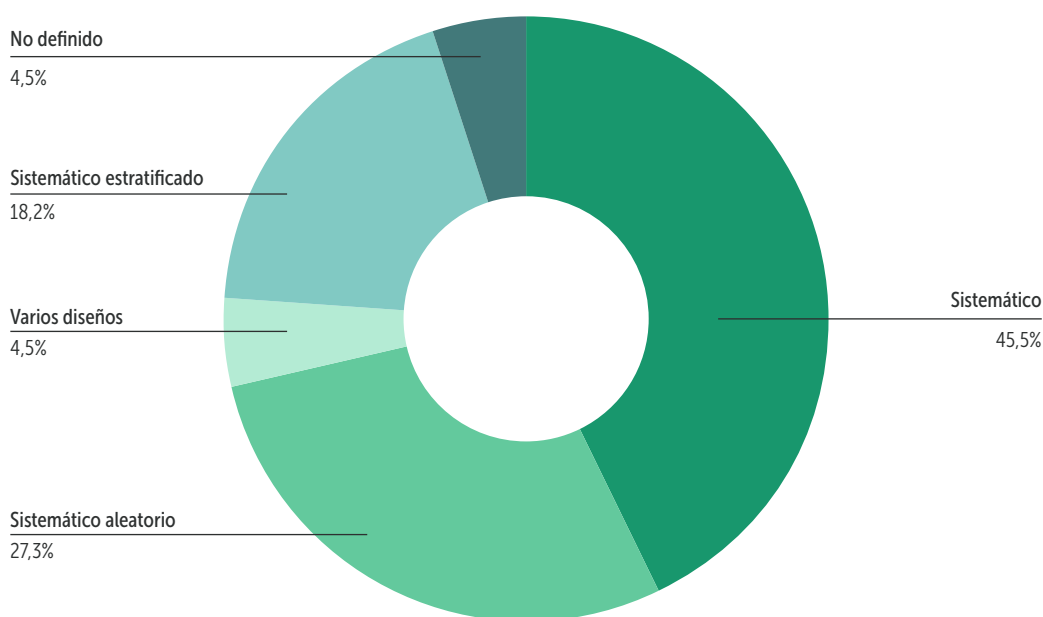
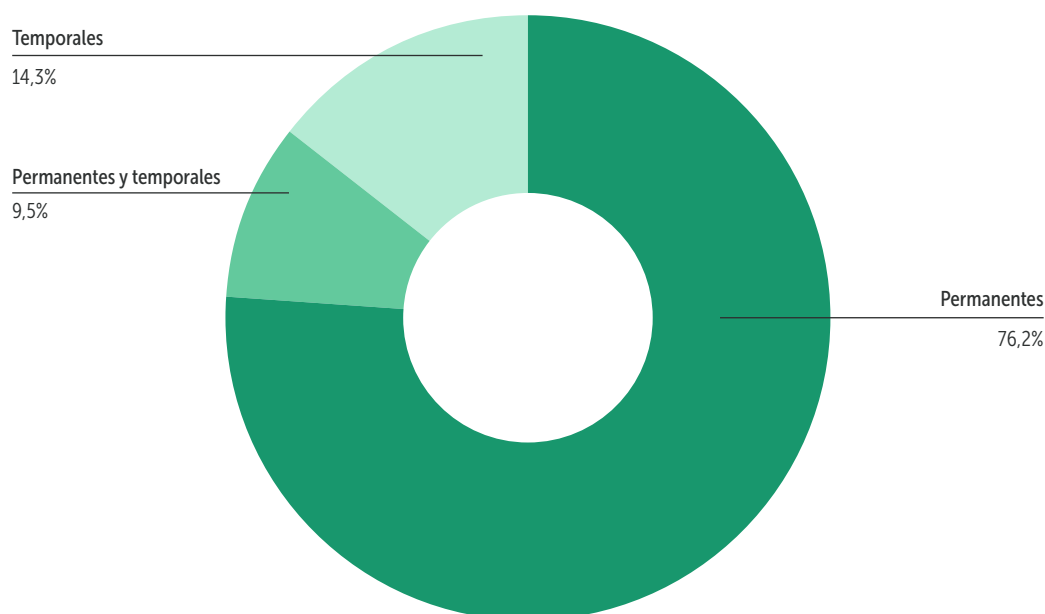


FIGURA 2.2

Tipo de unidades de muestreo de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe según su temporalidad



2.3.2 UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE TELEDETECCIÓN EN INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

El uso de la teledetección en los IFN es recomendable para apoyar la implementación de los IFN y alcanzar mayor amplitud en el uso de los datos; por otro lado, las observaciones derivadas de la teledetección pueden utilizarse como variables auxiliares para mejorar las estimaciones (estratificación previa o posterior) (McRoberts y Walters, 2012). También puede utilizarse en sitios donde no es posible realizar mediciones en el terreno, cuando se quieren producir datos a una menor escala del alcance del IFN o para calcular estadísticas con base en modelamiento (volumen de madera, biomasa, carbono, etc.) (Kangas *et al.*, 2019). La implementación de teledetección en los IFN trae múltiples beneficios y por lo tanto el 95% de los países de ALC la utiliza.

La información obtenida por teledetección también es muy útil durante las etapas de planificación y del diseño de muestreo. El 80% de los países de ALC aplica información de teledetección para mejorar la planificación del inventario forestal. Entre el 65% y el 70% de los países utiliza estas herramientas en

el diseño de muestreo para determinar las áreas de bosque, no bosque y otros usos de la tierra, como un criterio de estratificación previa a los muestreos. El 50% de los países utiliza mapas de tipos de bosques para realizar una estratificación posterior de los datos y para realizar mapas de resultados de las variables medidas en las unidades de muestreo (Figura 2.3).



© UN-REDD / Pablo Cambrónero

FIGURA 2.3

Actividades donde se utiliza la teledetección en los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe

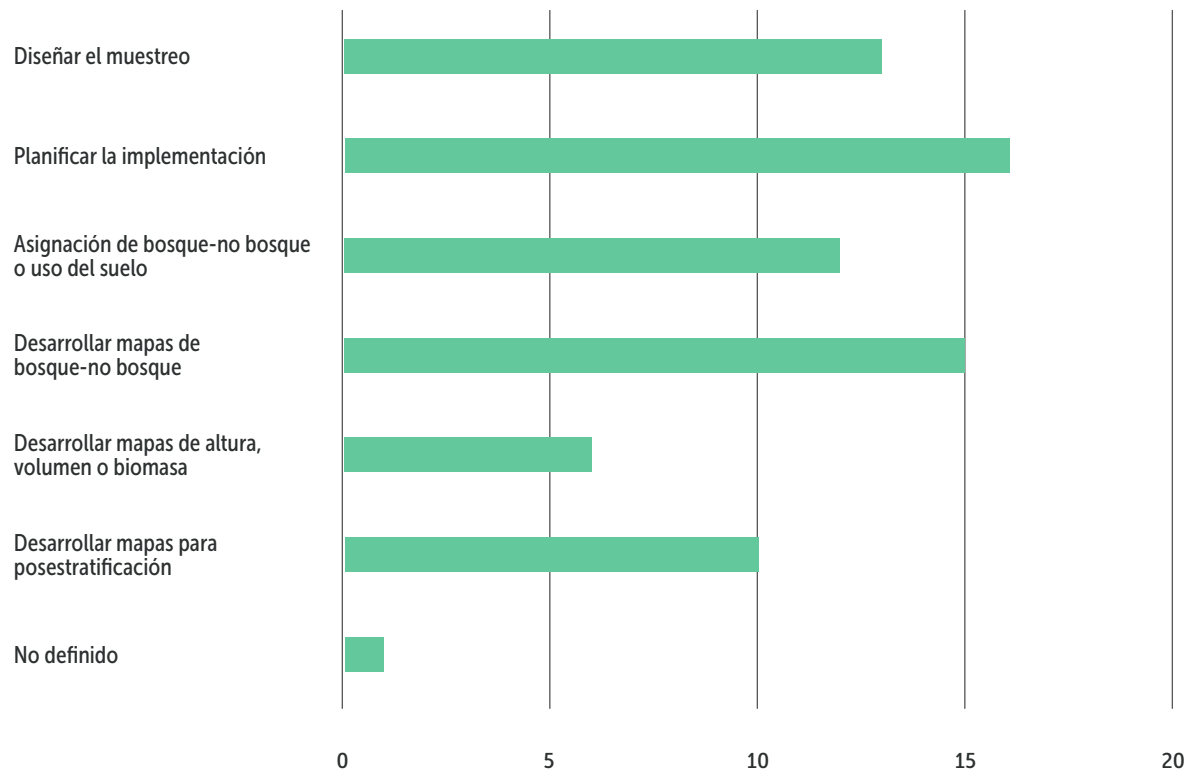
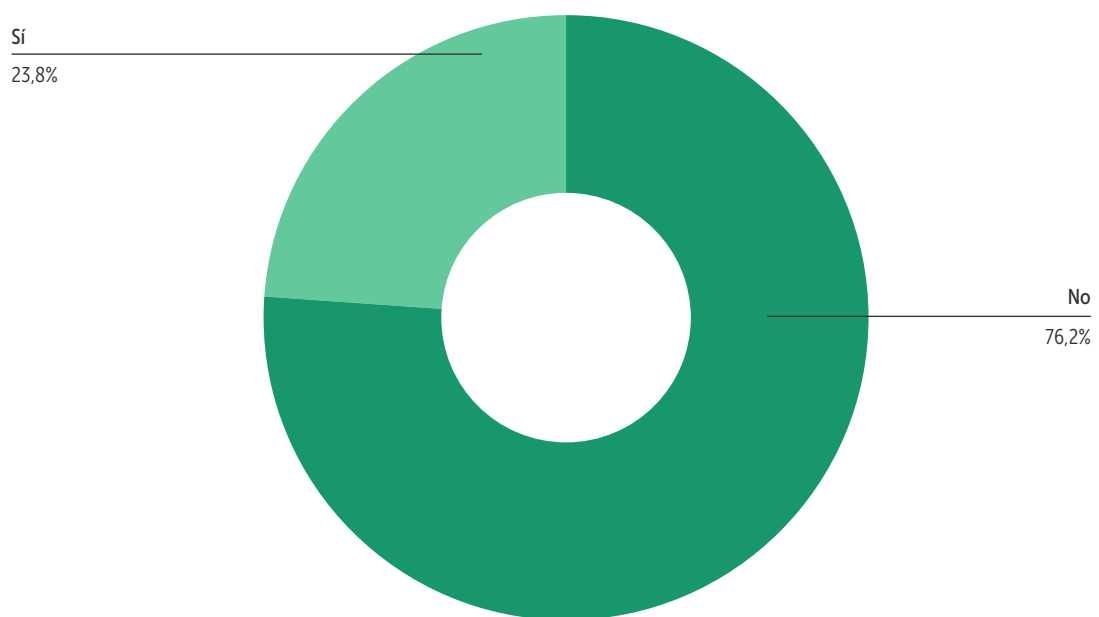


FIGURA 2.4

Países que cuentan con un equipo técnico para necesidades de inventarios forestales nacionales



Para que los IFN puedan realizarse de forma adecuada, en los sistemas nacionales de monitoreo forestal es recomendable contar con personal técnico con los conocimientos y experiencia en mediciones de campo, procesamiento de datos, gestión de información y en la utilización de herramientas de teledetección (FAO, 2017). A pesar del amplio uso y aplicaciones de teledetección en los países de ALC, sólo cinco países (24%) cuentan con un equipo de técnicos exclusivo para las necesidades derivadas del IFN (Figura 2.4). Esta situación podría derivar en dificultades para el uso de la teledetección en los IFN.

En relación a los productos derivados de la aplicación de herramientas de teledetección, solo el 19% de los países cuenta con mapas de vegetación realizados con imágenes satelitales de menos de dos años de antigüedad. La mayoría de los países (57%) dispone para su IFN mapas de vegetación actualizados entre dos y cinco años; mientras que el 23,8% de los países utiliza mapas de vegetación derivados de imágenes satelitales actualizados entre cinco y diez años (Figura 2.5).

2.3.3 CONFIGURACIÓN DE LA UNIDAD DE MUESTREO

Un aspecto importante en el diseño metodológico de los IFN es la elección del patrón de configuración espacial de las unidades de muestreo. Determinar la configuración espacial incluye varios aspectos como si las unidades de muestreo se definen como un conglomerado o únicas, si la forma de la unidad de muestreo es cuadrada, rectangular o circular (entre otras formas posibles), o si la unidad de muestreo tiene subdivisiones (McRoberts *et al.*, 2013). Estos aspectos de la unidad de muestreo responden a diversas necesidades de mejoras en la dinámica de recolección de datos, optimización de costos y para lograr captar mayor heterogeneidad de los bosques.

En ALC se observan diferencias entre los IFN respecto a la configuración de la parcela: 67% utiliza parcelas en conglomerado, mientras que 24% de los países utilizan parcelas individuales. Existen casos particulares como El Salvador, que presenta dos tipos de configuración en las unidades de muestreo del IFN: en bosque latifoliado, bosque de conífera y cafetal bajo sombra utilizan parcelas individuales y en bosque salado o manglares utilizan unidades de muestreo en conglomerados. Guayana Francesa, Martinica y Guadalupe se encuentran en una etapa de definición del diseño de la configuración de sus unidades de muestreo (Figura 2.6).

FIGURA 2.5

Disponibilidad de mapas de vegetación

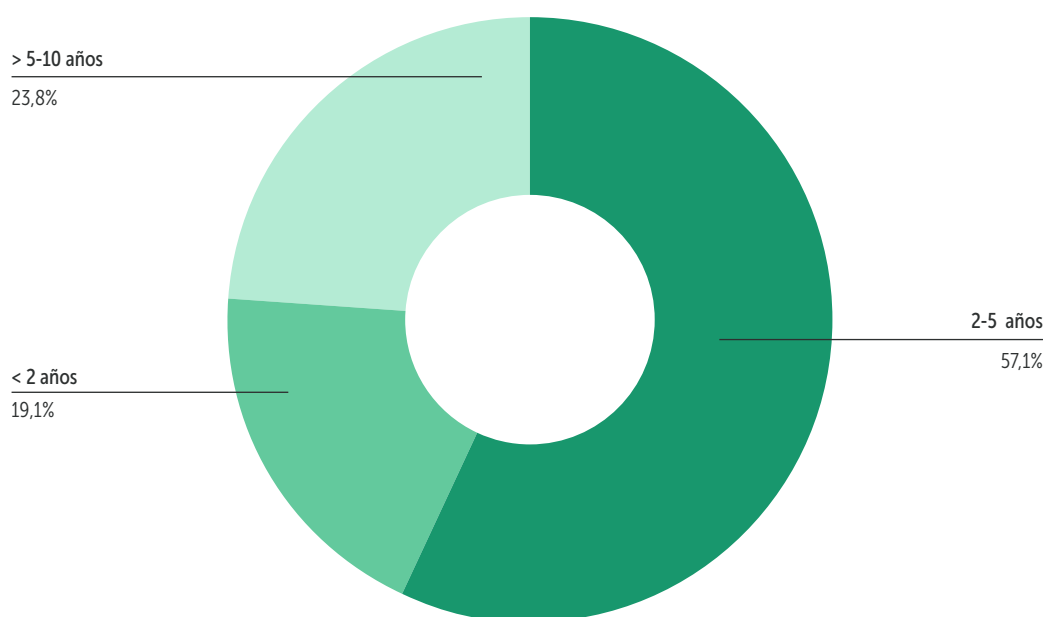


FIGURA 2.6

Configuraciones de la unidad de muestreo utilizadas en los inventarios forestales nacionales en América Latina y el Caribe

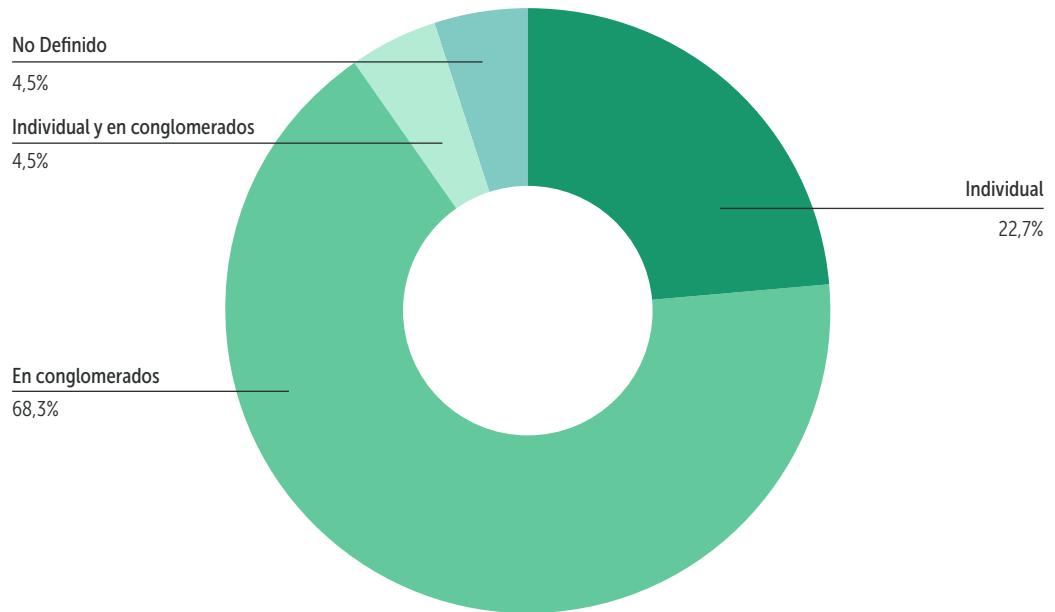
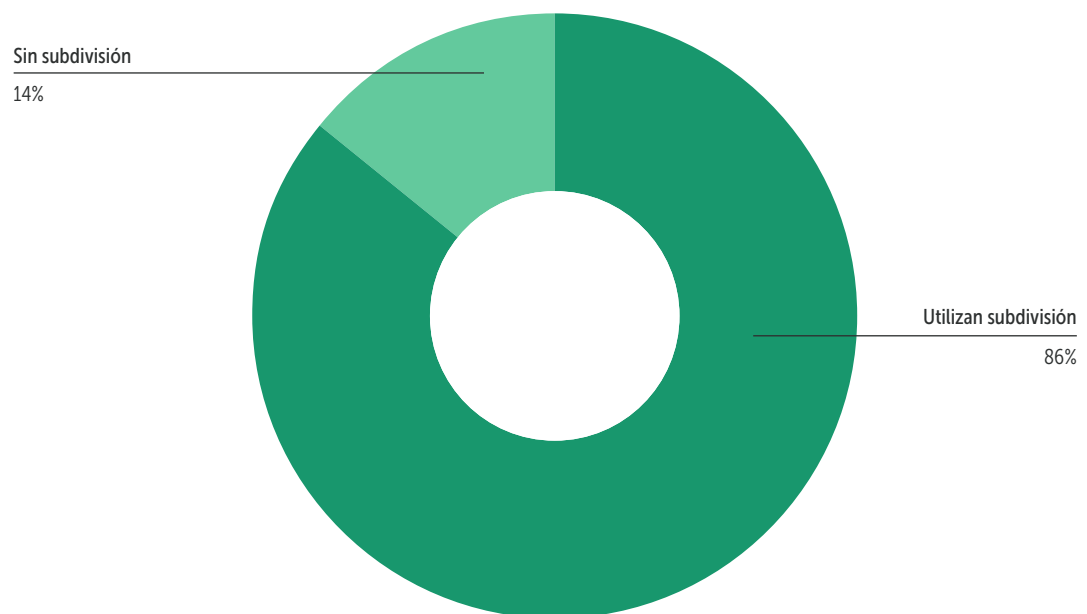


FIGURA 2.7

Uso de subdivisiones en las parcelas de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe



Dentro de los países que utilizan unidades de muestreo en conglomerado, existe disparidad en la elección del número de parcelas: el 54% de los países utilizan tres parcelas, mientras que el 40% utiliza cuatro parcelas. Colombia utiliza cinco parcelas, Bahamas utiliza dos parcelas, mientras que el Perú cuenta con dos tipos de unidades de muestreo dependiendo de la subpoblación; para subpoblaciones de selva alta, costa sierra y zona hidromórfica, utilizan diez parcelas y para la subpoblación de selva baja utilizan siete parcelas.

Existen diversos factores a tener en cuenta para decidir la forma de las unidades de muestreo. Algunos aspectos importantes son la estructura del bosque, las variables priorizadas para la medición, aspectos prácticos y técnicos, y reducir el efecto de borde o la practicidad de remediación de la información (Kleinn *et al.*, 2015). Por ejemplo, en los IFN de Honduras (ICF, 2020) y Guatemala (INAB y CONAP, 2020), se determinó pasar de unidades de muestreo rectangulares a circulares debido a la facilidad de remediación y la reducción del efecto borde. En las unidades de muestreo circulares se necesita un solo punto para la reubicación de los árboles, mientras que en las rectangulares se dificulta la reubicación de los árboles al necesitar al menos cuatro puntos de referencia para la correcta ubicación. Si bien es importante saber la forma y disposición de las unidades de muestreo en el marco de la armonización de IFN, los errores debidos a la forma de la unidad de muestreo puede ser un aspecto menor en relación a otras fuentes de error relacionados con el diseño. Los errores relacionados con las mediciones se pueden minimizar mediante una buena capacitación de las brigadas de campo y el control de calidad de la información recolectada.

La forma de la parcela que prevalece dentro de los países de ALC es la circular (50%), mientras que el 25% de los países utilizan parcelas rectangulares. Existen casos particulares como Belice y Ecuador que utilizan parcelas cuadradas, o como Perú y El Salvador que determinaron para sus IFN una combinación de parcelas circulares y rectangulares dependiendo del tipo de bosque. Por otro lado, dentro de los países que utilizan parcelas en conglomerado, cuatro países utilizan una configuración de subparcelas en "Y" invertida, dos países adoptan una configuración en cruz, mientras que Perú y Ecuador lo hacen en "L".

Otro factor importante al diseñar las unidades de muestreo es lograr una mayor eficiencia de muestreo. Muchos países han optado por utilizar

subdivisiones en las parcelas. Esta estrategia permite mejorar varios aspectos de los IFN como el tiempo empleado para la recolección de datos y obtener información más precisa de diferentes variables de interés con menores costos. El 86% de los países de ALC utilizan una subdivisión dentro de las parcelas (Figura 2.7).

2.3.4 INFORMACIÓN ADICIONAL RECOLECTADA EN LAS UNIDADES DE MUESTREO

Tradicionalmente, los IFN recolectan datos de variables dasométricas como especie, altura total, altura de fuste o comercial, diámetro a la altura del pecho y hábitos de los individuos leñosos. Sin embargo, el desarrollo de los IFN ha permitido incorporar nuevas variables descriptivas de los bosques, tales como madera muerta caída, carbono orgánico del suelo, cobertura de estratos vegetales, identificación y medición de otras formas de vida, entre otras. Las variables que se incluyen en los IFN responden a necesidades propias de cada país para tener una mejor caracterización de los bosques y su biodiversidad y a sus compromisos con reportes internacionales.

Actualmente, los IFN son multipropósito y en la misma visita a las unidades de muestreo diversas variables son medidas en simultáneo. En los últimos años, determinar la cantidad de carbono en los bosques ha cobrado relevancia debido a que es información importante en estrategias de mitigación de cambio climático. Existen variables importantes para armonizar en los IFN relacionadas a los compartimentos de carbono del suelo y en la madera muerta caída. En ALC, el 57% de los IFN toma muestras de suelo para poder determinar el contenido de carbono orgánico y sumar este reservorio a lo encontrado en la vegetación. Sólo México, Brasil y Panamá utilizan las muestras de suelo para obtener información adicional relacionada con nutrientes y otras características de los suelos.

En relación a brindar información en los IFN relacionada con la madera muerta caída, el 90% de los países incluye variables que permiten determinar la madera muerta en pie, troncos, ramas caídas y madera muerta fina. Para recolectar esta información, la mayoría de los IFN utiliza el método de muestreo en línea o transecto. Uruguay y Nicaragua no recogen esta variable.

Todos los países de ALC reportaron que durante el desarrollo de sus inventarios recolectan información relacionada a formas de vida vegetales diferentes a los individuos arbóreos, como por ejemplo vegetación arbustiva, herbáceas, bambú, palmeras, lianas y bejucos. Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos lo realizan de forma opcional, mientras que el resto lo realizan de forma regular. El 67% de los países registra variables como cantidad (número de plantas por hectárea) y el tamaño de las mismas, mientras que las Bahamas, El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Perú solo realizan un conteo para identificar la cantidad de individuos. Por otro lado, Argentina, Guatemala y Uruguay cuantifican cobertura de sotobosque y estrato herbáceo a partir de porcentajes de proyección horizontal de la copa de las formas de vida analizadas en sus IFN.

2.4 CONCLUSIONES

En el Cuadro 2.1 se presenta un resumen de los aspectos generales sobre los diseños de muestreo que podrían poner de manifiesto diferencias en informes generados a partir de los IFN.

En la región de América Latina y el Caribe, la mayoría de los países realiza su IFN con una visión tendiente al monitoreo a mediano o largo plazo. Sin embargo, hay países que han diseñado el IFN para medir y registrar datos una sola vez para un único ciclo específico (IFN temporal), lo que limita la armonización con el resto de los países.

En la región predominan los IFN con ciclos quinquenales (cinco años) y las unidades de muestreo suelen ser permanentes en lugar de temporales, permitiendo las comparaciones en los sucesivos ciclos. Además, la mayoría de países utiliza un diseño de muestreo sistemático empleando una malla de polígonos cuadrados o hexagonales. Solo algunos países seleccionaron la muestra de forma aleatoria dentro de cada polígono, resultando en un muestreo aleatorio distribuido de forma balanceada en el territorio. En la región de ALC existen en total 67 311 unidades de muestreo. Por lo tanto, es de esperar que la forma y estructura de las unidades muestrales sea diversa entre los diferentes IFN. Aunque algunos países todavía utilizan parcelas individuales, la inclinación ha sido el muestreo con parcelas configuradas en conglomerados. La teoría detrás de este diseño es que un grupo de parcelas capturan mejor la variabilidad dentro de todo el sitio

de muestreo, comparado con una sola parcela de área igual o mayor. Esta estrategia, generalmente, permite una reducción de tiempo y recursos en el proceso de recolección de datos en relación con la implementación de unidades de muestreo de gran tamaño (McRoberts *et al.*, 2013).

En los IFN de ALC existe un fuerte componente de datos de campo que a menudo requieren un mayor compromiso de recursos para lograr un muestreo suficiente (técnicos capacitados, vehículos, equipo e insumos, etc.), sobre todo en paisajes extensos, heterogéneos y con alta diversidad. Al mismo tiempo, la mayoría de los países aplican herramientas de teledetección en sus IFN. Esto brinda ciertas ventajas que incluyen la posibilidad de reducir costos, actualizar información con mayor frecuencia, obtener datos de cobertura forestal más completa sin problemas de inaccesibilidad o acceso negado, entre otros beneficios (McRoberts *et al.*, 2006). Por otra parte, en la región predomina que los IFN sean multiobjetivo. De esta forma, en la mayoría de los países, se recolecta información de diversas variables como la madera muerta o el carbono orgánico en el suelo, además de las clásicas variables dasométricas que caracterizan la estructura de los bosques.

Ante la diversidad encontrada entre los IFN de los países de ALC es clave una adecuada documentación de los procesos del IFN (FAO, 2020). Una documentación transparente y completa es de vital importancia para poder aclarar estas diferencias para los usuarios de los datos generados sobre la caracterización de los bosques.

© UN-REDD / Pablo Cambrero





© CONAFOR / México

CUADRO 2.1

Comparación de los diseños de muestreo de los inventarios forestales nacionales de América Latina y el Caribe

País	Área de país (1 000 ha)	Temporalidad del IFN	Diseño de muestreo	Ciclo de muestreo	Ubicación de parcelas	Tipo de parcelas	Forma de parcela	Cantidad parcelas por conglomerado	Tamaño de muestra
Argentina	273 669	Periódico	Sistemático	5 años	Permanentes	Individual	Circular	n/p	4 158
Bahamas	1 001	Periódico	Sistemático aleatorio	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular	2	114
Belice	2 280	Periódico	Varios diseños	5 años	Permanentes	Individual	Cuadrada	n/p	60
Brasil	845 651	Periódico	Sistemático	5 años	Permanentes	Conglomerado	Cuadrada en forma de cruz	4	17 587
Chile	74 880	Periódico	Sistemático	4 años	Permanentes	Conglomerado	Circular	3	1 109
Colombia	103 870	Periódico	Sistemático aleatorio	5 años	Permanentes y temporales	Conglomerado	Circulares en forma de cruz	5	1 479
Costa Rica	5 106	Periódico	Sistemático	4 años	Permanentes	Individual	Rectangular	n/p	441
Ecuador	27 684	Periódico	Sistemático estratificado	5 años	Temporales	Conglomerado	Cuadradas en forma de L	3	1 744
El Salvador	2 072	Temporal	Sistemático aleatorio	5 años	Temporales	Individual y conglomerados	Rectangular y circular en línea	5	319
Guayana Francesa, Martinica y Guadalupe	8 815 169 106	Periódico	No definido	No definido	Permanentes y temporales	No definido	No definido / se tiende a rectangulares	n/p	n/p

CONTINUA CUADRO 2.1

País	Área de país (1 000 ha)	Temporalidad del IFN	Diseño de muestreo	Ciclo de muestreo	Ubicación de parcelas	Tipo de parcelas	Forma de parcela	Cantidad parcelas por conglomerado	Tamaño de muestra
Guatemala	10 843	Periódico	Sistemático aleatorio	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en línea	3	715
Honduras	11 189	Periódico	Sistemático aleatorio	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en línea	3	635
Jamaica	1 083	Periódico	Sistemático	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en forma de Y invertida	4	428
México	190 869	Periódico	Sistemático estratificado	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en forma de Y invertida	4	26 220
Nicaragua	12 140	Periódico	Sistemático	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular Rectangular	4	371
Panamá	7 443	Periódico	Sistemático estratificado	5 años	Permanentes	Conglomerado	Rectangular	4	92
Perú	128 000	Periódico	Sistemático aleatorio	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en forma de L	7 y 10	7 293
Puerto Rico	887	Periódico	Sistemático	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en forma de Y invertida	4	581
República Dominicana	4 838	Temporal	Sistemático estratificado	10 años	Temporales	Individual	Rectangular	n/p	424
Suriname	15 600	No definido	Sistemático	No definido	No definido	Conglomerado	Rectangular	8	42
Uruguay	17 502	Temporal	Sistemático	5 años	Permanentes	Individual	Rectangular	n/p	2 916
Islas Vírgenes (Estados Unidos)	34	Periódico	Sistemático	5 años	Permanentes	Conglomerado	Circular en forma de Y invertida	4	116

Nota: n/p: no procede.

REFERENCIAS

- Coulston, J.W., Edgar, C.B., Westfall, J.A. y Taylor, M.E.** 2020. Estimation of forest disturbance from retrospective observations in a broad-scale inventory. *Forests*, 11(12): 1298. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/f11121298>).
- FAO.** 2017. *Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/i6767es>).
- FAO.** 2018. *Evaluación de los recursos forestales mundiales: Términos y definiciones FRA 2020*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/i8661ES/i8661es.pdf).
- Instituto de Conservación Forestal (ICF).** 2017. *Manual para la colecta de datos de campo para el Inventario Nacional Forestal de Honduras*. Tegucigalpa. (disponible en: http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/3_Manual_de_campo_ciclo_III_Inventario_Nacional_Forestal_de_Honduras.pdf).
- Instituto Nacional de Bosques (INAB) y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).** 2020. *Marco Metodológico del Inventario Forestal Nacional de Guatemala*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.portal.inab.gob.gt/images/inventario-forestal/Marco%20Metodologico%20IFN%202020.pdf).
- Kangas, A., Rätty, M., Korhonen, K., Vauhkonen, J. y Packalen T.** 2019. Catering information needs from global to local scales—Potential and challenges with National Forest Inventories. *Forest*, 10(9): 800. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/f10090800>).
- Kleinn, C., Bhandari, N. y Fehrmann, L.** 2015. Observations and measurements. En *Knowledge reference for national forests assessments*. Roma, FAO. (disponible en: www.fao.org/3/i4822e/i4822e.pdf).
- McRoberts, R.E., Holden, G.R., Nelson, M.D., Liknes, G.C. y Gormanson, D.D.** 2006. Using satellite imagery as ancillary data for increasing the precision of estimates for the Forest Inventory and Analysis program of the USDA Forest Service. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(12): 2968-2980. (disponible en: <https://doi.org/10.1139/x05-222>).
- McRoberts, R.E. y Walters, B.F.** 2012. Statistical inference for remote sensing-based estimates of net deforestation. *Remote Sensing of Environment*, 124: 394-401. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.05.011>).
- McRoberts, R.E., Tomppo, E.O., Vibrans, A.C. y De Freitas, J.V.** 2013. Design considerations for tropical forest inventories. *Pesquisa Florestal Brasileira*: 33(74): 190-202. (disponible en: <https://doi.org/10.4336/2013.pfb.33.74.430>).
- Ramírez C.** 2012. *Memoria: Taller sobre criterios para la metodología y diseño del Inventario Forestal Nacional*. Proyecto Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal Sostenible del Perú ante el Cambio Climático. Lima, FAO.
- Schreuder, H.T., Ernst, R. y Ramirez-Maldonado, H.** 2004. Statistical techniques for sampling and monitoring natural resources. General Technical Report RMRS-GTR-126. Fort Collins (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/6287).
- Vidal, C., Alberdi, I., Redmond, J., Vestman, M., Lanz, A. y Schadauer, K.** 2016a. The role of European National Forest Inventories for international forestry reporting. *Annals of Forest Science*, 73: 793-806. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0545-6>).



SIGUIENTE CAPÍTULO

Capítulo



PERSPECTIVAS FUTURAS DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Mariana Boscana, Dirección General Forestal, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Cerrito 318, CP 11000, Montevideo, Uruguay

Carlo Paredes Valiente, Instituto Nacional de Bosques, 7ª Avenida 6-80 Zona 13, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Humfredo Marcano Vega, Estación de Investigación del Sur, Inventario y Análisis Forestal, Jardín Botánico SUR, 1201 Ceiba, San Juan, Puerto Rico, 00926, Estados Unidos de América

Sergio Villela, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

Iciar Alberdi, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Centro de Investigación Forestal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. a Coruña km 7.5, 28040 Madrid, España

Joberto Veloso de Freitas, Universidad Federal de Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, Sector Sur, Bloco I, Manaus, AM, CEP 69080-900, Brasil

Carla Ramírez, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Sabana Sur, Instalaciones del Ministerio de Agricultura, Edificio del Servicio Fitosanitario del Estado, Primer piso, San José, Costa Rica

3.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo tiene como cometido sintetizar las perspectivas futuras sobre los IFN de América Latina y el Caribe (ALC): el monitoreo continuo de los bosques, el análisis de las principales similitudes metodológicas, las diferencias y los desafíos expuestos por los países de la región en torno al tema. Se considera de importancia conocer las tendencias y proyectos que tienen los responsables de los IFN para su desarrollo futuro, así como las acciones concretas que permitirán resolver los desafíos que enfrentan.

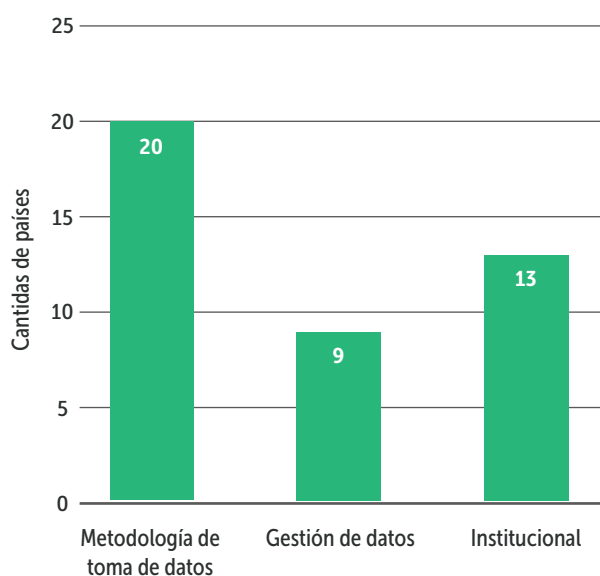
Los resultados y conclusiones mostrados en este capítulo se derivan tanto del análisis de las reflexiones del apartado “Perspectivas futuras” de los 21 capítulos nacionales de la Parte II de este libro, así como de un cuestionario específico elaborado para uniformizar los criterios de análisis que abarcan aspectos referentes a la toma de datos, la gestión de la información y los aspectos institucionales, participando del mismo 20 países.

El estado de situación, características y contextos de los inventarios forestales nacionales (IFN) en ALC son muy diversos e implica para su correcto análisis conocer los objetivos y metas en el corto y largo plazo de cada país que la integra. Tal y como se describe en los capítulos nacionales, hay países que aún no han culminado el primer ciclo de medición (es decir, con la completa instalación de unidades de muestreo), mientras que otros ya han comenzado el segundo o tercer ciclo para el monitoreo de sus bosques. Asimismo, existe una gran diversidad de variables muestreadas y formas de levantamiento de la información en campo que enriquecen el análisis. Dar continuidad al monitoreo de los bosques es una prioridad para la mayoría de los países de la región, y para ello, el financiamiento institucional o externo, así como la disponibilidad y permanencia de recursos humanos capacitados, son algunos de los desafíos que se presentan para cumplir con dicho objetivo.

Los IFN producen información relevante para la gestión, planificación y establecimiento de políticas forestales dirigidas a la conservación y/o manejo sostenible de los recursos; esto mediante la integración de las comunidades urbanas, rurales y de la sociedad en su conjunto. Por otro lado, los datos generados en los inventarios aportan información para la confección de estudios e informes nacionales e internacionales, entre otros aspectos destacados por los países incluidos en esta publicación.

FIGURA 3.1

Perspectivas de mejora a futuro de los inventarios forestales nacionales según cantidad de países y áreas de interés (n = 21)



Fuente: Elaboración propia.

3.2 PERSPECTIVAS FUTURAS EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Las perspectivas futuras para el desarrollo de los IFN en la región de ALC se derivan de las experiencias acumuladas respecto a la planificación, implementación, análisis de datos y reporte de dichos proyectos. Estos temas cobran importancia en la búsqueda de mejoras continuas con las cuales se fortalezcan las bases para la planificación del manejo sostenible de los ecosistemas forestales, según el contexto particular de cada país.

En este apartado, se analizan las perspectivas a futuro de los países de la región, organizadas en tres bloques: i) metodología de toma de datos, que incluye la incorporación de nuevas variables y tecnologías para el monitoreo; ii) gestión de la información, relacionada con su aplicación en diferentes reportes nacionales, regionales e internacionales; y iii) aspectos institucionales, referentes a recursos humanos y económicos para continuar el monitoreo.

Considerando los aspectos antes mencionados según los capítulos nacionales, el 95% de los países (20 países) expresaron necesidades relacionadas a cambios y mejoras en la parte metodológica

de la toma de datos en sus IFN. El 43% (9 países) hicieron referencia a la gestión de sus datos y el 62% (13 países) informaron sobre la necesidad de realizar mejoras relacionadas con la institucionalidad (Figura 3.1). Cabe mencionar que muy pocos países (entre los que se encuentran Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Perú y Uruguay) integraron en sus reflexiones en los capítulos nacionales las tres perspectivas. En la mayoría de los casos, se enfocó la discusión final en uno o dos de estos bloques, siendo la más señalada la metodología de toma de datos y la necesidad de su replanteo en el futuro.

3.2.1 METODOLOGÍAS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Las metodologías de recolección de datos en los IFN hacen referencia a las estrategias y procedimientos de implementación, desarrollo y consecución del diseño muestral planificado. Esto incluye aspectos relacionados a la toma de variables en campo, protocolos, coordinación de personal y manejo de tecnologías. Las metodologías para el levantamiento de la información son un factor en constante perfeccionamiento gracias al intercambio de experiencias, limitaciones encontradas, la búsqueda de mejoras y de soluciones en el proceso de planificación, desarrollo y análisis de datos.

Para entender de una mejor manera las perspectivas a futuro en las metodologías de recolección de datos se hace necesario dividir el análisis según dos horizontes de proyección temporales: i) corto plazo (de uno a cuatro años) y ii) mediano-largo plazo (más de cinco años).

Perspectivas a corto plazo

Para el horizonte temporal a corto plazo las perspectivas señaladas fueron las siguientes (Figura 3.2):

- 40% de las respuestas mencionaron finalizar la instalación de unidades de muestreo en campo e implementación de nuevos ciclos de IFN, experiencias a partir de las cuales surgirán nuevas ideas y necesidades en la fase de recolección de datos;
- 50% de las respuestas hicieron referencia a mejoras en el diseño de muestreo, donde se incluyen la intensificación del tamaño de las muestras;
- 10% de las respuestas mencionan mejoras en la toma de datos en campo y uso de nuevas tecnologías.

Perspectivas a mediano-largo plazo

En cuanto al mediano y largo plazo, las perspectivas mencionadas fueron las siguientes (Figura 3.2):

- evaluación de nuevos tipos de bosques y otras categorías de uso de la tierra (14%);
- evaluación de necesidades de información (48%);
- introducción de nuevas tecnologías en la toma de datos en campo y en teledetección (38%).

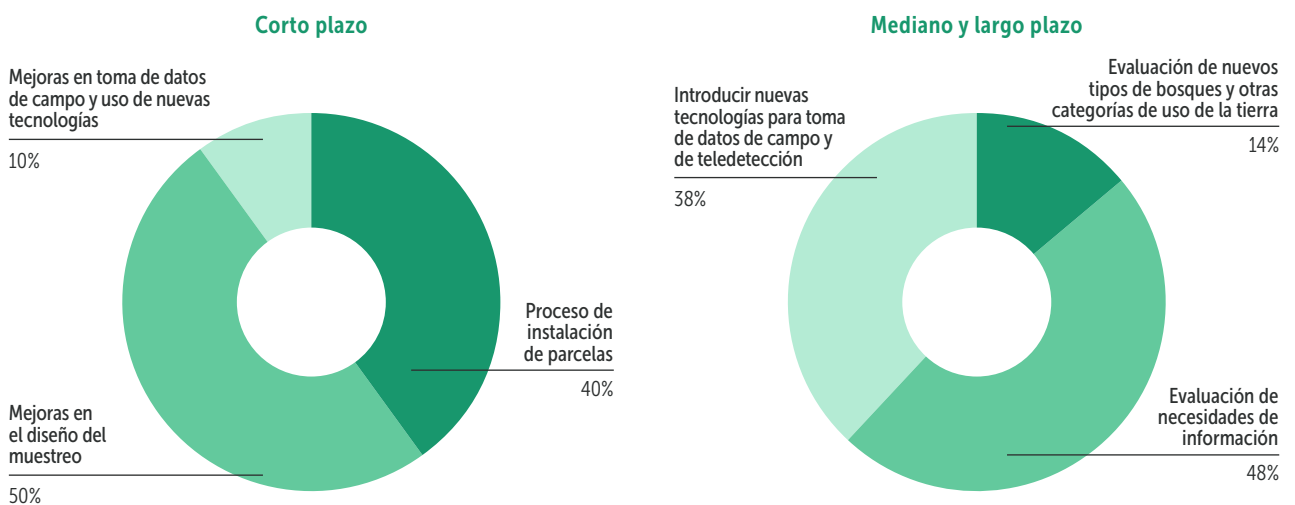
La evaluación de nuevos tipos de bosques y otras categorías de uso de la tierra se debe a la necesidad de estandarizar y definir las áreas que serán evaluadas al momento de desarrollar los inventarios forestales a escala nacional. La creciente diversificación de los usos de los recursos forestales es un aspecto prominente en la serie de directrices voluntarias que ofrece la FAO sobre el monitoreo forestal (FAO, 2017). Dicha situación resulta en la necesidad progresiva de incluir todas las tierras que tienen árboles y no exclusivamente aquellas que son definidas como bosque en los inventarios. Lo anterior cobra importancia al saber que existe un grupo de países que recopilan información específicamente en áreas de bosques, tales como Argentina, Chile, Ecuador, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, Puerto Rico y Uruguay. De este grupo, Ecuador, Islas Vírgenes de los Estados

Unidos, Puerto Rico y Uruguay incluyen los bosques plantados, pero Argentina y Chile, solo bosques nativos. Otro grupo de países plantea integrar a futuro información de los recursos forestales en todos los usos de la tierra, lo que implica medir "árboles fuera del bosque" (El Salvador, Guatemala, Islas Vírgenes de los Estados Unidos y Puerto Rico). Estas evaluaciones son necesarias para generar información más confiable sobre el estado de los distintos ecosistemas y recursos forestales que se encuentran a lo largo de la región.

La evaluación y análisis exhaustivo de las necesidades y requerimientos de información, así como de las variables a recopilar durante cada ciclo de medición, es parte de los elementos estratégicos para apoyar el diseño metodológico y la implementación de los IFN (FAO, 2017). En este sentido, la evaluación del desarrollo y la culminación de ciclos anteriores son fundamentales en las mejoras de implementación y evaluación para determinar si existen o no necesidades relacionadas a las variables recolectadas según las experiencias aprendidas en los ciclos anteriores. Esto debe ser desarrollado por múltiples actores involucrados en la planificación, desarrollo y análisis de la información, en donde también es necesario incluir los requerimientos de compromisos a nivel internacional, así como la valoración de la importancia y rol que cumplen las comunidades

FIGURA 3.2

Perspectivas a futuro para metodologías de recolección de datos según su proyección a corto y mediano-largo plazo (n = 21)



Fuente: Elaboración propia.

locales. En términos generales, se puede agrupar las necesidades de información en las siguientes categorías: i) aprovechamiento/manejo de productos de la madera; ii) biodiversidad y conservación (otras formas de vida y fauna silvestre); iii) asuntos socioeconómicos; iv) productos no maderables; v) emisiones de gases de efecto invernadero (deforestación, degradación); y vi) restauración de ecosistemas.

Por último, la introducción de nuevas tecnologías para mejorar los procedimientos de captura, registro y almacenamiento de datos ayuda a optimizar los esfuerzos humanos, económicos y de tiempo invertidos. La tecnología debe colaborar i) en generar información que proporcione una mejor calidad en las mediciones, por ejemplo, con el uso de tabletas, lidar terrestre o aéreo (medición y detección de objetos mediante láser) y drones; ii) mejorar la precisión de los datos al usar imágenes de satélite para estratificar de forma previa o posterior a las mediciones; o iii) para generar mapas combinando con imágenes de satélite para mostrar resultados o lidar aéreo para extrapolar variables como volumen y biomasa con base en modelos en zonas donde no es posible acceder y realizar las mediciones en el campo.

Mejoras en los diseños de inventarios forestales nacionales

En este apartado, en función de las respuestas del cuestionario, se presentan los principales resultados de mejoras en los diseños de IFN. Dentro de los aspectos a modificar en los IFN, si bien existe un grupo de países (35%) que mencionaron que no proyectan cambios en su diseño, la mayoría de países (65%) hizo referencia a algún cambio en el futuro respecto al diseño, intensificación, implementación e inclusión de otras categorías de uso del suelo al monitoreo.

Los aspectos más relevantes mencionados por los países que proyectan realizar cambios en los diseños de sus IFN en el futuro fueron los siguientes (Cuadro 3.1):

- Método para la implementación de los ciclos de medición, mediante la realización por paneles o campañas de submuestras en un período de tiempo (por ejemplo, anual) hasta completar el ciclo.
- Intensificación del muestreo (se refiere básicamente al aumento de las unidades de muestreo a instalar en campo).
- Cambios en el diseño de las unidades de muestreo (i.e. alteración del tipo de unidad de muestreo como la transición a un diseño en conglomerados y/o cambio en el tamaño de la misma).
- Incorporación de otras categorías de “otras tierras boscosas” según la definición de la Evaluación de recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) como parte del monitoreo futuro.
- Otros aspectos, los cuales incluyeron la incorporación en el muestreo de bosques urbanos y árboles fuera del bosque, la incorporación de “otras tierras” según la definición de FRA, el período de tiempo para completar todas las unidades de muestreo del IFN (ciclo) y ajustes al diseño de muestreo.



CUADRO 3.1

Perspectivas de mejoras metodológicas a implementar para el desarrollo de los inventarios forestales nacionales

Aspectos	Países	Número de países (n = 20)
Sin planes de cambio en el diseño del IFN a futuro	Argentina, Chile, Colombia, Costa Rica, Guayana Francesa, Honduras, México	7
Método de implementación del ciclo	Belice, Brasil, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Puerto Rico, Uruguay	7
Intensificación del muestreo	Belice, Brasil, Ecuador, Jamaica, Nicaragua, Perú, República Dominicana	7
Diseño de las unidades de muestreo	Jamaica, Nicaragua, Panamá, Perú, Uruguay	5
Incorporación de otras categorías de "otras tierras boscosas" (definición de FRA)	Belice, El Salvador, Jamaica, Panamá, República Dominicana	5
Incorporación de bosques urbanos	Brasil, Jamaica, Panamá, Puerto Rico	4
Ciclo (período de tiempo para completar todas las unidades de muestreo del IFN)	Brasil, Nicaragua, Perú	3
Incorporación de "otras tierras" (definición de FRA)	Belice, El Salvador, Panamá	3
Incluir árboles fuera del bosque	El Salvador, Jamaica, Puerto Rico	3
Diseño de muestreo	Ecuador, Jamaica	2
Mejora de la estratificación; implementación en toda la zona de bosque (en este caso se refiere a que únicamente se han muestreado los manglares con la metodología diseñada para IFN)	Suriname	1
Pasar de unidades de muestreo temporales a permanentes y ajustadas a la malla sistemática usada para determinar el uso del suelo	El Salvador	1

Notas: FRA: Evaluación de los recursos forestales mundiales; IFN: inventario forestal nacional.

Fuente: Elaboración propia.

Muestreo de nuevas variables

Dentro de las variables a incorporar en los IFN a futuro, 5 países de los 20 participantes mencionaron no estar planificando incorporar nuevas variables al mismo (Cuadro 3.2); esto puede ser porque muchas de las variables mencionadas en el cuestionario ya están siendo recopiladas por algunos de estos países o simplemente no cuentan con dicha información a priori. Dentro de las variables señaladas se destaca la medición del carbono orgánico del suelo, monitoreo de carbono en distintos reservorios de la biomasa forestal, y la evaluación de la vegetación arbustiva y herbácea como aspectos relevantes para el diagnóstico de los ecosistemas boscosos de la región a futuro. Los aspectos con menor mención considerados a incorporar fueron los aspectos sociales de los bosques, la evaluación de vegetación no leñosa

como palmas, bambú y/o helechos arbóreos, la descripción del perfil del suelo donde se desarrollan los bosques, el uso del suelo e historia del bosque, el estado fitosanitario y la regeneración natural.

Otro grupo de variables a incorporar que fueron mencionadas en una sola ocasión por algunos de los países se refieren a la evaluación de variables climáticas del ecosistema, la estructura fitosociológica del bosque (referente a estructuras de copa de los árboles, inclinación de los árboles y estrato de altura [dominante/codominante/suprimido]), taxonomía molecular de especies, calidad, salinidad y fauna referente a manglares, incorporación del diámetro de copa a las mediciones, y humedad de muestras de detritos (Cuadro 3.2).

CUADRO 3.2

VARIABLES A INCORPORAR EN EL DESARROLLO DE FUTUROS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

Variable	Países	Número de países (n = 20)
Carbono orgánico del suelo	Argentina, Chile, Honduras, Perú, Uruguay	5
Monitoreo de carbono	Argentina, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Uruguay	6
Vegetación arbustiva y herbácea	Argentina, Belice, Costa Rica, Puerto Rico, República Dominicana, Suriname	6
No se planifica incorporar nuevas variables	Ecuador, Guatemala, Guayana Francesa, México, Panamá	5
Aspectos sociales	Costa Rica, Puerto Rico, Suriname, Uruguay	4
Vegetación de palmas, bambú y/o helechos arbóreos	Costa Rica, Jamaica, Puerto Rico	3
Descripción del perfil del suelo	Belice, Jamaica	2
Uso e historia del bosque	Belice, Costa Rica	2
Estado fitosanitario	Costa Rica, Suriname	2
Regeneración natural	Belice, Costa Rica	2
Fauna	Costa Rica	1
Variables climáticas	Belice	1
Estructura fitosociológica del bosque	Costa Rica	1
Taxonomía molecular	Brasil	1
Calidad, salinidad y fauna de las aguas en los manglares	Suriname	1
Diámetro de copa	Colombia	1
Humedad de las muestras de detritos	Colombia	1

Fuente: Elaboración propia.

Por último, es importante tomar en cuenta que la información recolectada en las unidades de muestreo establecidas en campo es la base fundamental de la cual parte el análisis para generar información sobre el estado, dinámica y composición de los distintos tipos de bosques que se encuentran presentes en la región de ALC. La información dasométrica de los árboles se ve complementada en algunos casos con variables edafoclimáticas, sociales, económicas y de biodiversidad, entre otras; creando así un análisis desde una visión más integral. Las pautas recomendadas por organismos internacionales como la FAO (2017) destacan la creación y gestión de sistemas nacionales de monitoreo forestal con objetivos múltiples y según las circunstancias particulares (biofísicas, institucionales, económicas, entre otras) de cada país.

El fin último de los inventarios forestales es conocer el estado de nuestros recursos para que, a partir de este primer acercamiento, y por medio de la gestión y procesamiento de la información, se pueda orientar el manejo, aprovechamiento y conservación de los recursos y servicios que ofrecen los bosques.

3.2.2 GESTIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El desarrollo de una política sólida sobre el intercambio de los datos permitirá que los actores interesados en la información producida por los IFN puedan utilizarla oportunamente para la toma de decisiones (FAO, 2017). Los IFN son pilares fundamentales de los sistemas nacionales de monitoreo forestal porque producen datos de múltiples variables y pueden responder a muchas demandas de información nacional, regional e internacional.

En las últimas tres décadas, la demanda de información de los países se ha incrementado por los compromisos para el seguimiento de los indicadores de las políticas internacionales, tales como los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+), FRA, los criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible (C&I MFS), las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés), el Plan de Acción de la Unión Europea para combatir la tala ilegal a través de la aplicación de las leyes y gobernanza forestal (FLEGT, por sus siglas en inglés), la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT), y la Convención relativa a los humedales de importancia internacional (Convención de Ramsar), entre otras.

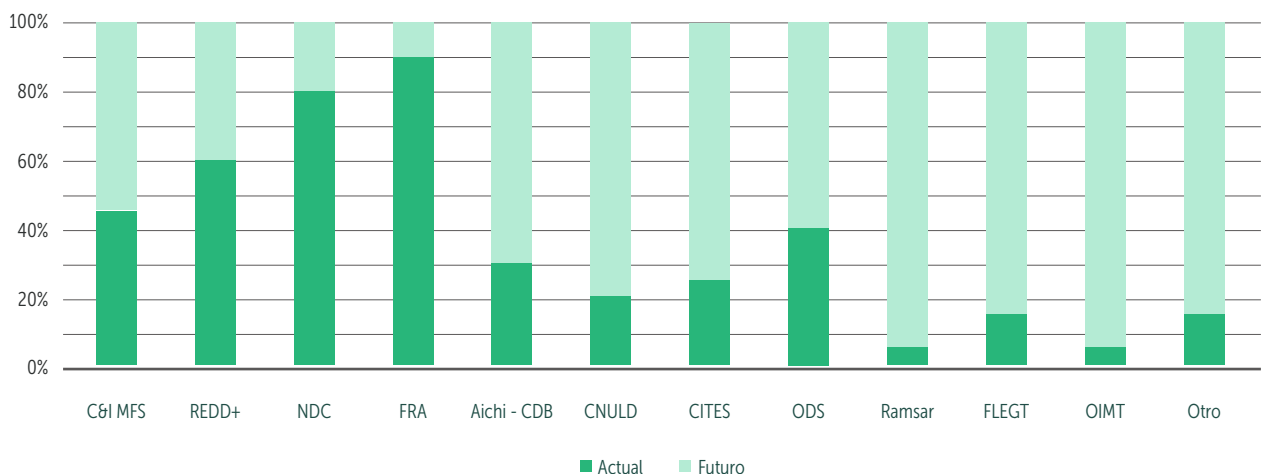
En la Figura 3.3, se muestra el uso de los IFN de 20 países de ALC para responder a compromisos internacionales tanto en la actualidad como en el futuro.

Se puede observar que 18 países utilizan los IFN para responder a FRA. Los dos países que no utilizan su información para satisfacer este requerimiento actualmente, se debe a que no han iniciado la recolección de datos de sus IFN. Para la NDC, 16 países utilizan datos de sus IFN; para REDD+, 12 países; para informes sobre C&I MFS, 9 países; para los ODS, 8 países; para las Metas de Aichi, 6 países; para FLEGT, 3 países; para Ramsar y OIMT, 1 país; y para otros, 3 países. Por otro lado, la mayoría de los participantes de la encuesta respondieron que el potencial de los IFN a futuro es para todos los requerimientos mencionados.

Adicionalmente, debido a la relevancia de la información derivada de los bosques que está directa o indirectamente relacionada con distintas políticas (cambio climático, energía, conservación de los recursos naturales, etc.), los países deben hacer grandes esfuerzos para responder adecuadamente a las crecientes demandas de información. Es por ello que la unificación de los cuestionarios o informes, de forma que satisfagan a diversos requerimientos, sería de gran ayuda. Un ejemplo de esto es el cuestionario conjunto del sector forestal (JFSQ, por sus siglas en inglés), producto de una iniciativa de la OIMT, la Comisión

FIGURA 3.3

Requerimientos internacionales donde se emplea o se podría emplear la información de inventarios forestales nacionales



Notas: Aichi - CDB: Metas de Aichi del Convenio sobre la Diversidad Biológica; C&I MFS: criterios e indicadores para el manejo forestal sostenible; CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; CNULD: Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; FLEGT: Plan de Acción de la Unión Europea para la aplicación de las leyes, gobernanza y comercio forestales; FRA: Evaluación de los recursos forestales mundiales; ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible; OIMT: Organización Internacional de Maderas Tropicales; NDC: Contribuciones determinadas a nivel nacional; Ramsar: Convención relativa a humedales de importancia internacional; REDD+: Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques.

Fuente: Elaboración propia.

Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE), la FAO y Eurostat para recopilar estadísticas sobre la situación mundial de la madera. Entre los principios de cooperación está el que los datos se soliciten una única vez a cada país, que la información se comparte entre las cuatro organizaciones y que cada organización utilice la información que recibe de acuerdo con su propio mandato (Wardle *et al.*, 2008).

Dada la gran cantidad de datos inventariados y de su relevancia, los IFN deben poner especial atención a la planificación de las herramientas y plataformas para almacenar y gestionar la información que se recolecta de forma segura. En este sentido, la FAO sugiere generar un modelo de gestión de los datos como parte de las *Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional* (FAO, 2017). Los sistemas de datos de los IFN pueden ser parte de las plataformas nacionales de información forestal y deben procurar una documentación clara y transparente. Adicionalmente, armonizar los datos producidos a nivel nacional y desarrollar estos sistemas de gestión de datos es fundamental para la producción de información forestal sólida (Vidal *et al.*, 2016).

Es importante para los países considerar las distintas opciones que existen para compartir los datos, de tal forma que más actores interesados puedan utilizarlos para la toma de decisiones. Dado que los IFN suelen abarcar un conjunto muy amplio de variables de campo, a menudo organizadas en diseños de muestreo que pueden ser complejos, el modelo de gestión de datos puede ampliar el uso de los mismos mediante la creación de protocolos para la extracción rápida de subconjuntos de datos que sean apropiados para diferentes usuarios, temas y extensiones.

Más información sobre este tema se presenta en el Capítulo 5, que es un llamado hacia datos transparentes y abiertos de los IFN.

3.2.3 PERSPECTIVAS A NIVEL INSTITUCIONAL

La institucionalización de los inventarios forestales en los distintos países son procesos necesarios para desarrollar una planificación y seguimiento continuo, mediante procesos que queden definidos con el objetivo de generar información del estado y dinámica de los bosques de forma continua. Definir metas y perspectivas institucionales son aspectos necesarios para lograr la permanencia de estos proyectos, los cuales generan información a escala nacional.

En los países de la región, existen diferentes situaciones en lo que refiere al número de ciclos de IFN realizados y los que se desarrollarán en el futuro; sin embargo, todos los países cuentan con experiencias que les permiten reflexionar sobre aspectos técnicos, administrativos y financieros. En este sentido, uno de los mayores desafíos es la institucionalización de los IFN, donde se cubran las necesidades relacionadas a la administración, ejecución y financiamiento de los proyectos por medio del apoyo de los gobiernos, a sabiendas que la generación de información es la base de la planificación para el uso sostenible de los bosques.

La institucionalización proporciona una base sólida para poder garantizar la continuidad de los IFN de una manera periódica o cíclica. Mediante esta se podrían generar enlaces con los cuales se obtenga el respaldo y apoyo de la academia, así como de otras organizaciones privadas, no gubernamentales, grupos sociales y cualquier otro grupo que se pueda sumar a este trabajo tan importante.

Contar con equipos técnicos permanentes y capacitados para tareas específicas en el monitoreo de bosques, así como un presupuesto institucional acorde a la actividad, son dos aspectos fundamentales que se destacan en la mayoría de los países. Asimismo, hay una necesidad de contar con políticas públicas a nivel estatal que apunten a garantizar el monitoreo de los bosques con presupuestos y demás recursos que garanticen el desarrollo eficiente de estos proyectos. En muchos países, la continuidad y frecuencia de los IFN estará determinada por la búsqueda de fuentes de financiamiento externas al presupuesto institucional, por lo que su continuidad puede verse comprometida en el mediano plazo.

Analizando las respuestas derivadas del formulario relacionadas a los planes de permanencia y continuidad de los IFN, la mayoría de los países participantes señalaron que es necesaria la movilización de recursos financieros nacionales e internacionales como del mecanismo de pago por resultados de REDD+, proyectos relacionados al cambio climático o de otras fuentes internacionales (como créditos y otras donaciones) que aseguren su continuidad en el tiempo. Además, se considera necesario la integración de otras iniciativas de monitoreo al IFN (tales como teledetección, parcelas permanentes de monitoreo de carbono, y evaluación de productos forestales no madereros), con la cual se deriva la generación de información actualizada (Cuadro 3.3).

CUADRO 3.3

Planes de permanencia y continuidad de los inventarios forestales nacionales por país

Planes	Países	Número de países (n = 20)
Movilización de recursos	Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Perú, República Dominicana, Suriname	13
Integración de otras iniciativas de monitoreo al IFN	Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Jamaica, México, Nicaragua, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Suriname	12
Mejora de los arreglos institucionales en el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal	Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, República Dominicana	9
Integración en los planes anuales institucionales	Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Jamaica, Nicaragua, Panamá	8
Aumento de recursos humanos institucionales	Belice, Brasil, Colombia, Guatemala, México, Suriname	6
Desarrollo de la legislación específica	Belice, Colombia, Jamaica, Panamá	4
Integración con la iniciativa de inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero	Brasil	1
Está asegurada la permanencia del IFN	Brasil, Chile, Honduras, Jamaica, Perú, Puerto Rico	6
Sin determinar en este momento la permanencia del IFN	Argentina, El Salvador, Guayana Francesa, República Dominicana, Suriname, Uruguay	6

Nota: IFN: inventario forestal nacional.

Fuente: Elaboración propia.

En el Cuadro 3.3 se puede observar cómo, en la gestión de los planes a mediano y largo plazo que aseguren la permanencia de los IFN, se señaló como necesario la mejora de los arreglos institucionales en el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de REDD+, la integración de los IFN en los planes anuales institucionales, y el aumento de recursos humanos institucionales para llevar adelante las actividades que implican los IFN. Un grupo acotado de países (Belice, Colombia, Jamaica y Panamá) señalaron que es necesario el desarrollo de un marco regulatorio y de una legislación específica que avale su continuidad. En un tercer grupo existen seis países que tienen asegurada la continuidad de sus IFN en el largo plazo, y otros seis señalaron no tener asegurada su continuidad. Por último, un único país mencionó como importante la integración con la iniciativa de inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero para su continuidad en el tiempo.

Por último, es importante mencionar que el abordar el tema de la institucionalización de los IFN es un proceso que requiere una planificación sólida y en constante mejora, con la cual se avale la necesidad e importancia de mantener este tipo de proyectos. La idea es generar un ambiente favorable, en donde el proceso desde la planificación, desarrollo y obtención de resultados se logre desarrollar de la manera más fluida y eficiente posible.

3.3 CONSIDERACIONES FINALES

El análisis de las perspectivas a futuro en la región, en lo que respecta a los IFN y al monitoreo de bosques no es una tarea sencilla. La homogeneización de las variables expuestas por cada uno de los países en este capítulo tuvo la necesidad del desarrollo de un cuestionario corto y sencillo que permitió contar con más fundamentos para la discusión, su agrupamiento y análisis.

De este análisis se deriva que en la mayoría de los países de la región existe un cambio de perspectiva de los IFN que implica una visión cada vez más sistémica del ecosistema bosque, incorporando nuevas variables al monitoreo. A ello se le suma la incorporación de nuevas tecnologías de gabinete y campo para optimizar los recursos humanos, económicos y de tiempo. Se observa por lo tanto una tendencia clara a IFN multiobjetivo y que integren diversas fuentes de información, lo que proporcionará una información cada vez más completa y robusta.

REFERENCIAS



FAO. 2017. *Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/i6767es>).

Vidal, C., Alberdi, I., Redmond, J., Vestman, M., Lanz, A. y Schadauer, K. 2016. The role of European National Forest Inventories for international forestry reporting. *Annals of Forest Science*, 73: 793-806. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0545-6>).

Wardle, P., Narayan, C., Requardt, A., Pesonen, E. y Schuck, A. 2008. *International Information on European Forest Sector. State – Challenges – Opportunities*. Discussion Paper 14. Joensuu (Finlandia), European Forest Institute. (disponible en: https://efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_dp14.pdf).



SIGUIENTE CAPÍTULO

Capítulo



DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

Thomas Brandeis, Servicio Forestal de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur, Inventario y Análisis Forestal, 4700 Old Kingston Pike, Knoxville, Tennessee, 37934, Estados Unidos de América

Joberto Veloso de Freitas, Universidad Federal de Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, Sector Sur, Bloco I, Manaus, AM, CEP 69080-900, Brasil

Rubi Angélica Cuenca Lara, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

Alexs Arana, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Dirección de Inventario y Valoración, Av. Javier Prado Oeste 2442, Urb. Orrorantia, Magdalena del Mar, Lima, Perú

Mariana Boscana, Dirección General Forestal, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Cerrito 318, CP 11000, Montevideo, Uruguay

Anibal Cuchietti, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Rafael Mayorga Saucedo, Unidad Técnica Especializada en Monitoreo, Reporte y Verificación, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

Humfredo Marcano Vega, Servicio Forestal de los Estados Unidos de América, Programa de Inventario y Análisis Forestal, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical, Jardín Botánico Sur, San Juan, Puerto Rico

Carlo Paredes Valiente, Instituto Nacional de Bosques, 7ª Avenida 6-80 Zona 13, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Carla Ramírez, Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Sabana Sur, Instalaciones del Ministerio de Agricultura, Edificio del Servicio Fitosanitario del Estado, Primer piso, San José, Costa Rica

Sergio Villela, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

Iciar Alberdi, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Centro de Investigación Forestal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. a Coruña km 7.5, 28040 Madrid, España

4.1 INTRODUCCIÓN

En la introducción (Capítulo 1), se ha puesto de manifiesto la relevancia de los inventarios forestales nacionales (IFN) para la toma de decisiones relacionadas con la gestión, planificación y política forestal. Es necesario que la ciencia y la política pública colaboren estrechamente, prestando atención al rol que desempeña el conocimiento (Siclarí Bravo, 2020).

En este capítulo se analizan los desafíos y oportunidades de los IFN en la región de América Latina y el Caribe (ALC), analizando aspectos relacionados con la influencia del grado de institucionalidad y de los diferentes diseños de muestreo, los desafíos para poder proporcionar estimaciones comparables en la escala internacional, y la necesidad de mejorar la transparencia y la transferencia de la información.

4.2 GRADO DE INSTITUCIONALIDAD, PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Tal y como se deriva de los resultados obtenidos del cuestionario elaborado sobre las perspectivas futuras de los IFN (Capítulo 3), uno de los aspectos más relevantes para lograr la continuidad de los IFN es avanzar en la institucionalidad, siendo este uno de los aspectos más relevantes en los que deben focalizarse los países de ALC. La institucionalidad implica la apropiación y responsabilidad por parte de la administración nacional por lo que incluye aspectos como la existencia de una legislación que proporcione a los IFN un marco legal sólido que, a su vez, le permita acceder a un presupuesto gubernamental garantizado a largo plazo; además, implica

una estructura de gobernanza con los roles claros de las entidades participantes, y personal capacitado de forma permanente con el apoyo técnico científico de los grupos de investigación y docencia (FAO, 2017, 2021). Durante las reuniones de trabajo con los países de la región de ALC, la sostenibilidad financiera de los IFN fue un desafío en común para la mayoría de los países; por lo tanto, se espera continuar el diálogo para buscar soluciones que ayuden a lograr recursos de financiamiento estables, principalmente desde los presupuestos nacionales, pero con apoyo de la cooperación internacional, mientras se consolidan la institucionalidad en cada uno de los países.

Por otra parte, los IFN requieren de una planificación detallada para lograr éxito y calidad en las mediciones. Debe iniciarse con el establecimiento de los arreglos institucionales para una buena coordinación. En América Latina y el Caribe, la mayoría de los IFN poseen liderazgo por parte de los servicios forestales en donde se han establecido oficinas permanentes. Esta condición es muy importante para lograr sostenibilidad a largo plazo. Los IFN implican la organización con gobiernos locales y oficinas descentralizadas, además de la movilización de personal a lo largo del territorio y la contratación de personal local para facilitar los permisos de acceso en cada una de las comunidades visitadas y para ayudar con la identificación de especies y recolección de los datos. Todos los participantes en las mediciones deben ser capacitados para internarse en el territorio y los bosques de forma segura y para realizar las mediciones con la mayor calidad. Las estrategias de implementación pueden variar de país en país según las fuentes de recursos de financiamiento y las capacidades instaladas. A lo largo de los capítulos nacionales de esta publicación, el lector podrá conocer las distintas estrategias de implementación de los IFN.

4.3 LA INFLUENCIA DE LAS DIFERENCIAS METODOLÓGICAS EN LA COMPARABILIDAD DE LOS DATOS

Los IFN son procesos nacionales, en principio independientes unos de otros, por lo que, en muchas ocasiones, los datos que se proporcionan internacionalmente por los diferentes países son difícilmente comparables (McRoberts, Tomppo y Næsset, 2010). Las experiencias previas de procesos

de armonización, estableciendo definiciones de referencia comunes, como es el caso de la red europea de IFN (ENFIN) y el grupo de trabajo de inventarios y monitoreo forestal de los países de América del Norte (COFAN), están sirviendo de base a la región de ALC, que busca tener datos comparables de manera confiable para la planificación y toma de decisiones a escala nacional, regional y global.

Los IFN de ALC tienen diseños y metodologías diferentes puesto que deben adaptarse a múltiples circunstancias (véase el Capítulo 2). Sin embargo, para lograr la comparabilidad, no es necesario establecer estándares de diseño de muestreo como tamaño de la malla de muestreo (distancia entre unidades de muestreo) o tamaño de las unidades de muestreo; si los IFN están diseñados de una manera estadísticamente robusta es posible comparar las estimaciones de los diferentes indicadores entre países (Vidal *et al.*, 2016a). Además, se debe tener especialmente en cuenta que lograr una normalización del diseño sería costoso económicamente y produciría una pérdida de información, puesto que, entre otros factores, no se podría analizar la evolución de los diferentes indicadores al no tener continuidad con los datos históricos (Tomppo *et al.*, 2010). Por lo tanto, para mejorar la comparabilidad, es clave contar con una documentación clara y establecer definiciones de referencia considerando todos los valores umbrales. Por ejemplo, para determinar el volumen, es necesario establecer la forma en que se medirá el diámetro del fuste de los árboles, los tamaños mínimos de los árboles para su inclusión en la muestra y los compartimentos del árbol que se incluirán (Gschwantner *et al.*, 2019).

Se analizan a continuación las condiciones del diseño que se deben considerar en el proceso de armonización en ALC.

4.3.1 LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES Y LA TELEDETECCIÓN

El monitoreo de los bosques puede estar basado en el muestreo de campo a través de los IFN, en teledetección, o en una combinación de ambos, siendo la combinación lo que proporciona una información más completa que optimiza los costes y mejora las estimaciones (Lister *et al.*, 2020; Kangas *et al.*, 2019).

Los IFN son la fuente de datos de campo más importantes de los países y por su relevancia requieren un mayor compromiso de recursos para lograr un muestreo suficiente, sobre todo en paisajes extensos, heterogéneos y con alta diversidad. Sin embargo, se debe considerar la necesidad de su existencia, puesto que, entre otras razones, los IFN proporcionan datos para poder generar los mapas derivados de la teledetección. Estos datos se generan desde el terreno y, actualmente, existen numerosas variables que no se pueden obtener de forma confiable a partir de datos obtenidos por teledetección, como, por ejemplo, el carbono en el suelo, la composición de las especies, la regeneración arbórea, etc. Por otra parte, el empleo de la teledetección ofrece ventajas que incluyen, además del coste, la posibilidad de actualizarse con mayor frecuencia y que la cobertura del país es completa, sin problemas de inaccesibilidad (aunque en este caso deben considerarse limitaciones de calidad de imagen, como en las áreas con la cobertura de nubes persistente).

En la integración de ambas fuentes de información, la teledetección supone un apoyo fundamental hoy en día para los IFN (McRoberts y Tomppo, 2007; Kangas *et al.*, 2018; Lister *et al.*, 2020). Además del uso de imágenes satelitales actualizadas y clasificadas basadas en definiciones nacionales para la producción de mapas y estimaciones de área (McRoberts y Tomppo, 2007), esta integración también es importante para generar información auxiliar para apoyar la planificación, estimación e inferencias (Kangas *et al.*, 2018). Finalmente, la integración de nuevas tecnologías en la recopilación de datos, como lidar (Henry *et al.*, 2015) y drones, también pueden contribuir a mejorar la eficiencia, cantidad y calidad de la información producida por los IFN (Breidenbach *et al.*, 2020).

Actualmente, en ALC, uno de los mayores desafíos es procurar una mejor integración en los sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF) de los IFN mediante teledetección. Como fue mencionado en el Capítulo 3, la mayoría de países indicaron la necesidad de integración con otras iniciativas de monitoreo. Esta falta de integración podría implicar la necesidad de mayores recursos para producir las estadísticas forestales del país y provocar inconsistencias en los datos.

4.3.2 LOS CICLOS DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

Es recomendable que en el futuro todos los países de la región de ALC realicen IFN periódicos o continuos que permitan la actualización de las estadísticas nacionales e internacionales. En los IFN de ALC, es especialmente limitante mantener los costos del monitoreo para cumplir con el período de cada ciclo (ver el Capítulo 2), por lo que es oportuna la discusión a nivel internacional para procurar un financiamiento continuo.

La anualización de los IFN, entendida como la división planeada del número total de unidades de muestreo previstas en el ciclo para una medición proporcional en cada año de trabajo, puede ser una alternativa para obtener datos anuales que puedan adaptarse a los diferentes períodos de los requerimientos de información forestal. La división se realiza en subconjuntos denominados paneles, que abarcan la superficie forestal nacional (McRoberts, 2008). Por otro lado, esta puede no ser una decisión sencilla para muchos países, ya que requiere estabilidad en la disponibilidad de recursos humanos y económicos, así como un incremento en los costes para la misma intensidad de muestreo. Algunos países ya han adoptado los paneles anuales, como los Estados Unidos de América (McRoberts, 2008), la República de Corea (Kim *et al.*, 2008), Francia (Vidal *et al.*, 2007), Costa Rica (Capítulo 12), Honduras (Capítulo 17) y el Perú (Capítulo 22). Por otro lado, debe considerarse que los inventarios anuales pueden captar parcialmente los eventos esporádicos (como tormentas, incendios forestales, etc.), aunque hay consideraciones especiales que deben tenerse en cuenta al interpretar esos datos y compararlos entre países que están usando sistemas de muestreo diferentes. Si las estimaciones de los atributos del bosque se promedian durante todo el ciclo basado en mediciones anuales, cada estimación promedio anual contendrá unas parcelas afectadas por el evento y alguna proporción de aquellas no afectadas (Patterson y Reams, 2005). Al final del ciclo, los datos reflejarán el impacto del evento, pero en diferentes momentos. Es decir, se disminuye el impacto del evento en el año que ocurre, pero, posteriormente, se alarga su efecto (Coulston *et al.*, 2020).

Con el objetivo de realizar una estimación de indicadores sencilla, se podría considerar un ciclo quinquenal de los IFN de ALC (como es el caso en la mayoría de los países de ALC) que estuviese vinculado a las fechas de presentación de informes a la Evaluación de los recursos forestales mundiales

(FRA) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) o los inventarios de gases de efecto invernadero (IGEI). No obstante, existen otras opciones cuando se cuenta con datos robustos de los IFN, como la modelización de los datos para proyectarlos al año del que se requiere la información (Kangas *et al.*, 2019). De hecho, tal y como indican Kangas *et al.* (2019), actualmente es necesario aplicar tanto la inferencia de los datos basados en el diseño de muestreo como en la modelización para poder satisfacer todas las necesidades de información a las distintas escalas temporales y espaciales, siendo relevante establecer y definir el sesgo y sus implicaciones en las estimaciones para todos los datos utilizados en la formulación de políticas, lo que supone un desafío de actualidad en la región.

4.3.3 DISEÑO DEL MUESTREO

El tamaño de la unidad de muestreo de campo es diverso en los IFN de ALC, considerando que se define de acuerdo con las características del bosque, las necesidades de información y los costos para la implementación. De manera general, se emplean unidades de muestreo mayores en zonas heterogéneas y en bosques abiertos (baja densidad) (McRoberts, Tomppo y Czaplewski, 1992). Asimismo, situaciones con diferencias entre tamaños y diseños entre países pueden encontrarse también en el mismo país. Este es el caso del Perú, que tiene dos tipos de unidades de muestreo: i) para subpoblaciones de selva alta, costa, sierra y zona hidromórfica utilizan conglomerados de 10 parcelas circulares, y ii) para la subpoblación de selva baja utilizan 7 parcelas rectangulares (ver el Capítulo 22).

Existe una clara tendencia en los últimos años hacia el uso de conglomerados en ALC (ver el Capítulo 2) para formar una unidad de muestreo con el objetivo de capturar mejor la variabilidad en el sitio de muestreo (comparado con una sola parcela de área igual o mayor). Este muestreo debe llevarse a cabo cuando el ahorro de tiempo y recursos en el proceso de medición en una unidad de muestreo con múltiples parcelas de determinado tamaño a una distancia definida supera los de una parcela grande (McRoberts, Tomppo y Czaplewski, 2015).

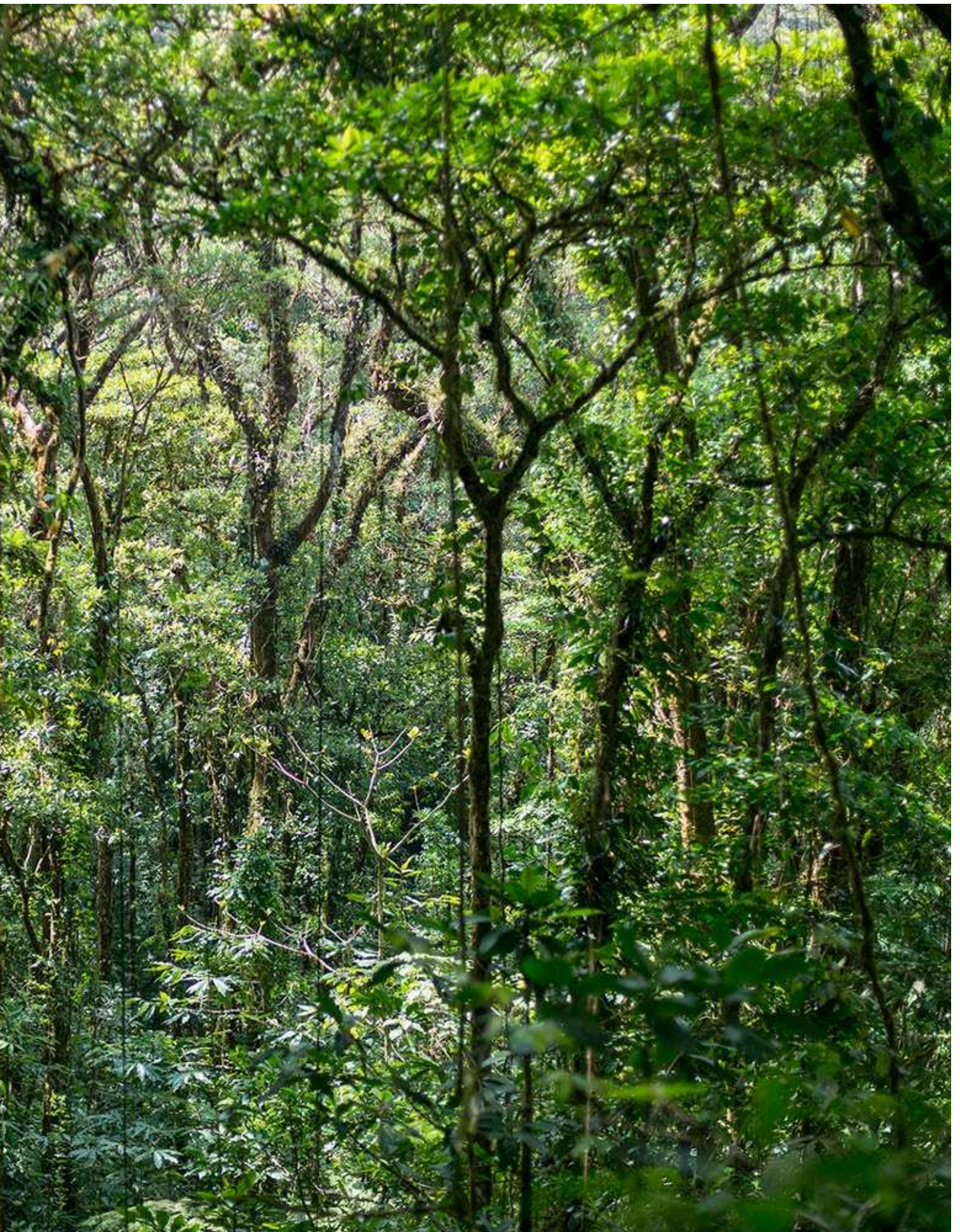
Independientemente del diseño de parcela elegido por un país para la implementación en su IFN, se debe pensar y planificar considerablemente un cambio en el diseño de un IFN al siguiente. Las ganancias que ofrece un nuevo diseño, ya sean eficiencias mejoradas, mayor exactitud y

precisión de la estimación, armonización con las normas internacionales, etc., deben evaluar las consecuencias contra la posible pérdida de la continuidad de datos para analizar las tendencias históricas; ya sea debido a la incompatibilidad inherente entre el antiguo y el nuevo diseño, o por una mayor incertidumbre sobre cuál es el verdadero cambio en el recurso y cuál es la variación introducida por el cambio en la metodología.

En cualquier caso, la existencia de distintos tamaños y diseños de unidades de muestreo no es un obstáculo para la armonización de las estimaciones, pero debe analizarse la influencia de esta variabilidad de los diseños en cada una de las diferentes variables.

© UN-REDD / Pablo Cambroner





4.4 DESAFÍOS PARA PROPORCIONAR DATOS ARMONIZADOS EN LA REGIÓN DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Existen desafíos para la armonización dentro y entre los países de la región de América Latina y el Caribe. A pesar de los adelantos significativos de los últimos años, existe la necesidad de mejorar la comunicación, cooperación y discusión técnica de manera regular. Como parte del proceso, se requiere una investigación colaborativa internacional dirigida a la armonización de los datos.

La estimación de la superficie de bosque en ALC se realiza en muchos casos basándose únicamente en datos obtenidos de la teledetección y, en otros casos, combinando ambas fuentes. Es especialmente reseñable que la cobertura mínima arbórea considerada para definir el bosque es variable entre los IFN. En la definición de bosque de la FAO, la cobertura del dosel de árboles debe ser del 10% (FAO, 2020), pero en varios países consideran valores superiores, generalmente en el rango de 25% a 30% (Capítulo 2). Esto hace que deba trabajarse especialmente para mejorar la comparabilidad de este dato tan relevante en esta región y en la combinación de las técnicas de teledetección e inventario forestal.

En los IFN, las variables dasométricas como altura y diámetro se miden en todos ellos (Capítulo 2), aunque existen diferencias en su definición y en la posterior estimación de indicadores relacionados (como volumen o biomasa). Las definiciones son diferentes debido a los umbrales considerados como diámetro o altura mínima para medir un árbol; en las estimaciones de volumen o biomasa, las ecuaciones consideradas pueden tomar en cuenta diferentes compartimentos del árbol (ramas, corteza, tocón, entre otros) (Gschwandtner *et al.*, 2019). Por ello, en este libro se analizan por primera vez las definiciones y umbrales empleados para tres variables claves: superficie, volumen y biomasa por encima del suelo.

Tres aspectos destacados por los expertos nacionales de los IFN de ALC que serían de gran interés para mejorar la comparabilidad de los datos son los siguientes:

- Desarrollar una clasificación de los tipos de bosque para ALC, basados en los términos y definiciones de FRA y siguiendo las experiencias de armonización de las

clasificaciones de uso y cobertura de la tierra de países como Guatemala (Saput *et al.*, en prensa) y Costa Rica (CENIGA, 2020).

- Emplear un mismo modelo de datos y nomenclatura de las especies vegetales en ALC, como, por ejemplo, Plinian Core (<https://github.com/tdwg/PlinianCore>).
- Generar una base de datos con ecuaciones alométricas recomendadas por especie o grupo taxonómico, que podría apoyarse en plataformas ya existentes como GlobAllomeTree de la FAO (www.globallometree.org/).

4.5 REQUERIMIENTOS CRECIENTES DE INFORMACIÓN Y POTENCIALIDAD DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

Las nuevas demandas de la sociedad y de la agenda internacional sobre bosques contribuyen a la incorporación de nuevas variables y evaluaciones más rigurosas en temas como, por ejemplo, la biodiversidad (incluyendo la toma de datos de material genético), los productos forestales no maderables, los suelos y el valor local de los bosques para las personas. Esta información está siendo recopilada por algunos países, aunque la inclusión de nuevas variables de campo debe ser cuidadosamente evaluada desde el punto de vista del consumo de tiempo (y, por lo tanto, económico) y de la capacitación de los técnicos para evitar errores de evaluación (Ringvall *et al.*, 2005).

La gran cantidad de variables medidas, unido a la credibilidad e idoneidad de la información producida (como un sistema de muestreo con base estadística, protocolos de campo definidos, equipos de campo capacitados y control de calidad), potencian importantes aplicaciones de los IFN como fuente de información para diversos informes nacionales e internacionales (Vidal *et al.*, 2016b). Por ejemplo, en el contexto internacional, los IFN son muy importantes para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero del sector forestal que se deben reportar en los Niveles de Referencia para el mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+) y el informe de progresos o resultados en las Comunicaciones Nacionales (CN), los Informes Bienales de Actualización

(BUR, por sus siglas en inglés) o los Informes Bienales de Transparencia (BTR, por sus siglas en inglés) (FAO, 2018, 2020), pudiendo ampliar su uso a otros posibles requerimientos relacionados, por ejemplo, con el monitoreo de la biodiversidad (Chirici *et al.*, 2012) o la restauración forestal (Ramírez y Morales, en prensa).

4.6 NECESIDAD DE MEJORAR LA TRANSFERENCIA DE LA INFORMACIÓN

Una correcta gestión de datos de los IFN es fundamental para establecer una ruta clara entre planificadores y tomadores de decisión de los países en la región. Los sistemas de entrada de datos, análisis y generación de informes, como Open Foris y Arena, son ejemplos que pueden ser seguidos por los países de ALC y un mayor desarrollo podría ayudar a los IFN emergentes. Una completa armonización de los indicadores de los IFN de ALC que permita su comparabilidad favorecería una toma de decisiones a escala regional.

Aunque las políticas de datos en los diferentes IFN son diversas, un aspecto fundamental para favorecer y maximizar el uso de los datos recopilados por los IFN es favorecer la transparencia de los datos forestales (ver el Capítulo 5).

Es también un aspecto crucial comunicar adecuadamente la amplia información forestal a la sociedad a través de bases de datos accesibles, informes completos y publicaciones dirigidas a los diferentes grupos involucrados (partes interesadas, gestores, responsables políticos, entre otros) (Alberdi *et al.*, 2017; FAO, 2017).



REFERENCIAS

- Alberdi, I., Vallejo, R., Álvarez-González, J.G., Condés, S., González-Ferreiro, E., Guerrero, S., Hernández, L., et al.** 2017. The multi-objective Spanish National Forest Inventory. *Forest Systems*, 26(2): e04s. (disponible en: <https://doi.org/10.5424/fs/2017262-10577>).
- Breidenbach, J., Granhus, A., Hysten, G., Eriksen, R. y Astrup, R.** 2020. A century of National Forest Inventory in Norway – informing past, present, and future decisions. *Forest Ecosystems*, 7: 46. (disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40663-020-00261-0>).
- Centro Nacional de Información Geoambiental de Costa Rica (CENIGA).** 2020. Descripción del sistema de clasificación de uso y cobertura de la tierra propuesto para el SIMOCUTE. *Revista Ambientico*, 273: 23-34. (disponible en: www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/taianacan-items/5/30621/273_23-34.pdf).
- Chirici, G., McRoberts, R.E., Winter, S., Bertini, R., Brändli, U.B., Alberdi Asencio, I., Bastrup-Birk, A., Rondeux, J., Barsoum, N. y Marchetti, M.** 2012. National Forest Inventory contributions to forest biodiversity monitoring. *Forest Science*, 58(3): 257-268. (disponible en: <https://doi.org/10.5849/forsci.12-003>).
- Coulston, J.W., Edgar, C.B., Westfall, J.A. y Taylor, M.E.** 2020. Estimation of forest disturbance from retrospective observations in a broad-scale inventory. *Forests*, 11(12): 1298. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/f11121298>).
- FAO.** 2017. *Directrices voluntarias sobre monitoreo nacional forestal*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/i6767es>).
- FAO.** 2018. *Fortalecimiento de los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques para REDD+*. Documento de trabajo sobre monitoreo y evaluación de los recursos forestales nacionales N.º 47. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ca0525es/CA0525ES.pdf).
- FAO.** 2020. Bosques y transparencia en virtud del Acuerdo de París (curso en línea). Lección 2. Roma. (disponible en: <https://elearning.fao.org/course/view.php?id=610>). Acceso: 28 de julio de 2021.
- FAO.** 2021. *Institutionalisation of forest data. Establishing legal frameworks for sustainable forest monitoring in REDD+ countries*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb3525en>).
- Gschwantner, T., Alberdi, I., Balázs, A., Bauwens, S., Bender, S., Borota, D., Bosela, M. et al.** 2019. Harmonisation of stem volume estimates in European National Forest Inventories. *Annals of Forest Science*, 76: 24. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-019-0800-8>).
- Henry, M., Réjou-Méchain, M., Jara, M.C., Wayson, C., Piotto, D., Westfall, J., Fuentes, J.M.M., et al.** 2015. An overview of existing and promising technologies for national forest monitoring. *Annals of Forest Science*, 72(6), 779-788. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0463-z>).
- Kangas, A., Rätty, M., Korhonen, K., Vauhkonen, J. y Packalen T.** 2019. Catering information needs from global to local scales—Potential and challenges with National Forest Inventories. *Forest*, 10(9): 800. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/f10090800>).
- Kangas, A., Astrup, R., Breidenbach, J., Fridman, J., Korhonen, K.T., Maltamo, M., Nilsson, M., et al.** 2018. Remote sensing and forest inventories in Nordic countries – roadmap for the future. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 33(4): 397-412. (disponible en: <https://doi.org/10.1080/02827581.2017.1416666>).
- Kim, D.H., Nor, D.K., Jeong, J.H., Kim, S.H. y Chung, D.J.** 2008. Forest resources of the Korea based on National Forest Inventory data. *Journal of Forest Science*, 24(3), 159-164. (disponible en: <http://pdf.medrang.co.kr/jfs/2008/024/jfs024-03-07.pdf>).
- Lister, A.J., Andersen, H., Frescino, T., Gatzliolis, D., Healey, S., Heath, L.S. y Liknes G.C.** 2020. Use of remote sensing data to improve the efficiency of National Forest Inventories: A case study from the United States National Forest Inventory. *Forests*, 11(12): 1364. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/f11121364>).
- McRoberts, R.E.** 2008. The National Forest Inventory of the United States of America. *Journal of Forest Science*, 24(3): 127-135. (disponible en: www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2008/nrs_2008_mcroberts_001.pdf).
- McRoberts, R.E. y Tomppo, E.O.** 2007. Remote sensing support for national forest inventories. *Remote Sensing of Environment*, 110(4): 412-419. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.09.034>).
- McRoberts, R.E., Tomppo, E.O. y Czaplewski, R.L.** 1992. Diseños de muestreo de las evaluaciones forestales nacionales. En *Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales*. Roma, FAO.

- McRoberts, R.E., Tomppo, E.O. y Czuplewski, R.L.** 2015. Sampling designs for national forest assessments. En *Knowledge reference for national forest assessments*, pp. 23-40. Rome, FAO. (disponible en: www.fao.org/forestry/44859-02cf95ef26dfdc86c6be2720f8b938a8.pdf).
- McRoberts, R.E., Tomppo, E.O. y Næsset, E.** 2010. Advances and emerging issues in national forest inventories. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4): 368-381. (disponible en: <https://doi.org/10.1080/02827581.2010.496739>).
- Patterson, P.L. y Reams, G.A.** 2005. Combining panels for forest inventory and analysis estimation. En W.A. Bechtold y P.L. Patterson, coords. *The enhanced forest inventory and analysis program – national sampling design and estimation procedures. General Technical Report SRS-80*, pp. 69-74. Asheville (Estados Unidos), United States Department of Agriculture, Forest Service. (disponible en: www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/20380).
- Ramírez C. y Morales D.** En prensa. Integración de la restauración de bosques y paisajes a los Sistemas Nacionales de Monitoreo Forestal. Roma, FAO.
- Ringvall, A., Petersson, H., Ståhl, G. y Lämås, T.** 2005. Surveyor consistency in presence/absence sampling in monitoring vegetation in a boreal forest. *Forest Ecology and Management*, 212(1-3): 109-117. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.03.002>).
- Saput, C., Armas, U., López, J., y Ramírez, C.** En prensa. Refinamiento de las clases de cobertura vegetal y uso de la tierra de Guatemala. Proyecto Readiness del Fondo Verde del Clima. Ciudad de Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Siclari Bravo, P.G.** 2020. *Amenazas de cambio climático, métricas de mitigación y adaptación en ciudades de América Latina y el Caribe. Documentos de Proyectos (LC/TS.2020/185)*. Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46575/1/S2000867_es.pdf).
- Tomppo, E., Schadauer, K., McRoberts, R.E., Gschwantner, T., Gabler, K. y Ståhl, G.** 2010. Introduction. En E. Tomppo, T. Gschwantner, M. Lawrence y R.E. McRoberts, coords. *National Forest Inventories: Pathways for common reporting*, pp. 1-18. Londres, Springer.
- Vidal, C., Alberdi, I., Redmond, J., Vestman, M., Lanz, A. y Schadauer, K.** 2016a. The role of European National Forest Inventories for international forestry reporting. *Annals of Forest Science*, 73: 793-806. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13595-016-0545-6>).
- Vidal, C., Alberdi, I., Hernández, L. y Redmond, J.J., coords.** 2016b. *National Forest Inventories: Assessment of wood availability and use*. Cham (Suiza), Springer International Publishing.
- Vidal, C., Bélouard, T., Hervé, J.C., Robert, N. y Wolsack, J.** 2007. A new flexible forest inventory in France. En R.E. McRoberts, G.A. Reams, P.C. Van Deusen y W.H. McWilliams, coords. *Proceedings of the seventh annual forest inventory and analysis symposium. General Technical Report WO-77*, pp. 67-73. Washington, DC, United States Department of Agriculture, Forest Service. (disponible en: www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/14907).

Capítulo



HACIA DATOS TRANSPARENTES Y ABIERTOS EN LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

Rocío Cándor-Golec, División Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

Javier G. P. Gamarra, División Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

Julian Fox, División Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

Anssi Pekkarinen, División Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

Rebecca Tavani, División Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia

5.1 INTRODUCCIÓN

Los datos abiertos sobre los bosques son fundamentales para el monitoreo de los recursos naturales, la programación y las intervenciones políticas adecuadas, la evaluación de sus impactos, así como el avance de la ciencia a través de la investigación novedosa. También es fundamental para el seguimiento de los avances en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 y los compromisos del Acuerdo de París. De hecho, la transparencia es uno de los conceptos clave del Acuerdo de París y un requisito previo para acceder a los pagos basados en el rendimiento en el contexto de la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+) y otros sistemas de pagos basados en resultados.

Una mayor transparencia en los datos relacionados con los bosques es también un catalizador para lograr mayores niveles de ambición en cuanto al papel de los bosques en la producción sostenible de bienes y servicios forestales (CDP, 2014), la adaptación y mitigación del cambio climático (Liang y Gamarra, 2020) y la conservación de la biodiversidad (Kormos *et al.*, 2017).

Si bien más de 50 países ya han demostrado con éxito la transparencia de los datos y la presentación de informes en el contexto de la notificación de los niveles de referencia de emisiones forestales a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (FAO, 2020; Yanai *et al.*, 2020), es preciso seguir intensificando los esfuerzos en favor de la transparencia de los datos forestales. La recopilación, el análisis y la difusión de datos sólidos y transparentes son fundamentales para la elaboración de informes internacionales, incluidos los foros sobre el cambio climático, la biodiversidad y los bosques.

En la última década, el marco de REDD+ ha contribuido a impulsar el desarrollo de los inventarios forestales nacionales (IFN), lo que ha llevado a una mayor transparencia en los sistemas nacionales de monitoreo forestal (SNMF). Dejando de lado los enfoques anteriores de presentación de informes respecto de las estimaciones basados en la opinión de expertos, cada vez más países han incentivado los enfoques científicos en la planificación, la implementación y el análisis de los IFN (Romijn *et al.*, 2012; Kleinn, 2017). América Latina ha dado pasos positivos en esta dirección, demostrando que los datos transparentes ayudan a la gobernanza y a la toma de decisiones. En la actualidad, los usuarios de datos forestales necesitan información mucho más detallada —metadatos— sobre los datos a los que acceden, así como información más local y menos incierta (Romijn *et al.*, 2018). Las iniciativas regionales que tienen

como objetivo compartir los diseños, procesos y mecanismos institucionales de los IFN ayudarán a unificar los enfoques para las necesidades globales de información. La reciente iniciativa de cooperación Sur-Sur de América Latina y el Caribe está allanando el camino hacia un enfoque regional armonizado de políticas abiertas en materia de datos forestales y gobernanza. En las siguientes secciones se explicarán los esfuerzos que se están llevando a cabo para lograr datos forestales transparentes y abiertos.

5.2 PRINCIPIOS DE LOS DATOS FORESTALES TRANSPARENTES Y ABIERTOS

Las recientes *Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional* (DVMFN) proporcionan principios, elementos y mejores prácticas para el establecimiento y la implementación de un SNMF (FAO, 2017). Un SNMF sólido se basa en un IFN o en la combinación de un IFN y un Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre, y proporciona información sobre la extensión, la distribución, la composición y el estado de los bosques y las tierras boscosas, así como los cambios que tienen lugar en estas áreas a través del tiempo. Dos principios de las DVMFN que brindan orientación sobre la transparencia y los datos abiertos en el sector forestal son “Credibilidad a través de la transparencia y la calidad” y “Una política de intercambio de datos e información bien definida”.

Credibilidad a través de la transparencia y la calidad

Los resultados de cualquier SNMF deben ser científicamente defendibles; por lo tanto, cada paso metodológico y organizativo debe estar documentado y justificado de forma transparente. Los productos de información generados por el SNMF deben permitir a cualquier usuario entender los procesos de diseño, recopilación y análisis de datos de modo de comprender la calidad y credibilidad de los resultados reportados. Lograr este principio concreto dependerá de la capacidad a largo plazo de las organizaciones responsables de institucionalizar el proceso del SNMF y de documentar, almacenar y difundir los datos, metadatos e información relacionados.

Una política de intercambio de datos e información bien definida

Los datos, metadatos e información producidos por el SNMF son de interés para muchas partes interesadas. Para fundamentar la formulación de políticas y la toma de decisiones, así como para promover la ciencia, se deben difundir lo más ampliamente posible con distintos niveles de detalle. Por ello, es necesario establecer una política clara de intercambio de datos a la que puedan remitirse los usuarios nacionales e internacionales. La implementación de una política de intercambio de datos a largo plazo también significa que hay que garantizar el almacenamiento y la gestión de los datos a largo plazo.

5.3 TIPOS DE DATOS

Los datos relacionados con los bosques se clasifican en dos tipos: datos basados en el muestreo y datos censales.

- Los **datos basados en el muestreo** se recopilan mediante la selección aleatoria de individuos o unidades en una muestra a partir de enumerar todos los elementos de una población (por ejemplo, todas las zonas con presencia arbórea de un país determinado). Estos datos pueden ser:
 - ◊ Datos forestales *in situ*: datos recopilados mediante mediciones directas en el lugar donde existe la población (Liang y Gamarra, 2020). Dentro de esta categoría, la práctica de presentación de informes muestra el nivel de agregación de los datos —la escala espacial o categórica a la que se resumen los datos:





© Jorge Armiños

- datos de árbol o individuales: datos que suelen definirse como “microdatos”; proporcionan información sobre entidades individuales como árboles, hogares, empresas comerciales, instalaciones o fincas;
 - datos de parcela: datos de nivel superior adquiridos mediante la agregación de microdatos (por ejemplo, mediciones individuales a nivel de árbol) a nivel de la unidad básica de diseño y análisis del muestreo: la parcela;
 - datos de dominios: datos agregados utilizados en informes que describen estimaciones totales o promedio por determinadas categorías o dominios (por ejemplo, tipo de bosque, unidad administrativa, clase diamétrica).
- ◇ Datos forestales *ex situ*: datos recopilados sin una visita física al lugar de muestreo. Estos datos se recolectan mediante el análisis de
- datos geoespaciales (datos de teledetección recopilados mediante muestreo).
 - **Datos de cobertura total o censales:** los datos censales (compilaciones de datos de todos los elementos de una población) recopilan datos sobre las poblaciones humanas para describir las condiciones sociales, económicas y demográficas. En el sector forestal, solo se recopilan con fines muy específicos (por ejemplo, censos de árboles urbanos). En términos más generales, los datos geoespaciales continuos (mapas) que combinan información de ubicación, información de atributos (las características del objeto, evento o fenómeno en cuestión) y, a menudo, información temporal (el tiempo o el período de vida en el que existen la ubicación y los atributos) están muy extendidos y disponibles abiertamente a través de muchas plataformas (Stock y Guesgen, 2016).

5.4 UNA LLAMADA A COMPARTIR LOS DATOS FORESTALES

Para cumplir con los principios de acceso abierto, los datos deben estar disponibles para todos los usuarios y no estar obstaculizados por ninguna barrera financiera, organizativa, legal o técnica (Consejo de Investigación de Lituania, 2016). En la actualidad, las formas más habituales de difundir los datos abiertos son los repositorios en línea y las descargas en medios de almacenamiento digital.

Un principio fundamental de los repositorios en línea es la preparación de metadatos siguiendo los estándares acordados internacionalmente. Los metadatos son la documentación que transforma los datos de un conjunto de números y caracteres en información (Lin *et al.*, 2008). Describe conceptos como la escala, el alcance, las unidades de medida, los códigos utilizados, el diseño de la encuesta, los procedimientos de control de calidad y los objetivos iniciales del estudio (Pelkki y Arthaud, 2000). En su forma más sencilla, los metadatos deben tener como objetivo establecer un conjunto común de preguntas que guíen al usuario de los datos a reproducir los resultados de los informes siguiendo los principios rectores de FAIR (encontrable, accesible, interoperable, reutilizable) (Wilkinson *et al.*, 2016). En la actualidad, se carece de un estándar de metadatos para los repositorios relacionados con los bosques, aunque se han realizado esfuerzos internacionales para la estandarización de los datos (Köhl, Traub y Päivinen, 2000) y la armonización metodológica para la presentación de informes (Winter *et al.*, 2008; Tomppo y Schadauer, 2012).

Un estándar relacionado establecido es el Lenguaje de Metadatos Ecológicos (EML, por sus siglas en inglés) (Fegraus *et al.*, 2005). Contiene características de las que carecen otros protocolos de metadatos más generales, como información básica específica sobre límites geográficos o información taxonómica. Sin embargo, los metadatos sobre silvicultura y recursos naturales suelen contener información sobre estudios socioeconómicos, que son estudios que no están totalmente cubiertos por el EML. Por lo tanto, se puede adoptar un enfoque más inclusivo mediante otros protocolos de metadatos centrados en la información de estudios que abordan una amplia variedad de poblaciones (ya sean animales, vegetales o humanas). El Banco Mundial adoptó la Iniciativa de Documentación de Datos (IDD) con ese

fin (Ryssevick, 2001). Inicialmente, se diseñó para cubrir los datos de las ciencias sociales (Vardigan *et al.*, 2008); sin embargo, es lo suficientemente exhaustiva como para cubrir la mayor parte de la información que suelen contener los IFN, y también fue adoptada por el Catálogo de microdatos para la alimentación y la agricultura (FAM, por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

En definitiva, cualquier acuerdo sobre estándares de metadatos debe centrar la atención en los usuarios finales de los datos y mantenerse fiel a los principios de los datos abiertos, respetando a la vez las circunstancias nacionales de los países y sus obligaciones en materia de privacidad, que en el caso de los datos relacionados con los bosques van más allá de las que suelen utilizar las organizaciones estadísticas nacionales o internacionales. Algunos ejemplos incluyen la información taxonómica sensible, como las especies con estatus de protección en virtud de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, por sus siglas en inglés) y sus ubicaciones geográficas específicas. Si bien los objetivos académicos deberían aspirar a abrir todos los datos en la medida de lo posible, los acuerdos internacionales deberían respetar las limitaciones de cada país. Se debe considerar la posibilidad de un compromiso para la divulgación de datos mediante un debate honesto entre todas las partes interesadas.

La información relacionada con los bosques sigue estando dispersa en muchas plataformas. Además, las cuestiones relacionadas con la confidencialidad de los datos contribuyen en gran medida a la desconfianza inicial respecto al intercambio de datos (Gewin, 2016). Una encuesta encargada por el European Open Science Monitor y realizada por el consorcio Elsevier-Universidad de Leiden ha demostrado que los usuarios potenciales están muy dispuestos a responder positivamente a las ofertas de intercambio de datos por parte de otros. No obstante, se muestran reacios a compartir sus propios datos (Wouters y Haak, 2017), lo que plantea una vez más la paradoja de un compromiso de decisión entre el riesgo y la utilidad de los datos que puede obligar a los usuarios y a los proveedores de datos a entrar en un juego de tragedia de los comunes (Houtkoop *et al.*, 2018).

Debido a esto, algunas plataformas de microdatos existentes, como la Global Forest Biodiversity Initiative (<https://gfbinitiative.net/>) (Liang *et al.*,

2016), recopilan y comparten datos de campo globales para la investigación académica y requieren estándares estrictos sobre la confidencialidad y las condiciones de acceso de los usuarios. Sin embargo, cada vez hay más indicios de que la comunidad forestal se muestra más positiva a la hora de divulgar sus datos de forma abierta y con un mayor nivel de detalle del que se hacía anteriormente (véase, por ejemplo, Borghetti y Chirici, 2016; Stanke *et al.*, 2020). Esta tendencia también fue confirmada por una encuesta reciente realizada por la FAO entre los corresponsales nacionales de la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) (FAO, 2019). Los resultados indican que 63 países consideran útil disponer de una plataforma global en línea para almacenar los datos de los inventarios forestales nacionales. También sugieren que 34 países que esperan tener nuevos datos disponibles en los próximos años están interesados en publicarlos como datos abiertos.

Para cumplir su mandato de recopilar, analizar, interpretar y difundir datos relacionados con la alimentación y la agricultura, así como para implementar la Política de datos abiertos de la Organización, la FAO ha desarrollado soluciones de acceso abierto para la recopilación, el análisis y la difusión de datos relacionados con los bosques. Estas soluciones incluyen lo siguiente:

- Open Foris: un conjunto de herramientas gratuitas y de código abierto para facilitar la recopilación, el análisis y la presentación de informes sobre datos de forma flexible y eficaz (<http://openforis.org/>).
- Plataforma de la Evaluación de los recursos forestales mundiales: una aplicación interactiva en línea para acceder fácilmente a los datos y metadatos a nivel nacional notificados al proceso de FRA por los países y territorios (<https://fra-data.fao.org/>).
- Plataforma geoespacial Mano de la Mano para el intercambio transparente de datos geoespaciales intersectoriales entre la agricultura, la pesca y la silvicultura. La visualización de datos geoespaciales relacionados con los bosques está disponible a nivel nacional (<http://www.fao.org/hand-in-hand/es/>).
- Catálogo de microdatos para la alimentación y la agricultura: proporciona un inventario de los conjuntos de datos recopilados a

través de encuestas agrícolas y de hogares, que contienen información relacionada con la agricultura, la seguridad alimentaria y nutrición, contribuyendo así a una mayor estandarización, accesibilidad y uso de los datos (<https://microdata.fao.org/index.php/catalog/central/about>).

5.5 CONCLUSIONES

En plena era del Big Data, la información forestal no es ajena a la demanda de un mayor acceso por parte de una multitud de actores, desde los científicos hasta los ciudadanos y desde los responsables de la toma de decisiones, hasta los usuarios de los bosques. Compartir grandes cantidades de datos forestales no solo ampliará el conocimiento de nuestros valiosos recursos naturales, sino que también aumentará las sinergias entre las partes interesadas a nivel mundial. Como resultado de este vasto ejercicio de colaboración, podemos esperar que los responsables de la toma de decisiones dispongan de herramientas más precisas con el potencial de alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible en un plazo más breve. Es necesario actuar con rapidez ante las inminentes emergencias climáticas.

Las acciones implementadas requerirán esfuerzos para proporcionar microdatos, acuerdos sobre estándares internacionales para los metadatos forestales y voluntad institucional. De esta forma, los países podrán desarrollar políticas forestales y de uso de la tierra informadas, con conocimientos contrastados e información actualizada, fiable, transparente y accesible, basando sus políticas en los siguientes aspectos clave:

- Una mejor disponibilidad y accesibilidad de los datos, combinada con la transparencia, podría catalizar más soluciones de colaboración para ayudar a cumplir las agendas nacionales e internacionales.
- Es probable que los datos forestales integrados y frecuentes mejoren la implicación y la colaboración del público en las soluciones pertinentes para los bosques.
- Los datos forestales abiertos, transparentes y fiables también pueden fomentar la inversión privada, que se necesita urgentemente para estimular la participación general de la sociedad y las nuevas transiciones en la

gestión de los bosques y la tierra que pueden ayudar a amortiguar los efectos nocivos de los escenarios tradicionales, así como a mejorar los medios de vida.

- Los datos forestales precisos y fiables creados con fondos públicos deben ser abiertos y accesibles al público.
- Superar los obstáculos para compartir los datos forestales, como la preocupación por el uso inadecuado de los datos y la falta de reconocimiento de la propiedad intelectual, es fundamental para desbloquear una mayor disponibilidad y acceso a los datos forestales.
- Una consecuencia natural y de más alto nivel de los datos abiertos es la creación de rutas hacia la armonización regional para facilitar la transparencia y la comparabilidad. Los países de América Latina y el Caribe están demostrando voluntad institucional en esta dirección.





REFERENCIAS

- Bey, A., Sánchez-Paus Díaz, A., Maniatis, D., Marchi, G., Mollicone, D., Ricci, S., Bastin, J.-F. et al.** 2016. Collect Earth: Land use and land cover assessment through augmented visual interpretation. *Remote Sensing*, 8 (10): 807. (disponible en: <https://doi.org/10.3390/rs8100807>).
- Bobrov, E.** 2020. Open Data can be advanced by the COVID-19 pandemic, but will still require a comprehensive approach. Edición en línea de Elephant in the Lab, 30 de marzo de 2020. (disponible en: <https://elephantinthelab.org/open-data-can-be-advanced-by-covid-19-but-will-still-require-a-comprehensive-approach/>).
- Borghetti, M. y Chirici, G.** 2016. Raw data from the Italian National Forest Inventory are on-line and publicly available. *Forest@*, 13: 33–34. (disponible en: <https://doi.org/10.3832/efor0083-013>).
- CDP.** 2014. *Deforestation-free supply chains: From commitments to action*. CDP Global Forests Report 2014. Londres. (disponible en: www.cdp.net/en/reports/downloads/630).
- Consejo de Investigación de Lituania.** 2016. Guidelines on open access to scientific publications and data. STIP Compass: International Database on Science, Technology and Innovation Policy (STIP). (disponible en: <https://stip.oecd.org/stip/policy-initiatives/2019%2Fdata%2FpolicyInitiatives%2F5476>). Acceso: 28 de abril de 2021.
- FAO.** 2017. *Directrices Voluntarias Sobre Monitoreo Forestal Nacional*. Roma. 90 pp. (disponible en: www.fao.org/3/i6767es/i6767es.pdf).
- FAO.** 2019. *E-survey: Consultation on the “Building global capacity to increase transparency in the forest sector” global project (Global CBIT-Forest)*. Survey of the Global Forest Resources Assessment National Correspondents (no publicado).
- FAO.** 2020. *From reference levels to results reporting: REDD+ under the United Nations Framework Convention on Climate Change – 2020 update*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb1635en>).
- Fegraus, E.H., Andelman, S., Jones, M.B. y Schildhauer, M.** 2005. Maximizing the value of ecological data with structured metadata: an introduction to Ecological Metadata Language (EML) and principles for metadata creation. *Bulletin of the Ecological Society of America*, 86(3): 158–168. (disponible en: [https://doi.org/10.1890/0012-9623\(2005\)86\[158:MTVOED\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9623(2005)86[158:MTVOED]2.0.CO;2)).
- Gewin, V.** 2016. Data sharing: An open mind on open data. *Nature*, 529 (7584): 117–119. (disponible en: <https://doi.org/10.1038/nj7584-117a>).
- Houtkoop, B.L., Chambers, C., Macleod, M., Bishop, D.V., Nichols, T.E. y Wagenmakers, E.-J.** 2018. Data sharing in psychology: A survey on barriers and preconditions. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 1(1): 70–85. (disponible en: <https://doi.org/10.1177/2515245917751886>).
- Kleinn, C.** 2017. The renaissance of National Forest Inventories (NFIs) in the context of the international conventions – a discussion paper on context, background and justification of NFIs. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 37(91): 369–379. (disponible en: <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.91.1343>).
- Köhl, M., Traub, B. y Päivinen, R.** 2000. Harmonisation and standardisation in multi-national environmental statistics – mission impossible? *Environmental Monitoring and Assessment*, 63(2), 361–380. (disponible en: <https://doi.org/10.1023/A:1006257630216>).
- Kormos, C.F., Mackey, B., DellaSala, D.A., Kumpe, N., Jaeger, T., Mittermeier, R.A. y Filardi, C.** 2018. Primary forests: Definition, status and future prospects for global conservation. En D.A. DellaSala y M.I. Goldstein, coords. *Encyclopedia of the Anthropocene, Vol. 2*. pp. 31–41. Oxford (Reino Unido), Elsevier. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09711-1>).
- Liang, J., Crowther, T.W., Picard, N., Wiser, S., Zhou, M., Alberti, G., Schulze, E.-D., et al.** 2016. Positive biodiversity–productivity relationship predominant in global forests. *Science*, 354(6309): aaf8957. (disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.aaf8957>).

- Liang, J. y Gamarra, J.G.** 2020. The importance of sharing global forest data in a world of crises. *Scientific Data*, 7, 424. (disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00766-x>).
- Lin, C.-C., Porter, J.H., Lu, S.-S., Jeng, M.-R. y Hsiao, C.-W.** 2008. Using structured metadata to manage forestry research information: A new approach. *Taiwan Journal of Forest Science*, 23(2): 133–143.
- Pelkki, M.H. y Arthaud, G.J.** 2000. Metadata standards for forestry and natural resources. En *Seventh Symposium on Systems Analysis in Forest Resources. General Technical Report NC-205*, pp. 193–197. St. Paul (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/other/gtr-nc205/pdffiles/p38.PDF).
- Romijn, E., Herold, M., Kooistra, L., Murdiyarso, D. y Verchot, L.** 2012. Assessing capacities of non-Annex I countries for national forest monitoring in the context of REDD+. *Environmental Science & Policy*, 19–20: 33–48. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.01.005>).
- Romijn, E., De Sy, V., Herold, M., Böttcher, H., Roman-Cuesta, R.M., Fritz, S., Schepaschenko, D. et al.** 2018. Independent data for transparent monitoring of greenhouse gas emissions from the land use sector – What do stakeholders think and need? *Environmental Science & Policy*, 85: 101–112. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.016>).
- Rysevik, J.** 2001. The Data Documentation Initiative (DDI) metadata specification. (disponible en: www.ddialliance.org/sites/default/files/rysevik_0.pdf). Acceso: 28 de abril de 2021.
- Stanke, H., Finley, A.O., Weed, A.S., Walters, B.F. y Domke, G.M.** 2020. rFIA: An R package for estimation of forest attributes with the US Forest Inventory and Analysis database. *Environmental Modelling & Software*, 127: 104664. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104664>).
- Stock, K. y Guesgen, H.** 2016. Geospatial reasoning with open data. En R. Layton y P.A. Watters, coords. *Automating Open Source Intelligence: Algorithms for OSINT*, pp. 171–204. Waltham (Estados Unidos), Syngress.
- Tomppo, E.O. y Schadauer, K.** 2012. Harmonization of national forest inventories in Europe: advances under COST Action E43. *Forest Science*, 58(3): 191–200. (disponible en: <https://doi.org/10.5849/forsci.10-091>).
- Vardigan, M., Heus, P. y Thomas, W.** 2008. Data Documentation Initiative: Toward a standard for the social sciences. *International Journal of Digital Curation*, 3(1). (disponible en: <https://doi.org/10.2218/ijdc.v3i1.45>).
- Wilkinson, M.D., Dumontier, M., Aalbersberg, I.J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N. et al.** 2016. The FAIR guiding principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 3: 160018. (disponible en: <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>).
- Winter, S., Chirici, G., McRoberts, R.E., Hauk, E. y Tomppo, E.** 2008. Possibilities for harmonizing national forest inventory data for use in forest biodiversity assessments. *Forestry*, 81(1): 33–44. (disponible en: <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm042>).
- Wouters, P. y Haak, W.** 2017. *Open data: the researcher perspective*. Amsterdam, Elsevier y Leiden, Países Bajos, Centre for Science and Technology Studies (CWTS). (disponible en: www.elsevier.com/open-science/research-data/open-data-report).
- Yanai, R.D., Wayson, C., Lee, D., Espejo, A.B., Campbell, J.L., Green, M.B., Zuskwert J.M. et al.** 2020. Improving uncertainty in forest carbon accounting for REDD+ mitigation efforts. *Environmental Research Letters*, 15(12): 124002. (disponible en: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb96f>).

**INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES
DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE**
Hacia la armonización de la información forestal

PARTE 2

-
- 6** ARGENTINA
 - 7** BAHAMAS
 - 8** BELICE
 - 9** BRASIL
 - 10** CHILE
 - 11** COLOMBIA
 - 12** COSTA RICA
 - 13** ECUADOR
 - 14** EL SALVADOR
 - 15** GUATEMALA
 - 16** GUAYANA FRANCESA,
GUADALUPE Y MARTÍNICA
 - 17** HONDURAS
 - 18** JAMAICA
 - 19** MÉXICO
 - 20** NICARAGUA
 - 21** PANAMÁ
 - 22** PERÚ
 - 23** PUERTO RICO Y LAS ISLAS
VÍRGENES DE LOS ESTADOS UNIDOS
 - 24** REPÚBLICA DOMINICANA
 - 25** SURINAME
 - 26** URUGUAY

Capítulo



ARGENTINA

INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS DE ARGENTINA

Lucas Lopez, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Anibal Cuchiatti, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Santiago García, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Iván Rost, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Julieta Bono, Dirección Nacional de Bosques, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

Daniela García, Dirección Nacional de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, San Martín 451, Buenos Aires, Argentina

6.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

En el año 1998 se inició el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos (PINBN) de la Argentina, dentro del marco del Proyecto Bosques Nativos y Áreas Protegidas (BIRF 4085-AR), acordado entre el gobierno nacional y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. El territorio nacional fue organizado en seis regiones forestales: Selva Misionera, Selva Tucumano Boliviana, Bosque Andino Patagónico, Parque Chaqueño, Espinal y Monte. En todas las regiones se identificaron las áreas de bosque nativo mediante técnicas de teledetección y, excepto en la región Monte, se realizó un inventario de campo para el relevamiento de datos dasométricos. El muestreo utilizado fue sistemático con distribución espacial basado en una malla cuadrículada que varió según las regiones forestales, es decir que la selección de unidades de muestreo no fue proporcional a la población (Cuadro 6.1). Los resultados se dividieron en clases según las definiciones de clasificación de la tierra propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) mediante la Evaluación de los recursos forestales mundiales del año 2000 (FAO, 2000) adaptada a las características y particularidades de la Argentina. Permitieron al país contar, por primera vez, con datos confiables a escala nacional sobre la distribución, características y estado de sus bosques nativos, proporcionando a las autoridades la información necesaria para la formulación de políticas sobre el uso de los recursos forestales.

En el año 2007 se promulgó la Ley Nacional N.º 26331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (2007), que establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sostenible de los bosques nativos y de los servicios ambientales que estos brindan a la sociedad. Su Decreto Reglamentario N.º 91/2009, en su capítulo 4, artículo 11, especifica lo siguiente: “actualizar el Inventario Nacional de Bosques Nativos, como máximo cada CINCO (5) años, arbitrando los mecanismos necesarios para su financiamiento” (2009). En este nuevo contexto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MAyDS) como autoridad nacional de aplicación, a través de la Dirección Nacional de Bosques (DNB), tiene entre sus responsabilidades mantener actualizada la información sobre la superficie cubierta por bosques nativos y su estado de conservación.

El Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2) se gestó a partir de este suceso, para constituirse en una herramienta estratégica nacional para el desarrollo de políticas públicas vinculadas a la conservación y el manejo sostenible de los bosques nativos, dando cumplimiento a la legislación nacional vigente. El Inventario Nacional

de Bosques Nativos (INBN) es el instrumento para la generación de datos necesarios para dar seguimiento a los compromisos internacionales asumidos por la Argentina en materia de cambio climático. La formulación y los acuerdos sobre el diseño de la recopilación de datos de campo del INBN2 tuvieron base técnica en la experiencia del PINBN, la información publicada en inventarios forestales provinciales, regionales y de otros países, y en la nueva definición de bosque nativo enunciada en la Ley N.º 26331. En paralelo, la DNB realiza el monitoreo satelital y genera cartografía de los bosques nativos que se complementa con la información de campo del INBN, conformando el Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques Nativos; asimismo, evalúa desde 2006 la pérdida de bosque nativo a fin de contribuir con la verificación del cumplimiento de la ley antes mencionada (UMSEF, 2019). En el PINBN se instalaron en el campo 473 unidades de muestreo, sin considerarse permanentes. En el INBN2, se consideraron los puntos de la malla cuadrícula nacional, resultante de superponer la cuadrícula con la superficie nacional, denominados como puntos potenciales de muestreo (PPM). Seguidamente, los puntos de muestreo (PM) se identificaron como resultado de la intersección de los PPM con la superficie de bosque nativo en todas las regiones forestales de la Argentina. Finalmente, las unidades de muestreo (UM) se identificaron en aquellos puntos geográficos donde efectivamente se tomaron medidas en el campo y quedó identificado el sector de manera permanente (Cuadro 6.1).

El diseño del INBN2 tiene su base en la experiencia del PINBN y en la información generada posteriormente acerca de inventarios forestales

provinciales, regionales y nacionales y en las experiencias de diferentes países; organizando el territorio nacional en siete regiones forestales (Figura 6.1): Selva Paranaense (antes Selva Misionera): SPA; Yungas (antes Selva Tucumano Boliviana): YUN; Bosque Andino Patagónico: BAP; Parque Chaqueño: PCH; Espinal: ESP; Monte: MON, y Delta e Islas del Paraná: DIP. Se presentan dos diferencias sustanciales entre el PINBN y el INBN2. En este último no se realizó una preestratificación, ya que se utilizaron técnicas de posestratificación, y las unidades de muestreo son parcelas permanentes generando las bases para un inventario de carácter periódico o continuo.

En marzo de 2021 se presentaron oficialmente los siete informes regionales con sus respectivos resultados, siendo estos considerados una primera revisión, a excepción de la región forestal BAP que está en su segunda revisión (los informes están disponibles en la página web del INBN2: www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/segundo-inventario-nacional-bosques-nativos). Por tal motivo, se presentan los resultados de esta última región forestal en este capítulo.

La ejecución del INBN2 fue posible a través de un notable esfuerzo interinstitucional e interjurisdiccional y de distintas fuentes de financiamiento: Proyecto Bosques Nativos y Comunidad (BIRF 8493), Programa Nacional de Protección de los Bosques Nativos (Ley N.º 26331), Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de los Bosques (ONU-REDD) y el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés).

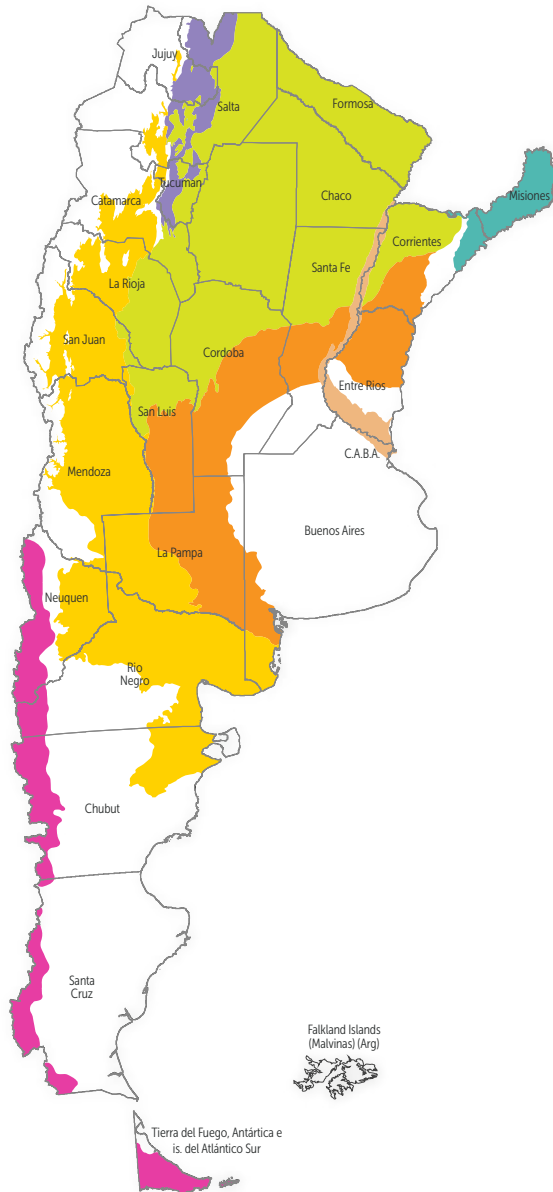
CUADRO 6.1

Descripción histórica de los Inventarios Nacionales de Bosques Nativos de Argentina

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Puntos potenciales de muestreo (PPM), puntos de muestreo (PM), unidades de muestreo (UM)
PINBN	1998-2006	Nacional	Sistemático preestratificado, con selección no proporcional a la población y para cada región forestal o preestrato. El tamaño de UM entre regiones forestales fue desde 0,15 ha a 0,8 ha y de forma rectangular/circular	PPM: Sin datos PM: Sin datos UM: 473 UM
INBN2	2015-2021	Nacional	Sistemático con selección proporcional a la población, es decir una única malla nacional con arranque aleatorio. Tamaño de 0,1 ha y de forma circular concéntrica para todas las regiones forestales	PPM: 27 895 PM: 4 158 UM: 3 796

FIGURA 6.1

Regiones forestales de la Argentina (parte continental americana)



LEYENDA

Regiones Forestales de la República Argentina

Parte continental americana

- | | |
|---|---|
| ● Parque chaqueño | ● Delta e islas del río Paraná |
| ● Selva paranaense | ● Espinal |
| ● Bosque andino patagónico | ● Monte |
| ● Yungas | ● No Forestal |

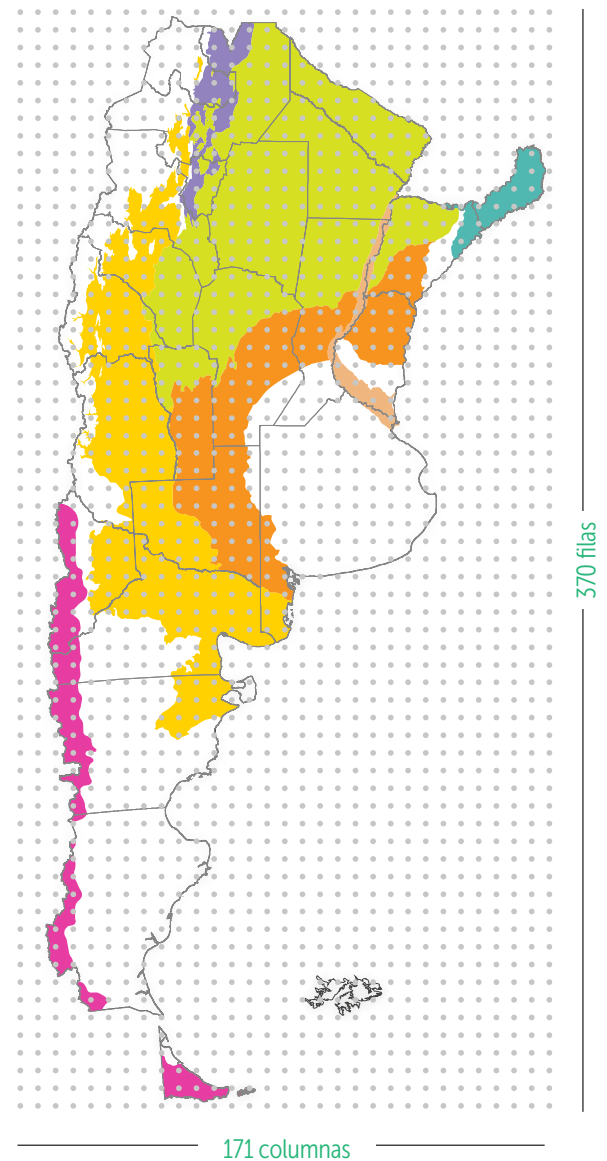
Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo.

Existe una disputa entre los Gobiernos de la Argentina y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte acerca de la soberanía sobre las Islas Malvinas (Falkland Islands).

Fuente: UMSEF (2019).

FIGURA 6.2

Malla utilizada en el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos



LEYENDA

Regiones Forestales de la República Argentina

Parte continental americana

- | | |
|---|---|
| ● Parque chaqueño | ● Delta e islas del río Paraná |
| ● Selva paranaense | ● Espinal |
| ● Bosque andino patagónico | ● Monte |
| ● Yungas | ● No Forestal |

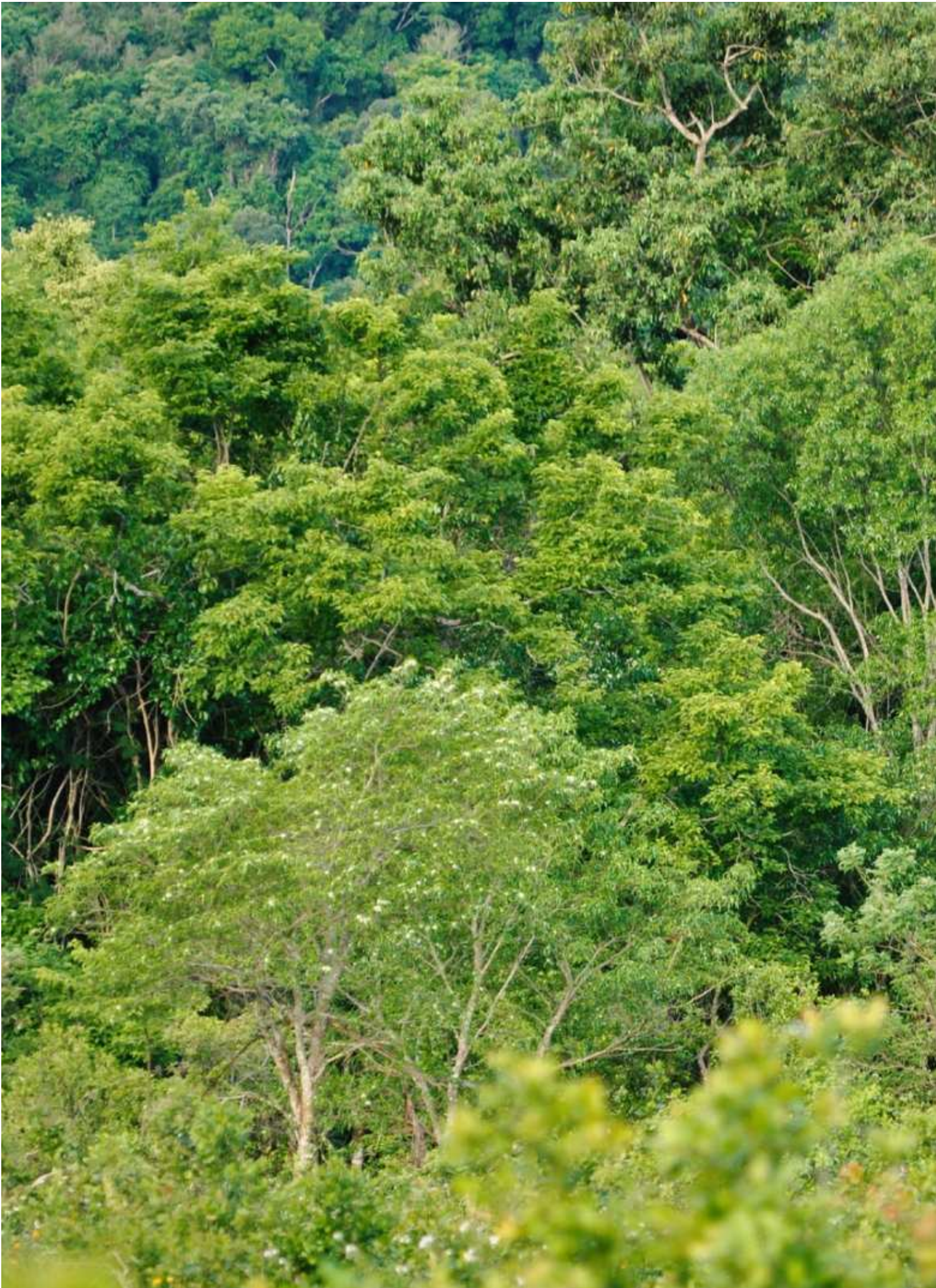
Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo.

Existe una disputa entre los Gobiernos de la Argentina y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte acerca de la soberanía sobre las Islas Malvinas (Falkland Islands).

Fuente: SAYDS (2019).

370 filas

171 columnas



6.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS

En el marco del PINBN y sus actualizaciones, se utilizó la clasificación propuesta por la FAO mediante el FRA 2000 adaptada a las características y particularidades de la Argentina, que comprende las clases “tierras forestales”, “otras tierras forestales” (otras formaciones leñosas) y “otras tierras” (SAyDS, 2005a; UMSEF, 2019).

Actualmente, existe una definición oficial de bosque nativo establecida por la Ley N.º 26331, su Decreto Reglamentario N.º 91/2009 y la Resolución N.º 230/2012 del Consejo Federal de Medio Ambiente (2012), que comprende a todos los ecosistemas forestales naturales en distinto estado de desarrollo, de origen primario o secundario, que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20% y con árboles que alcanzan una altura mínima de 3 metros, incluyendo palmares. Se presenta en el Cuadro 6.2 la adaptación de las definiciones del INBN2 y su relación con la definición actual de bosques nativos. De esta manera, el bosque nativo inventariable (donde se realizan las mediciones de campo) comprende las clases tierras forestales y los tipos 3 y 5 de otras formaciones leñosas. En cambio, los bosques implantados tanto con especies nativas y/o exóticas son sujeto de estudio y monitoreo por parte del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca bajo la coordinación de la Dirección Nacional de Desarrollo Foresto Industrial, a través del Inventario Nacional de Plantaciones Forestales, y no se incluyen en este informe.

6.3 DISEÑO DE MUESTREO

El diseño del INBN2 se basa en un muestreo sistemático proporcional a la población, es decir, basado en una única malla de puntos equidistantes cada 10 kilómetros (km) que se extiende sobre todo el territorio continental de la Argentina, de tal forma que el número de muestras es proporcional al tamaño de las siete regiones forestales, que estadísticamente constituyen subpoblaciones. Se realizaron mediciones en las subpoblaciones o regiones forestales indicadas en la Figura 6.1; es decir, aunque era parte de la muestra nacional, no se realizaron mediciones en la zona no forestal. La malla se generó partiendo de la cobertura del territorio para el país del SIG-250 (sistema de información

geográfica con escala de captura 1:250 000) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) en el sistema de proyección cartográfico Gauss-Krüger, faja 4 y Datum WGS84 a partir de un punto generado al azar. La malla obtenida está compuesta por 171 columnas y 370 filas de puntos con coordenadas geográficas y cada punto se identifica con un código específico (Figura 6.2).

En una primera fase, cada punto potencial de muestreo (PPM) es analizado utilizando la herramienta Collect Earth del software Open Foris,

para evaluar si coincide con un área de bosque nativo inventariable y presenta condiciones viables de accesibilidad para constituirse en un punto de muestreo (PM). En una segunda fase, en los PM con presencia de bosque inventariable se procede a instalar una unidad de muestreo (UM) o parcela (Cuadro 6.3). La superficie total de cada región forestal, la cantidad y distribución de UM, y el número total de puntos potenciales de muestreo se proporcionan en el Cuadro 6.4.

CUADRO 6.2

Resumen de definiciones utilizadas en el Inventario Nacional de Bosques Nativos

Término	Definición	Variables y umbrales
Tierras forestales (TF)	Tierras que constituyen un ecosistema natural, que presentan una cobertura arbórea de especies nativas mayores o igual al 20%, con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 m. La clase tierras forestales queda incluida en la definición de Bosque nativo de la Ley N.º 26331.	<ul style="list-style-type: none"> – Superficie mínima: 0,5 ha – Cobertura de copas: $\geq 20\%$ – Altura mínima arbórea: 7 m – Ancho mínimo: sin definir – Excepciones en la adquisición de datos de campo: se excluyen las cortinas y parches de bosque menores a 1 ha¹ en el muestreo de campo
Otras formaciones leñosas (OFL) / Otras tierras boscosas / Otras tierras forestales	Tierras que constituyen un ecosistema natural con: <ul style="list-style-type: none"> – una cobertura arbórea de especies nativas entre 5% y 20% con árboles que alcanzan una altura mínima de 7 m (OFL1); – una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20%, con árboles que presentan una altura menor a 3 m (OFL2); – una cobertura arbórea de especies nativas mayor o igual al 20%, con árboles que presentan entre 3 m y 7 m de altura (OFL3); o – al menos un 20% de cobertura arbustiva de especies nativas, con arbustos de altura mínima de 0,5 m (OFL4). Se incluyen palmares (OFL5) y cañaverales (OFL6). Las clases OFL3 y OFL5 quedan incluidas en la definición de Bosque nativo de la Ley N.º 26331. 	<ul style="list-style-type: none"> – Superficie mínima: 0,5 ha – Cobertura de copas: $\geq 20\%$ – Altura mínima arbórea: 3 m – Ancho mínimo: sin definir – Excepciones en la adquisición de datos de campo: se excluyen las cortinas y parches de bosque menores a 1 ha en el muestreo de campo
Otras tierras (OT)	Tierras no clasificadas como tierras forestales u otras formaciones leñosas. Incluye pastizales, cultivos, vegetación herbácea hidrófila, plantaciones forestales, cuerpos de agua, salinas, superficies sin vegetación, áreas urbanas e infraestructura.	
Volumen	Volumen total (m ³): volumen de los individuos leñosos vivos, a partir de 5 cm o 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) según la región forestal. Incluye corteza.	<p>Diámetro mínimo (DAP a 1,3 m) ≥ 5 cm o diámetro a la altura de la base (DAB a 10 cm) ≥ 10 cm para las regiones Monte, Parque Chaqueño, Espinal, y Delta e Islas del Paraná; y DAP ≥ 10 cm para Bosque Andino Patagónico, Selva Paranaense, y Yungas.</p> <p>Inclusión/exclusión del tocón: excluye tocón. Se realiza cálculo separado. Altura del tocón se considera menor o igual a 1,3 m.</p> <p>Diámetro mínimo de fin fuste: sin definir. Se considera la bifurcación del fuste o comienzo de copa del individuo.</p> <p>Altura total: de la base a la punta de la copa.</p> <p>Altura fuste (comercial): de la base a la primera rama o bifurcación. Se considera la bifurcación del fuste o comienzo de copa del individuo.</p> <p>Grupos de especies: todas las especies arbóreas, identificadas en campo y colecta de muestra.</p>

CONTINUA CUADRO 6.2

Término	Definición	Variables y umbrales
Biomasa	Biomasa por encima del suelo: sin definición actualmente Biomasa por debajo del suelo: sin definición actualmente	Biomasa por encima del suelo: no incluida Biomasa por debajo del suelo: no incluida
Materia orgánica muerta	Material leñoso caído: todas las pequeñas ramillas, ramas y troncos que se encuentren sobre la superficie del terreno o acumulados hasta los 2 m de altura, siempre y cuando estuvieran separados de su fuente original. Individuos muertos: individuos leñosos muertos en pie. Tocones (tala): tocones presentes en la parcela con altura menor o igual a 1,3 m; si la altura es mayor, corresponde a un individuo leñoso muerto en pie de la parcela que corresponda. Hojarasca: no medida	Se registra en el transecto norte-sur de la parcela a través del método de intersección, teniendo en cuenta su diámetro en el punto que interseca a la línea de medición: <ul style="list-style-type: none"> - fino: diámetro \leq 2,5 cm - mediano: $>$ 2,5 cm y \leq 7,5 cm - grueso: diámetro \geq a 7,5 cm Se evalúa el estado del material: corteza adherida, corteza rajada, sin corteza y enterrado en el suelo parcialmente. Se determina el DAP de los fustes y altura total del individuo muerto. Altura \leq 1,3 m
Carbono orgánico del suelo	Sin definición actualmente	

Nota: ¹ Bosque se entiende comúnmente a efectos de comunicación como aquellas áreas correspondientes a la clase Tierras forestales. Sin embargo, existían áreas de bosque que se definieron como no inventariables y que fueron incluidas en la clase Otras tierras forestales. Con el tiempo, esta interpretación acotada pasó a modificarse al sancionarse por la Ley N.º 26331, donde los palmares también se consideran bosques nativos. Los umbrales mínimos de superficie, altura y cobertura de copas que determinan la consideración de un ambiente arbolado como bosque nativo son 0,5 ha de ocupación continua, 3 m de altura mínima y 20% de cobertura de copas mínima. Esta definición planteó un importante desafío para el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques Nativos ya que no coincidían totalmente los umbrales establecidos en cada categoría de clase con los que se venían trabajando desde el Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Es por ello que se avanzó en la discriminación de las clases para el Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos, en donde puede observarse que Bosque implica más que Tierras forestales e incluye también OFL 3 y OFL 5. Cabe aclarar además que se trata de bosques nativos; ninguna de estas clases incluye plantaciones que se encuentran dentro de la clase Otras tierras. Pese a que la definición de bosque indica una superficie mínima de 0,5 ha, por cuestiones operativas la adquisición de datos de campo se realizó en parches de bosque con superficie superior a 1 ha. Esto no implica que aquellos parches con superficie entre 0,5 ha y 1 ha queden excluidos de los derechos y obligaciones de la Ley N.º 26331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.

CUADRO 6.3

Características del diseño de muestreo: nivel país

Nombre de la región	Superficie de bosque nativo (aproximado total país, 1 000 ha)	Puntos potenciales de muestreo (malla nacional)	Puntos de muestreo (bosque inventariable)	Unidades de muestreo instaladas
Total	46 866,17	17 426	4 158	3 796
Selva Paranaense (SPA)	1 545,87	403	167	165
Yungas (YUN)	3 678,74	553	350	296
Bosque Andino Patagónico (BAP)	3 241,00	1 234	244	230
Monte (MON)	779,42	5 059	103	80
Espinal (ESP)	5 622,53	3 126	261	253
Parque Chaqueño (PCH)	31 945,13	6 701	3 015	2 754
Deltas e Islas del Paraná (DIP)	73,47	350	18	18

La superficie total de bosque nativo del país (Cuadro 6.4) es un valor preliminar que surge de estimaciones regionales realizadas a través del uso de herramientas de teledetección y sistemas de información geográfica, utilizando como información de base la actualización al año 2006 de la cartografía del PINBN, disponible en SAyDS

(2005a) y MAyDS (2020a). Además, se tomaron en cuenta los sucesivos monitoreos de bosque nativo disponibles en Mohr-Bell *et al.* (2019) y SAyDS (2019) y el mapeo de Monte finalizado en 2019 (informe en elaboración).

CUADRO 6.4

Superficie en hectáreas de las siete regiones forestales y unidades de muestreo

Nombre de la región	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total número de puntos potenciales de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Selva Paranaense (SPA)	4 551,85	157	8	0	403
Monte (MON)	61 664,43	28	71	0	5 059
Yungas (YUN)	6 044,55	295	0	0	553
Deltas e Islas del Paraná (DIP)	4 196,08	16	2	0	350
Espinal (ESP)	37 965,36	195	58	0	3 126
Parque Chaqueño (PCH)	75 903,41	1841	911	2	6 701
Bosque Andino Patagónico (BAP)	17 416,14	191	39	0	1 234
No forestal	65 957,18	-	-	-	10 469
Total	273 699,00	2 723	1 089	2	27 895

6.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

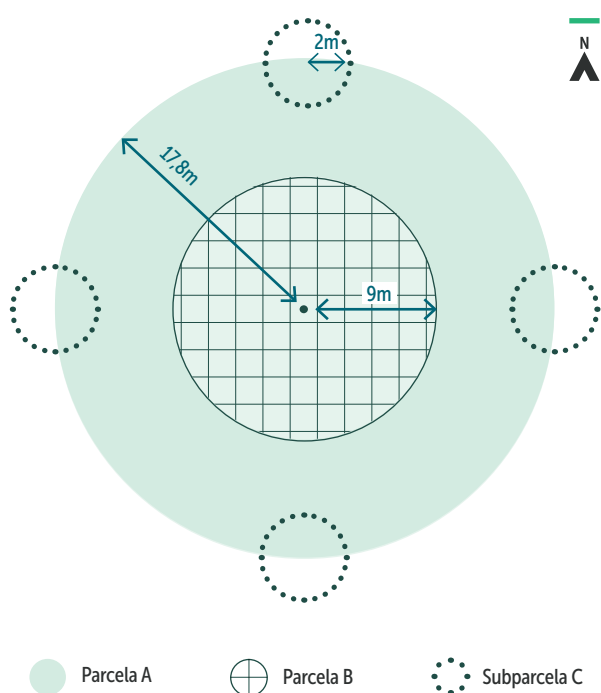
La UM o parcela está integrada por dos subparcelas circulares y concéntricas, designadas con las letras A y B, para captar los individuos leñosos de mayor y menor tamaño, respectivamente; y cuatro subparcelas C circulares posicionadas en cruz para la evaluación de la regeneración de las especies leñosas (Figura 6.3). Durante la instalación de las UM se entierra una estaca metálica y se marcan individuos de referencia para que faciliten la identificación de la parcela permanente, permitiendo así su monitoreo a futuro y la detección de los cambios que ocurran dentro de las mismas.

La subparcela A tiene una superficie de 1 000 metros cuadrados (m^2), con un radio de 17,8 m. En ella se evalúan datos biométricos, características del sitio e indicios de intervenciones antrópicas (Cuadro 6.5). La subparcela B tiene $255 m^2$ (9 m de radio) donde se evalúan datos biométricos de árboles menores (Cuadro 6.5). Las subparcelas C se utilizan para el registro de la regeneración natural. Las mismas tienen sus centros a 17,8 m del centro de la parcela principal, en los rumbos norte, este, sur y oeste. El radio de cada una es de 2 m, cubriendo una superficie aproximada de $12,5 m^2$ (la superficie total cubierta por las cuatro subparcelas C es de $50 m^2$). Se registran todos los individuos leñosos que cumplen

con los umbrales del diámetro a la altura del pecho (DAP) o del diámetro a la altura de la base (DAB) definidos para cada tipo de parcela, según se detalla en el Cuadro 6.5.

FIGURA 6.3

Diseño de parcela utilizada para recabar los datos del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos



Fuente: SAyDS (2019).

CUADRO 6.5

Umbrales de diámetro a la altura del pecho y diámetro a la altura de la base para seleccionar individuos en las distintas regiones forestales

Unidades	Regiones forestales						
DAP/DAB (cm)	Parque chaqueño (PCH)	Yungas (YUN)	Selva paranaense (SPA)	Bosque andino patagónico (BAP)	Espinal (ESP)	Deltas e islas del Paraná (DIP)	Monte (MON)
Altura total (m)							
Parcela A	DAP ≥ 10	DAP ≥ 20	DAP ≥ 20	DAP ≥ 20	DAP ≥ 10	DAP ≥ 10	DAP ≥ 5 DAB ≥ 10
Parcela B	5 ≤ DAP < 10	10 ≤ DAP < 20	10 ≤ DAP < 20	10 ≤ DAP < 20	5 ≤ DAP < 10	5 ≤ DAP < 10	5 ≤ DAB < 10
Subparcela C	DAP < 5 Altura total ≥ 1,5	Clase 1 DAP < 5	Clase 1 DAP < 5	Clase 1 DAP < 5	DAP < 5 Altura total ≥ 1,5	DAP < 5 Altura total ≥ 1,5	DAB < 5 Altura total ≥ 0,5
		Clase 2 5 ≤ DAP < 10	Clase 2 5 ≤ DAP < 10	Clase 2 5 ≤ DAP < 10			
		Altura total ≥ 1,5	Altura total ≥ 1,5	Altura total ≥ 1,5			
		Altura total ≥ 1,5	Altura total ≥ 1,5	Altura total ≥ 1,5			

Nota: la medición del diámetro a la altura de la base (DAB) se realiza a 0,1 m (10 cm) sobre el nivel del suelo y únicamente en las UM correspondientes a la región forestal MON debido a las características particulares de la vegetación predominante de la región. Para la medición se utilizan forcipulas (calibre forestal, graduada en milímetros) o cinta diamétrica. En las subparcelas C se diferencian dos clases para las regiones YUN, SPA y BAP en base a la dimensión del DAP y siempre con altura mayor o igual a 1,5 m.

Fuente: SAyDS (2019).

En primer lugar, las variables que se registran en cuanto a la unidad de muestreo, son el número de identificación de la UM, número de hojas de la planilla, jefe de brigada, número de integrantes de la brigada, fecha del relevamiento, hora de inicio de trabajo, hora de fin de trabajo, coordenadas de la malla, coordenadas del centro de la UM, coordenadas del punto de referencia, datos de referencia para el acceso y observaciones.

En cuanto a los individuos leñosos, tanto vivos como muertos, se considera el número de registro, azimut y distancia al centro de parcela de los individuos de referencia, especie, altura total, diámetro de copa (solo para Monte), estado del individuo leñoso, número de fustes, DAP, DAB (solo para Monte), longitud del fuste, sanidad del fuste, forma del fuste y regeneración (cantidad y especie). Referido a las características del sitio de la UM, se registra el tipo de paisaje, altitud, pendiente, exposición, erosión, salinidad, formas de vida, coberturas vegetales, material leñoso caído y productos forestales no madereros (PFNM). Finalmente, las variables referidas a las acciones antrópicas se registran en cada UM si existen evidencias de fuego, pastoreo/ganado, erosión y tala.

La actividad de instalación de parcelas fue realizada por equipos de profesionales tercerizados bajo distintas modalidades (licitación, contratación o convenio), quienes fueron capacitados y

supervisados en forma continua por el equipo técnico de la DNB. En el caso de las parcelas permanentes del BAP, fueron instaladas en parte a través de profesionales en el marco de un convenio entre la DNB y el Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) y a través de una licitación pública nacional. Los datos recolectados en el campo se almacenaron en una plataforma digital para luego realizar el procesamiento y análisis de datos para estimar los parámetros medios de la región.

6.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE Y VOLUMEN

Las estimaciones de superficie de bosque nativo al año 2017 y de los tipos forestales de la región Bosque andino patagónico se realizaron a partir del uso de herramientas de geomática de última generación y un proceso semiautomatizado en mosaicos de imágenes satelitales confeccionados a partir de la serie Landsat. El detalle de los procedimientos y resultados puede consultarse en Mohr-Bell *et al.* (2019). Los cálculos de volumen se realizaron para cada uno de los fustes por separado. Se utilizaron ecuaciones volumétricas específicas para cada especie (Cuadro 6.6), siempre que el DAP del fuste se encontrara incluido dentro del rango especificado para la ecuación. Para aquellas especies en las

que no se encontraron ecuaciones volumétricas disponibles en la bibliografía y para los individuos leñosos que poseían un tamaño que excedió el rango de DAP especificado para su especie, se estimó el volumen con una ecuación general (análisis de fustes del PINBN). En los casos donde la longitud del fuste no se registró o fue mayor a la altura total del individuo, se asignó un valor de volumen al azar dentro del rango de distribución de los valores estimados para los fustes dentro de la misma categoría de DAP.

6.6 RESULTADOS DEL SEGUNDO INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES NATIVOS

Se presentan los resultados del INBN2 referidos únicamente al Bosque Andino Patagónico, ya que es la región forestal que presenta su segunda revisión. Un resumen se muestra en el Cuadro 6.7.

La superficie de bosque nativo de la región forestal BAP se estimó en 3 240 996 hectáreas, que corresponde a 16 tipos forestales, siendo los más representativos los siguientes tres tipos de bosques: 49% correspondiendo a bosques de Lengua (*Nothofagus pumilio*), 26% a bosques de Ñire (*Nothofagus antarctica*), y 7% a bosques de Coihue (*Nothofagus dombeyi*). En la Figura 6.4, se muestra el mapa de distribución de bosques de la región forestal BAP.

El número total de individuos leñosos registrados vivos, con un DAP mayor o igual a 10 cm, fue de 6 908 individuos. La densidad media de individuos leñosos vivos fue de 479,93 individuos por hectárea. En el Cuadro 6.7 se presentan la superficie estimada de bosque nativo y estimación de densidad de árboles, área basal y volumen con su respectiva media, límite inferior y límite superior del intervalo de confianza al 95% de los individuos vivos con DAP mayor o igual a 10 cm.

CUADRO 6.6

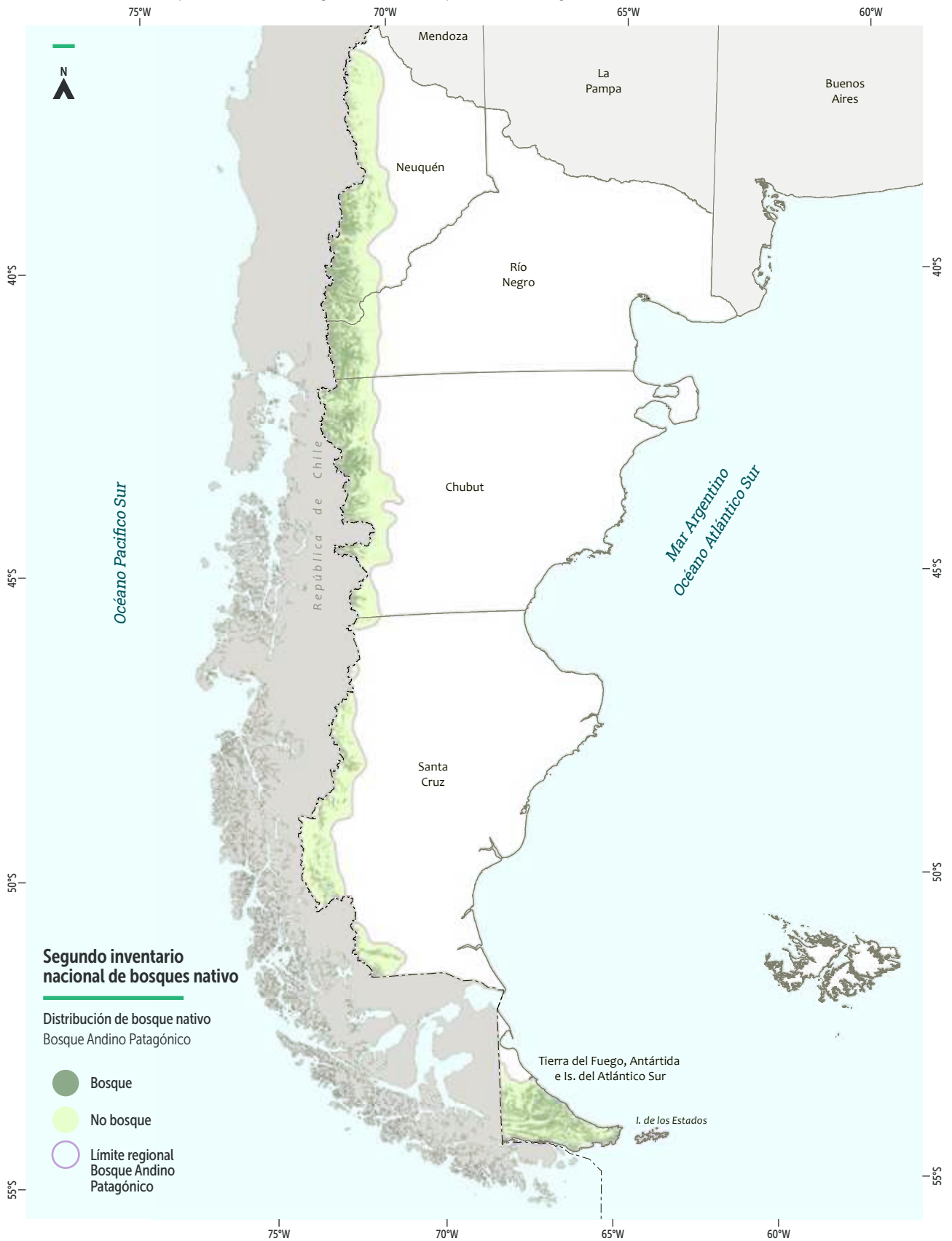
Ecuaciones para el cálculo del volumen

Volumen (m ³)			
Especie	Ecuación	Rango de diámetros	Referencia
<i>Araucaria araucana</i>	$V = (0,00573 + 0,54939 \times DAP^2) / 1000$	No procede	Orfila (1970)
<i>Austrocedrus chilensis</i>	$V = 0,000253 \times DAP^{2,28315}$	10 cm - 50 cm	Chauchard <i>et al.</i> (1991)
<i>Lomatia hirsuta</i>	$V = -0,0467 + 0,0077 \times DAP$	5 cm - 40 cm	Reque <i>et al.</i> (2007)
<i>Nothofagus alpina</i>	$V = (0,000059 \times DAP^{1,9919} \times H^{0,8760}) \times 0,83$	5 cm - 118,5 cm	Chauchard, González Peñalba y Lara (2005)
<i>Nothofagus antarctica</i>	$V = (0,5933 / 1000) \times DAP^{2,1633} \times H^{0,6817}$	3,5 cm - 61 cm	Lencinas <i>et al.</i> (2002)
<i>Nothofagus dombeyi</i>	$V = (0,0000518 \times DAP^{2,0241} \times H^{0,8993}) \times (0,7559 + (5,3731 / DAP))$	5,1 cm - 104 cm	Chauchard, González Peñalba y Lara (2005)
<i>Nothofagus obliqua</i>	$V = (0,000059 \times DAP^{1,9919} \times H^{0,8760}) \times 0,83$	5 cm - 118,5 cm	Chauchard, González Peñalba y Lara (2005)
<i>Nothofagus pumilio</i>	$V = 0,00005522 \times DAP^{1,9677} \times H^{0,9583}$	1,1 cm - 108,8 cm	Martínez Pastur (2005)
<i>Pinus ponderosa</i>	$V = (0,0298 + (0,0327 \times DAP^2 \times LF)) / 1000$	7,5 cm - 57,5 cm	Andenmatten, Rey y Letourneau (1995)
<i>Schinus patagonicus</i>	$V = (0,0106 + 0,0135 \times DAP)^2$	3,7 cm - 12,8 cm	Gyenge <i>et al.</i> (2009)
Ecuación general	$V = 0,07307 + 0,00005407 \times DAP^2 \times LF$	10,4 cm - 107,7 cm	SAyDS (2005b)

Nota: En este cuadro se detallan las ecuaciones específicas disponibles para las especies de la región forestal Bosque Andino Patagónico. Para las especies a las cuales no es posible aplicar una ecuación específica, se utiliza una ecuación general. Se especifican los DAP para los cuales es aplicable cada una de las ecuaciones y la referencia de donde se obtuvo cada ecuación (MAyDS, 2020b). DAP: diámetro a la altura del pecho; H: altura total; LF: longitud del fuste; V: volumen del fuste con corteza.

FIGURA 6.4

Distribución de los bosques nativos en la región forestal Bosque Andino Patagónico



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Existe una disputa entre los Gobiernos de la Argentina y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte acerca de la soberanía sobre las Islas Malvinas (Falkland Islands).

Fuente: MAyDS (2020b).

CUADRO 6.7

Resultados del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos: región forestal Bosque Andino Patagónico

Variable	Resultado	Descripción
Superficie (ha)	3 240 996	Superficie estimada de bosques nativos para la región Bosque Andino Patagónico distribuidas en las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (Mohr-Bell <i>et al.</i> , 2019; SAyDS, 2019)
Densidad (individuos por ha)	479,93	Límite inferior: 424,95 individuos/ha Límite superior: 534,91 individuos/ha
Área basal (m ² /ha)	39,52	Límite inferior: 36,52 m ² /ha Límite superior: 42,53 m ² /ha
Volumen (m ³ /ha)	302,00	Límite inferior: 269,10 m ³ /ha Límite superior: 334,90 m ³ /ha

Fuente: MAyDS (2020b).

6.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Las actividades de instalación de parcelas en la región forestal BAP fueron tercerizadas con la supervisión constante del equipo técnico de la DNB. En el caso de las parcelas permanentes presentadas en este informe, fueron a través de un convenio entre la DNB y el CIEFAP donde registraron datos dasométricos en 201 parcelas permanentes, y las 29 parcelas instaladas restantes se realizaron a través de una licitación pública nacional. Las brigadas encargadas de la instalación de las parcelas en el campo recibieron capacitación por parte de la DNB para estar habilitadas a efectuar la instalación de UM siguiendo las instrucciones del manual de campo (SAyDS, 2019) y fueron supervisadas por coordinadores de lote del inventario. Las brigadas estuvieron conformadas por al menos tres personas: un jefe de brigada, un asistente técnico y un auxiliar de campo. Las brigadas registraron datos en las planillas de campo sobre la masa boscosa (dasométricos, de sitio e intervenciones realizadas), para posteriormente cargarlos en la plataforma de almacenamiento de datos Open Foris Collect (OFC, iniciativa desarrollada por FAO). Una vez cargados, esos PM pasaron a ser UM que pueden ser ya controladas y analizadas para el procesamiento de los datos. El control de los datos cargados en la plataforma digital OFC visualiza las variables donde se repiten más errores relacionados a la interpretación del manual de campo durante la medición de las variables, o durante la carga de datos en la plataforma digital. Esta información permite una retroalimentación hacia las entidades adjudicatarias

y al personal de campo para lograr una mejora continua de los criterios utilizados en la medición de las variables.

Para la supervisión y control de la instalación de parcelas y registro de datos en el campo se determinó el área a controlar y las potenciales UM designadas a auditar. Se reunieron todos los insumos y se organizaron campañas y actividades informando de las mismas al proveedor de servicios (para chequear las autorizaciones de ingreso a los predios) y a la Autoridad Local de Aplicación (para una posible colaboración). Técnicos de la DNB realizaron las actividades de control de calidad de datos en campo utilizando instrumental de medición propio. Finalmente, con el fin de obtener una base de datos confiable, previo al análisis de datos, en el INBN2 se llevó a cabo una limpieza y unificación de la información (se corrigieron errores tipográficos, de codificación de variables cualitativas y se homogeneizaron las unidades de medida).

6.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTAN

En el marco de los compromisos asumidos por la Argentina ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la información generada por los inventarios nacionales es de gran relevancia para reportar el nivel de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de los recursos forestales nativos del país.

Según lo establecido por las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para los inventarios nacionales de GEI se deben informar los cambios que por acción antrópica ocurran en las existencias de carbono en la biomasa, la materia orgánica muerta y el carbono orgánico del suelo (IPCC, 2006). Cuando algunos de estos reservorios sean de muy escasa magnitud, y por lo tanto irrelevante la necesidad de monitorear sus cambios, se puede excluir su medición. Sin embargo, esto debe demostrarse y reportarse mediante un estudio específico. Actualmente, el INBN2 colecta información sobre volumen y madera muerta, tal como se muestra en el Cuadro 6.2.

Con el fin de evaluar la necesidad y pertinencia del monitoreo de los reservorios de carbono que no fueron medidos en el INBN2, con apoyo del Programa Nacional ONU-REDD de la Dirección Nacional de Cambio Climático del MAyDS, se ha desarrollado una serie de estudios piloto en las principales regiones forestales del país con el fin de recabar información sobre el contenido de carbono en los reservorios de madera muerta, carbono orgánico del suelo y hojarasca. Además, estos estudios tienen el objetivo de probar en campo las metodologías de medición y proponer aquellas que resulten más adecuadas en relación a la información obtenida y al costo/beneficio de su aplicación.

El relevamiento de los datos de campo se realizó sobre una muestra de las parcelas permanentes del INBN2, seleccionadas al azar considerando la accesibilidad, tipos forestales más representativos y características ambientales, fisionómicas y funcionales de los bosques, de forma de asegurar la representación de las existencias de carbono de los bosques en cada región.

6.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

La realización del Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos de Argentina es el resultado de un importante esfuerzo y colaboración entre personas, instituciones y proyectos e implicó contar con una metodología consistente y una logística para la recopilación de datos de campo y su posterior análisis, resultando en información sólida sobre las características y el estado de los recursos forestales del país. En este sentido, es fundamental dar continuidad a las tareas realizadas del INBN2 y garantizar que la información generada esté a disposición de los

distintos actores vinculados a los recursos forestales, como base para orientar la planificación del territorio y la toma de decisiones orientadas al manejo sostenible y la conservación de los bosques nativos.

En particular, al finalizar las actividades de campo en marzo 2020 se cuentan con datos de 3 796 parcelas permanentes distribuidas en las siete regiones forestales de un total de 4 158 parcelas identificadas como puntos inventariables. Se espera a corto plazo avanzar con un informe de carácter nacional que reúna los resultados de las siete regiones forestales de la Argentina. Se pretende, además, generar publicaciones en conjunto con otras áreas del MAyDS referidas a la biomasa por encima del suelo y contenido de carbono. En este sentido, se han realizado un inventario piloto en seis de las siete regiones forestales para mejorar las variables para estimar el carbono forestal, incluyendo otras fuentes de almacenamiento y secuestro de carbono (hojarasca y carbono orgánico del suelo), y mejorar la medición de madera muerta. Además, poner a disposición los resultados en el marco del Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques Nativos para que puedan consultarse y utilizarse para distintas iniciativas de gestión, investigación y desarrollo productivo.

A mediano y largo plazo, el objetivo es avanzar con una estrategia que permita dar permanencia al inventario nacional que al ser de carácter periódico o continuo se basa en parcelas permanentes de muestreo que se miden en distintos ciclos, y permite así comparar y evaluar la evolución de los bosques nativos. Para ello, será necesario reflexionar sobre la experiencia adquirida durante los anteriores inventarios desde el punto de vista tanto técnico como operativo y financiero, en un proceso de mejora continua. Asimismo, la propia implementación de la ley de bosques nativos en la Argentina y los compromisos asumidos a nivel internacional en materia de cambio climático y conservación de la biodiversidad dan lugar a nuevas demandas de información sobre los bosques nativos que podrían verse contempladas en los futuros ciclos del inventario nacional. Mediciones y estimaciones de suelo, vegetación de los distintos estratos no arbóreos, uso e historia del uso del bosque, hábitat de fauna y aspectos sociales son algunas de las posibilidades que deberán ser evaluadas y definirán la necesidad de introducir cambios en los futuros inventarios que permitan tanto la comparación como la adquisición de mayor información en una visión integradora de los ecosistemas forestales nativos.

REFERENCIAS

- Andenmatten, E., Rey, M. y Letourneau, F.J.** 1995. Pino ponderosa (*Pinus ponderosa*) (Dougl.) Laws. Tabla de volumen estándar de aplicación en la región Andina de Río Negro y Chubut. En M.I. Zingoni, ed. *Actas de IV Jornadas Forestales Andino Patagónicas*, vol. 1, pp. 266-271. San Martín de los Andes (Argentina).
- Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS).** 2016. *Actualización de la clasificación de tipos forestales y cobertura del suelo de la región Bosque Andino Patagónico: Informe Final*. Esquel (Argentina), CIEFAP. (disponible en: http://bit.ly/CTFCS_2013).
- Chauchard, L.M., Rey, M. y González Peñalba, M.** 1991. Funciones de volumen para ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic. Serm. et Biz.). En *Actas de las VI Jornadas Técnicas: Inventarios, Modelos de Producción y Crecimientos Forestales*, pp. 40-48. Eldorado (Argentina).
- Chauchard, L.M., González Peñalba, M. y Lara, M.** 2005. Familia de funciones de volumen individual para *Nothofagus nervosa*, *N. obliqua* y *N. dombeyi* (no publicado).
- Decreto Reglamentario N.º 91/2009.** Presidenta de la Nación, Buenos Aires, Argentina, 13 de febrero de 2009. (disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/150000-154999/150399/norma.htm>).
- FAO.** 2000. *Global Forest Resources Assessment 2000*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/Y1997E/Y1997E00.htm).
- Gyenge, J., Fernández, M.E., Sarasola, M., Urquiza, M. y Schlichter, T.** 2009. Ecuaciones para la estimación de biomasa aérea y volumen de fuste de algunas especies leñosas nativas en el valle del río Foyel, NO de la Patagonia Argentina. *Bosque*, 30(2): 95-101. (disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0717-92002009000200005>).
- Laclau, P.** 2003. Biomass and carbon sequestration of ponderosa pine plantations and native cypress forests in northwest Patagonia. *Forest Ecology and Management*, 180(1-3): 317-333. (disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00580-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00580-7)).
- Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G., Cellini, J., Vukasovik, R., Peri, P. y Fernandez, M.C.** 2002. Incorporación de la altura dominante y la clase de sitio a ecuaciones estándar de volumen para *Nothofagus antarctica* (Forster f.) Oersted. *Bosque*, 23(2): 5-17. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002002000200002>).
- Ley N.º 26.331 de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos.** Congreso de la Nación, Buenos Aires, Argentina, 28 noviembre de 2007. (disponible en: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/135000-139999/136125/norma.htm>).
- Loguercio, G.A. y Defossé, G.** 2001. Ecuaciones de biomasa aérea, factores de expansión y de reducción de Lenga *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser en el SO de Chubut, Argentina. En *Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales*. Valdivia (Chile), Universidad Austral de Chile. (disponible en: www.u-cursos.cl/forestal/2009/2/SI002/1/material_docente/bajar?id_material=482366).
- Martínez Pastur, G.** 2005. Biometría y producción forestal para bosques naturales de *Nothofagus pumilio* en Tierra del Fuego (tesis de doctorado). Buenos Aires, Universidad Nacional del Sur.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS).** 2020a. Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques de la República Argentina. (disponible en: <http://snmb.ambiente.gob.ar/develop/>). Acceso: 21 de junio de 2021.
- MAyDS.** 2020b. *Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2): Informe Región Forestal Bosque Andino Patagónico - Segunda revisión*. Buenos Aires. (disponible en: www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/segundo-inventario-nacional-bosques-nativos).
- Mohr-Bell, D., Díaz, G., Príncipe, R., Gonzalez, C., Bono, J., Ciuffoli, L., Strada, M. et al.** 2019. *Monitoreo de la superficie de bosque nativo de la República Argentina: Región Forestal Bosque Andino Patagónico*. Tomo I Informe. Esquel (Argentina), Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. (disponible en: www.argentina.gob.ar/ambiente/tierra/bosques-suelos/manejo-sustentable-bosques/umsef).

- Orfila, E.N.** 1970. Tabla local de cubicación para *Araucaria araucana* en la zona del lago Moquehue, Neuquén, Argentina. *Revista Forestal Argentina*, 14(3).
- Reque, J.A., Sarasola, M., Gyenge, J. y Fernández, M.E.** 2007. Caracterización silvícola de ñirantales del norte de la Patagonia para la gestión forestal sostenible. *Bosque*, 28(1): 33-45. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002007000100006>).
- Resolución N° 230/2012 – Bosques Nativos.** Consejo Federal de Medio Ambiente, Buenos Aires, Argentina, 22 de marzo de 2012. (disponible en: <https://argentinambiental.com/legislacion/nacional/resolucion-23012-bosques-nativos/>).
- Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS).** 2005a. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos: Informe Nacional*. Buenos Aires. (disponible en: (www.argentina.gob.ar/sites/default/files/primer_inventario_nacional_-_informe_nacional_1.pdf)).
- SAyDS.** 2005b. *Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos: Manual de análisis de fustes. Anexo I: Modelos de volumen*. Buenos Aires. (disponible en: www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_analisis_de_fuste_anexos.pdf).
- SAyDS.** 2019. *Segundo Inventario Nacional de Bosques Nativos (INBN2): Manual de campo*. Buenos Aires. (disponible en: www.argentina.gob.ar/ambiente/bosques/segundo-inventario-nacional-bosques-nativos).
- Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal (UMSEF).** 2019. *Monitoreo de la superficie de bosque nativo de la República Argentina. Regiones forestales Bosque Andino Patagónico, Espinal, Monte, Parque Chaqueño, Selva Paranaense y Yungas*. Buenos Aires, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (disponible en: www.argentina.gob.ar/sites/default/files/_monitoreo_de_la_superficie_de_bosque_nativo_de_la_argentina_2019.zip).

Capítulo



BAHAMAS

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE LAS BAHAMAS

Latonya Williams, Unidad Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Vivienda, Charlotte House, Charlotte Street, Nassau, Las Bahamas

7.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

Las Bahamas poseen considerables recursos forestales naturales que consisten en bosques de pinos, montes bajos latifoliados y manglares. El país ha tenido una larga historia de explotación forestal que se remonta a la década de 1700, cuando casi todos los recursos de árboles latifoliados se explotaban como trozas para la exportación. La última explotación extensiva terminó a principios de la década de 1970, cuando los bosques de pinos se explotaron con el fin de obtener madera para pulpa.

La primera evaluación forestal se llevó a cabo en 1956, antes de la explotación de la madera para pulpa, en las islas de Gran Bahama y Ábaco (norte de las Bahamas). Esta evaluación fue iniciada por una antigua empresa maderera que inventarió la superficie de bosque de pinos en los Terrenos Reales (propiedad del gobierno) dentro de sus áreas de concesión designadas (Henry, 1974). Los objetivos generales de la evaluación en Gran Bahama fueron estimar el área de madera para pulpa como volumen sólido en metros cúbicos y cuerdas, y estimar el área de las diferentes calidades de sitio del bosque de pinos; mientras que en Ábaco, el objetivo fue estimar la superficie de los tipos de madera (Henry, 1974). Desgraciadamente, no se dispone de los detalles de los estudios y ni de las cifras correspondientes a las distintas secciones de las islas. Por lo tanto, no hay manera de identificar adecuadamente la metodología aplicada, la adecuación, la integridad o la exactitud de los datos de los levantamientos (Henry, 1974).

Tras las evaluaciones realizadas en Gran Bahama y Ábaco, en 1961 se utilizó la interpretación de fotografías aéreas para determinar las áreas de bosque de pinos en la Isla de Andros Norte (Henry, 1974).

En 1984, se puso en marcha un proyecto en el marco del Programa de Cooperación Técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), titulado "Asistencia para el Desarrollo Forestal", con el fin de llevar a cabo un levantamiento de la utilización y el inventario de las tierras forestales en 348 000 acres (141 000 hectáreas) de las islas de Ábaco, Andros y Gran Bahama (Allan, 1986).

Los objetivos generales de este inventario fueron los siguientes:

- determinar la superficie de suelo cubierta por pinos;
- clasificar los bosques de pinos por edad y densidad del rodal;
- determinar el volumen del rodal y el tamaño del tronco;
- evaluar la densidad y el estado de la regeneración;
- estimar las tasas de crecimiento de los rodales muestreados;
- identificar rodales y zonas de especial interés científico;
- recolectar muestras botánicas de pinos.

Los principales componentes de este inventario fueron la interpretación de la fotografía aérea y la cartografía, el inventario de campo y el procesamiento de datos (Allan, 1986). Los métodos de muestreo para el inventario de campo incluyeron dos etapas: muestreo aleatorio y muestreo aleatorio sistemático.

Para llevar a cabo este levantamiento, las zonas forestales conocidas se dividieron en 48 bloques: 15 bloques en Ábaco, 25 bloques en Andros y 8 bloques en Gran Bahama. Estos bloques se subdividieron en compartimentos de aproximadamente 500 acres. El número total de compartimentos ascendió a 186 en Ábaco, 380 en Andros y 127 en Gran Bahama (Allan, 1986). Como parte de esta iniciativa se elaboraron mapas de tipos de bosques para cada isla (Ábaco, Andros, Gran Bahama y Nueva Providencia).

En la primera etapa de muestreo, se eligieron dos compartimentos de cada bloque de forma aleatoria, mientras que la segunda etapa consistió en un muestreo sistemático de puntos situado al azar, de no más de 16 puntos dispuestos en forma de malla con 200 metros (m) entre cada punto dentro de cada uno de los compartimentos seleccionados (Allan, 1986).

Bajo los auspicios del proyecto Gestión e Innovación Forestal, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial y centrado en la integración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos en la gestión forestal y la planificación del uso del suelo, se prevé llevar a cabo un Inventario Forestal Nacional (IFN) en las Tierras Reales y los Parques Nacionales del norte de las Bahamas. Los objetivos principales y las consideraciones de monitoreo de este levantamiento regional de campo están vinculados a la productividad forestal y al almacenamiento de

carbono. Inicialmente, el levantamiento se recopilará mediante el establecimiento de 96 unidades de muestreo permanentes (UMP) aleatorias en todos los tipos de cobertura en las tierras del Terreno Forestal Nacional (TFN) en las islas de Ábaco, Andros, Gran Bahama y Nueva Providencia. Estas UMP se volverán a visitar a intervalos de cinco años para recopilar nuevos datos, pero también durante los procedimientos de control de calidad y garantía de calidad (CC y GC).

El diseño del IFN (Servicio Forestal del USDA, 2016) permitirá monitorear la futura expansión e intensificación a otras tierras e islas aplicando un método de muestreo espacialmente balanceado utilizando sistemas de información geográfica (SIG). Se utilizarán datos y tecnologías de teledetección para optimizar el inventario mediante el uso de la posestratificación basada en mapas actuales o la clasificación de Collect Earth Online de una gran muestra de puntos en imágenes de resolución fina (Westfall *et al.*, 2019). Dado que la estimación del cambio es importante, todas las parcelas serán permanentes. Como tal, el valor de cualquier estratificación previa tendería a degradarse con el tiempo, por lo que se optó por la posestratificación de parcelas de muestreo permanentes distribuidas de forma espacialmente equilibrada (GFOI, 2020). El IFN será un componente del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) y los datos derivados del IFN se utilizarán para facilitar las decisiones políticas relacionadas con la gestión forestal sostenible en todas las Bahamas.

CUADRO 7.1

Descripción histórica de los inventarios forestales

Ciclo del inventario	Periodo de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
Evaluación de las áreas de bosque de pino (Gran Bahama) y tipos de madera (Ábaco)	1956	Subnacional (Gran Bahama y Ábaco)	Ninguno	5
Evaluación de las áreas de bosque de pino	1961	Subnacional (Andros Norte)	Ninguno	54
Levantamiento de inventarios y utilización de tierras forestales (Asistencia para el Desarrollo Forestal)	1984	Subnacional (Ábaco, Andros y Gran Bahama)	Muestreo sistemático/aleatorio	48
Inventario Forestal Nacional	2021	Nacional (inicialmente subnacional)	Espacialmente equilibrado	96

7.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Los términos y definiciones aplicados en los inventarios anteriores no incluyen definiciones específicas para la superficie forestal, el volumen y la biomasa. La definición actual de superficie forestal se ajusta a las variables y umbrales de la FAO (Cuadro 7.2). Las definiciones de otras tierras boscosas y otras tierras no están definidas para el IFN, porque no están incluidas en las prioridades de muestreo; estos términos son utilizados por el país solo para la presentación de informes a la Evaluación de los recursos forestales mundiales

(FRA, por sus siglas en inglés). Las definiciones de volumen y biomasa para el IFN dependerán de las definiciones internacionales y/o regionales y no se han determinado.

Los tipos de bosque utilizados en el IFN incluyen bosques de pinos, montes bajos, bosques mixtos y manglares. En el Cuadro 7.3 se muestra un resumen de las definiciones de los tipos de bosque.

CUADRO 7.2

Resumen de las definiciones utilizadas para la implementación del Inventario Forestal Nacional

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	El bosque se define como una superficie de más de 0,5 hectáreas con árboles que alcanzan una altura de al menos 5 metros en la madurez y una cobertura de copas de más del 10%, y que no está principalmente sometida a un uso agrícola u otro uso específico de tierras no forestales.	Superficie > 1,2 ac (0,5 ha) Altura del árbol > 16,4 ft (5 m) Cobertura de copas > 10%
Otras tierras boscosas	n/p	n/p
Otras tierras	n/p	n/p
Volumen	Aún no está definido	n/p
Biomasa	Aún no está definido	n/p

Nota: n/p: no procede.

CUADRO 7.3

Resumen de las definiciones de tipo de bosque empleadas para implementar el Inventario Forestal Nacional

Término	Definición	Características principales de la definición
Bosque de pinos	El bosque de pinos está dominado por el pino caribeño, <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i> . Los bosques cuentan con una capa de diversas hierbas y una vegetación de sotobosque formada por palmeras y arbustos frondosos. Es la única especie de dosel que se encuentra en un ecosistema de suelos rocosos y calcáreos. En el archipiélago de las Bahamas, solo cuatro de sus islas tienen vegetación de pinares: Andros, Ábaco, Gran Bahama y Nueva Providencia.	Especies dominantes: <i>Pinus caribaea</i> var. <i>bahamensis</i>
Montes bajos	Los montes bajos son el tipo de bosque más diverso de las Bahamas, con muchos árboles diferentes. Las plantas de los montes bajos se consideran plantas latifoliadas. En las Islas de Pinos se encuentran dos tipos de montes bajos: los de Whiteland y los de Blackland.	Gestión forestal: regeneración
Manglares	Los manglares son un tipo de árbol que tolera la sal y que crece en aguas saladas o salobres poco profundas en arroyos y en la costa de las islas de las Bahamas. Hay cuatro tipos diferentes de manglares: el mangle rojo (<i>Rhizophora mangle</i>), el mangle negro (<i>Avicennia germinans</i>), el mangle blanco (<i>Laguncularia racemosa</i>) y el botoncillo (<i>Conocarpus erectus</i>).	Hábitat: conjunto vegetal o mangal
Bosque mixto	Bosque mixto de pino y monte bajo dominado por pino o monte bajo.	Un tercio de la cobertura de copas es de pino y un tercio es de monte bajo. Si un tipo alcanza los dos tercios de la cobertura de copas, se utiliza el bosque de pinos o de monte bajo en su lugar.





© Unidad Forestal

7.3 DISEÑO DE MUESTREO

El IFN se está diseñando y construyendo por etapas. El levantamiento actual, que comenzó en 2021, se centra en el TFN, que abarca las islas septentrionales de Ábaco, Andros, Gran Bahama y Nueva Providencia, dominadas por los bosques de pinos (Figura 7.1). Estas islas son las más grandes y contienen gran parte de los bosques comerciales de las Bahamas. Los dos subconjuntos de áreas del TFN que se están muestreando actualmente son los bosques de conservación y las reservas forestales. Los bosques de conservación son zonas forestales donde está prohibida la extracción de recursos forestales y/o no madereros. Estas áreas están destinadas a la protección permanente de los aspectos ecológicos, científicos y culturales de estas zonas forestales. Las reservas forestales son áreas forestales que permiten el uso sostenible y/o la extracción de recursos forestales. Las UM se distribuyen de forma espacialmente equilibrada en las dos zonas sin tener en cuenta si son forestales o no. Para las Islas de Pinos (Ábaco, Andros, Gran Bahama y Nueva Providencia), se seleccionaron 96 UM, con 51 de ellas distribuidas en los bosques de conservación del TFN y 45 en las reservas forestales del TFN; de estas, 56 unidades de muestreo se encuentran en bosques y 40 en otras tierras (Cuadro 7.4).

Se utilizarán métodos de posestratificación para mejorar la precisión basados en los mapas de la cobertura forestal disponibles en el momento de cada ciclo de levantamiento o utilizando Collect Earth Online para clasificar muchos puntos en imágenes de resolución fina. Las UMP facilitarán la nueva medición y la estimación de los componentes del cambio.

En el futuro, se prevé que el IFN se amplíe al resto de las Islas de Pinos y posteriormente a todo el país. Para ello, se tratarán los dos tipos de áreas del TFN como dos subpoblaciones y el resto de las Islas de Pinos como una tercera subpoblación, ya que su intensidad de muestreo será probablemente menor que la de las áreas del TFN. El resto del país podría ser muestreado con la misma intensidad que el resto de las Islas de Pinos, en cuyo caso se incluiría en la tercera subpoblación; si no, se convertiría en una cuarta subpoblación. A efectos de estimación, es probable que se aplique a cada subpoblación una posestratificación utilizando un mapa reciente de la cobertura de la tierra, elaborado por la

Unidad Forestal. En el caso de que no haya un mapa reciente de cobertura/uso de la tierra, se podría aplicar un doble muestreo para la posestratificación (Westfall *et al.*, 2019), estratificando cientos o incluso miles de puntos en imágenes de resolución fina distribuidos uniformemente en las subpoblaciones. Las unidades de muestreo se distribuirían en cada subpoblación de forma espacialmente equilibrada, sin tener en cuenta la cobertura de la tierra actual.

7.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Los objetivos generales del SNMF de Bahamas consisten en rastrear los cambios a lo largo del tiempo con respecto a la productividad forestal y el almacenamiento de carbono. Algunos indicadores están relacionados con la abundancia de árboles, el crecimiento/mortalidad de los árboles, la biomasa/producción, el balance de carbono y la cobertura de la tierra y el uso del suelo.

El diseño de la UM del IFN se describe en la *Guía central de campo del Inventario y Análisis Forestal* (Servicio Forestal del USDA, 2016), basada en un conglomerado de dos parcelas circulares, en las que se recolectan diversos datos (Figura 7.2).

Las dos parcelas circulares tienen un círculo de 15 m de radio, en el que se miden todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 30,0 centímetros (cm); cada centro de la parcela está a 30 m de distancia con un azimut de 360°.

Una vez establecido el centro de la parcela, se identifica la condición de la parcela (que abarca las dos subparcelas). Una condición se define como un área de cobertura del suelo relativamente uniforme, como una cobertura vegetal homogénea (ecotipo). Una clase de condición contrastada es aquella que es diferente de la clase de condición previamente asignada en base a los atributos que la definen. Otras variables relevantes recopiladas son la cobertura de copas y la cobertura de la tierra, el material leñoso caído (DWM, por sus siglas en inglés), los detalles de los árboles y los árboles jóvenes, las especies de árboles de mangle, los datos de los árboles, los detalles de las plántulas, los arbustos y las especies de plantas invasoras, la clase según la copa, los daños en los árboles y la clase de deterioro.

Para las superficies de los manglares en los que las fluctuaciones de las mareas inundan la zona de la parcela, solo se registra la cubierta de copas.

Debido a la forma de crecimiento de las especies de manglares enanos, se establecen procedimientos específicos para la recopilación de datos sobre los árboles. En el caso de las especies de mangle, solo se registran el tamaño, la altura, el diámetro y la profundidad de la copa. La distancia, el porte y el diámetro se toman en el tronco más alto del grupo de manglares rojos. El diámetro a la altura del pecho se recopila a 30 cm de la última raíz fúlcrea establecida (BFD, 2016).

Cada parcela tiene diferentes tipos de subparcelas. La subparcela 1 consiste en un círculo de 8 m de radio, donde se miden todos los árboles con un DAP de 10,0 cm o superior. En cada subparcela 1 se registran las tres especies de arbustos más dominantes y se estima la superficie de la cobertura de copas (hasta la clase más cercana). Además, en la subparcela 1 se recopila la cobertura total de arbustos de todas las especies en toda la subparcela y las especies invasoras.

La subparcela 2 es un círculo más pequeño con un radio de 2,5 m, desplazado del centro de cada parcela 5 m a 90 grados, donde se registran todos los árboles jóvenes y plántulas (Servicio Forestal del USDA, 2016). Los detalles de los árboles jóvenes que se registran incluyen el estado, la condición, la clase, la especie de árbol, el porte, la distancia horizontal, el diámetro, la longitud total del árbol, la longitud de la copa viva, la clase de la copa del árbol, el daño del árbol y la gravedad.

Se consideran dos categorías de DWM: desechos leñosos gruesos (CWD, por sus siglas en inglés) con un diámetro mayor o igual a 10,0 cm; y desechos leñosos finos (FWD, por sus siglas en inglés) con un diámetro inferior a 10,0 cm. Todos los DWM en el IFN se muestrean utilizando el método de muestreo de intersección de líneas. En este método, se establecen transectos y se registran los trozos individuales de CWD y FWD si el eje central del trozo es intersecado por la línea del transecto. También se recolectan las mediciones de hojarasca y de humus en el punto de 8 m de cada transecto.

7.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

Todavía no se han determinado las ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa/carbono. Por lo tanto, se aplicarán ecuaciones regionales y/o internacionales.

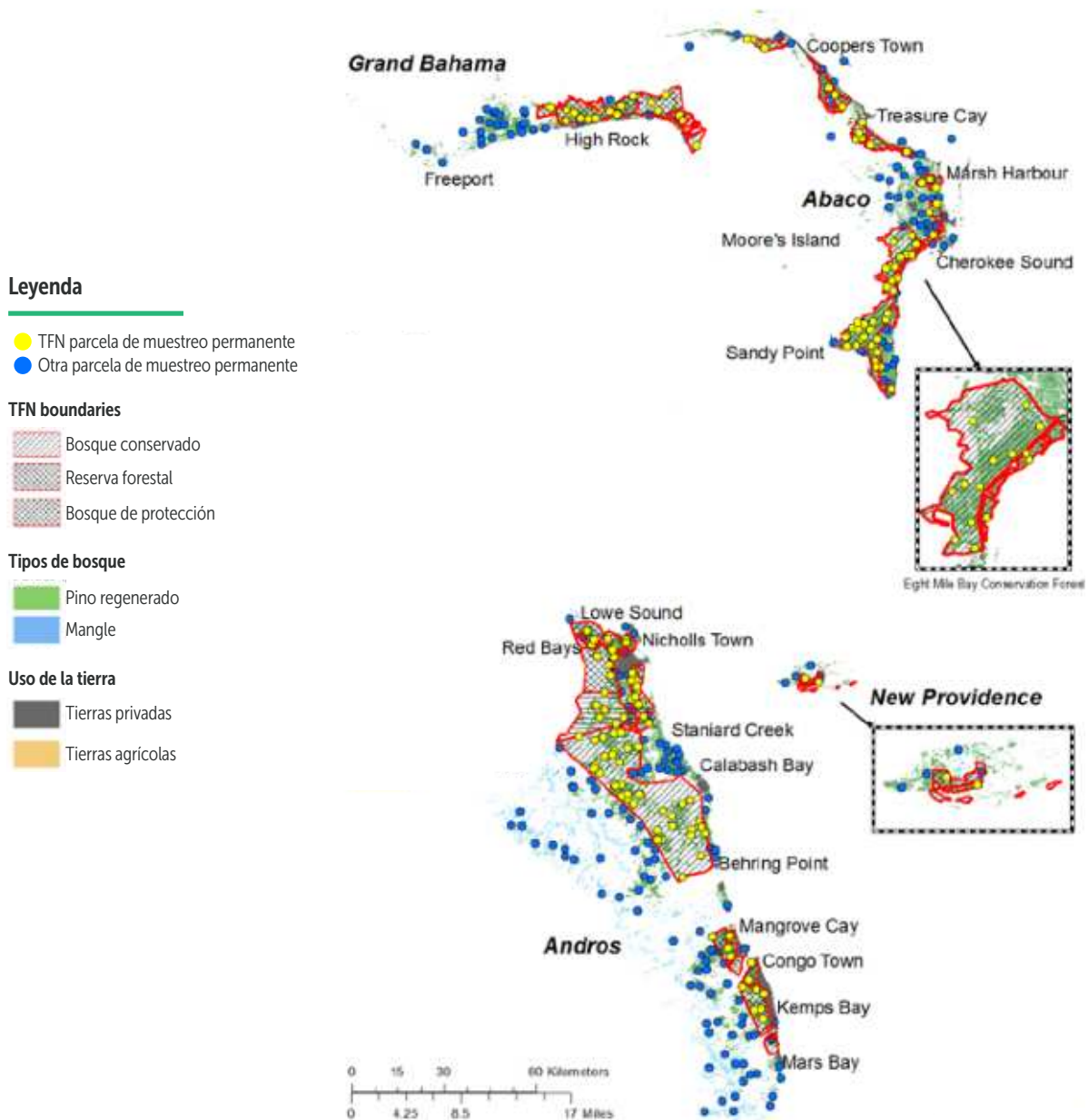
CUADRO 7.4

Características del diseño del muestreo

Región	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Número total de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Áreas de conservación del Terreno Forestal Nacional	353	28	0	23	51
Reservas forestales del Terreno Forestal Nacional	300	28	0	17	45
Total	653	56	0	40	96

FIGURA 7.1

Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: TFN: Terreno Forestal Nacional.

Fuente: Unidad Forestal (2018).

7.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL MÁS RECIENTE

Todavía no se han obtenido los resultados del Inventario Forestal Nacional más reciente, ya que la Unidad Forestal está en la fase de medición.

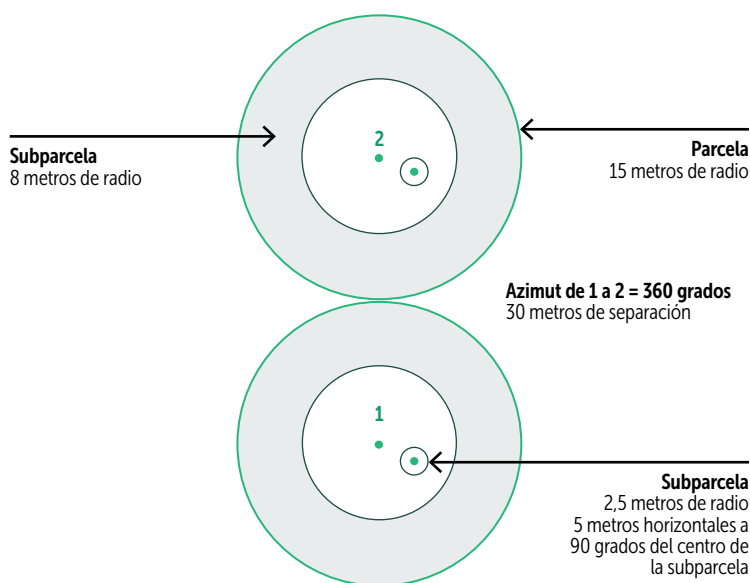
7.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

No existen datos sobre la extensión espacial de las áreas forestales y/o no forestales en las Bahamas, por lo que el establecimiento de un sistema de clasificación de la cobertura de la tierra y un proyecto cartográfico fueron fundamentales para identificar estas áreas. Se utilizaron imágenes satelitales de Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) con una resolución de 30 m para crear un conjunto de datos de clasificación de la cobertura de la tierra para el IFN y, en mayor medida, para el norte de las Bahamas (Ábaco, Andros, Gran Bahama y Nueva Providencia).

Para iniciar la implementación del IFN, se elaboró un manual de campo (Unidad Forestal, 2021) a fin de respaldar el proceso de recopilación de datos biofísicos por parte de los equipos de campo; además, de modo de garantizar la calidad de la recopilación de datos, se desarrollaron principios de AC/GC para los equipos de control de calidad. El manual de campo incluye procedimientos para localizar y establecer parcelas de campo, medir y registrar la información relacionada con los árboles y otra vegetación, el material leñoso grueso, la hojarasca/el humus, y proporciona los códigos asignados a cada variable de recopilación de datos. El manual de campo también indica los niveles de tolerancia y las normas de cumplimiento del error máximo aceptado en las mediciones. Además, el manual de campo incluye instrucciones de calibración y mantenimiento de los equipos que se utilizarán durante la recopilación de datos. El aseguramiento de la calidad supuso la elaboración de definiciones, procedimientos y límites de tolerancia para los errores. Otro aspecto del aseguramiento de la calidad para el IFN fue la capacitación y/o certificación de los encargados para garantizar que los datos sean recolectados por ellos de manera coherente, utilizando los mismos métodos y herramientas.

FIGURA 7.2

Configuración de la unidad de muestreo del Inventario Forestal Nacional



Fuente: Servicio Forestal del USDA (2016).

Cada UMP será visitada por un equipo de campo de cuatro funcionarios certificados. Hay un total de once funcionarios certificados, entre ellos tres mujeres y ocho hombres. El equipo trabajará en equipos de dos personas, cada una de las cuales completará una subparcela. Dos funcionarios de AC/GC acompañarán a los equipos en todo momento para garantizar que los datos recopilados cumplan los requisitos mínimos de las normas de calidad definidas. Se considera que los datos son de "calidad aceptable" para el IFN si cumplen los objetivos de calidad de las mediciones (OMC) definidos, concretamente, las normas de tolerancia y cumplimiento establecidas para cada variable.

El control de calidad se aplicará mediante reglas de validación de la base de datos en Collect Mobile, la herramienta de recopilación de datos creada por Open Foris (www.openforis.org/). Los métodos de validación que se utilizarán son los siguientes:

- control de carácter permitidos;
- verificación de coherencia;
- verificación de tipos de datos;
- comprobación lógica;
- verificación de presencia;
- verificación de rango;
- verificación de singularidad;
- verificación de campo (cálido, frío).

Se utilizarán registradores portátiles de datos para registrar las respuestas válidas, minimizando así la necesidad de realizar el proceso de depuración de datos.

7.9 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Ha habido muchos desafíos relacionados con la implementación del IFN; en particular, los efectos asociados con el Huracán Dorian en 2019, cuando las islas de Ábaco y Gran Bahama fueron severamente devastadas. La actual pandemia de COVID-19 también ha retrasado el avance de las actividades del IFN debido a las restricciones de viaje y a las medidas de distanciamiento social vigentes para reducir y/o mitigar la propagación del virus.

No obstante, la Unidad Forestal ha completado la revisión y edición del manual de campo del IFN y también ha finalizado los conjuntos de datos de la clasificación de la cobertura de la tierra. La Unidad

Forestal también ha colaborado con los equipos en la revisión del manual de campo y en la realización de ejercicios de simulación en parcelas con el fin de garantizar que se mantengan los procedimientos de recopilación de datos.

Los siguientes pasos para avanzar en la implementación del IFN incluyen la finalización del diseño de muestreo, los protocolos de ingreso de datos, las reglas de validación para Collect Mobile y la creación de paquetes de parcelas para los equipos de recolección de datos. Los objetivos a mediano plazo incluyen iniciar y completar el IFN en dos áreas forestales de conservación en las islas de Gran Bahama y Ábaco. Los planes a largo plazo se centrarán en los demás componentes del IFN, incluidos el análisis, la presentación de informes, el mantenimiento y el intercambio de datos. Aunque no se han determinado las herramientas específicas de análisis e información que se utilizarán, la Unidad Forestal está considerando Calc, la herramienta de análisis de datos incorporada en Open Foris.

La implementación del IFN es importante para el SNMF de Bahamas. El IFN facilitará la recopilación, el análisis y el monitoreo sistemáticos de datos periódicos relacionados con los bosques mediante el establecimiento de las UMP. Las UMP recogerán y proporcionarán detalles pertinentes relacionados con los efectos naturales y antropogénicos en los recursos madereros comercialmente viables y en el ecosistema forestal general dentro del Terreno Forestal Nacional.



© Unidad Forestal

REFERENCIAS

Allan, T.G. 1986. *Management Plan for the Pine Forests of the Bahamas*. Nassau, FAO.

Departamento Forestal de Bangladesh (BFD). 2016. *Field Instructions for the Bangladesh Forest Inventory (V.1.1)*. Dhaka, BFD y FAO.

Henry, P.W. 1974. *The pine forests of the Bahamas*. Land Resource Study 16. Surbiton (Reino Unido), Overseas Development Administration, Land Resources Division.

Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques (GFOI). 2020. *Integración de las observaciones por teledetección y terrestres para estimar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero: Métodos y Orientación de la Iniciativa Mundial de Observación de los Bosques*, Edición 3.0. Roma, FAO. (disponible en: www.reddcompass.org/mgd).

Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2016. *Forest Inventory and Analysis National Core Field Guide (with Interior West Regional Additions)*. Vol. 1: Procedimientos de recolección de datos de campo para las parcelas de la Fase 2, Versión 7.0. Fort Collins (Estados Unidos de América). (disponible en: www.fs.fed.us/rm/ogden/data-collection/pdf/P2%20Manual_70_Feb2sm.pdf).

Unidad Forestal. 2018. *Bahamas Forest Inventory Sample Plot Location*. Nassau.

Unidad Forestal. 2021. *Field Instructions for Bahamas Forest Inventory*. Nassau.

Westfall, J.A., Lister, A.J., Scott, C.T. y Weber, T.A. 2019. Double sampling for post-stratification in forest inventory. *European Journal of Forest Research*, 138(3): 375-382. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01171-9>).



SIGUIENTE CAPÍTULO
BELICE

Capítulo



BELICE

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BELICE

Percival Cho, Ministerio de Desarrollo Sostenible, Cambio Climático y Gestión del Riesgo de Desastres, 2 Piso Market Square, Belmopán, Belice

Edgar Correa, Departamento Forestal, Forest Drive, Belmopán, Belice

German Lopez, Departamento Forestal, Forest Drive, Belmopán, Belice

Florencia Guerra, Departamento Forestal, Forest Drive, Belmopán, Belice

Ivanna Waight-Cho, Instituto de Investigación Ambiental de la Universidad de Belice, Price Center Road, Belmopán, Belice

Edalmi Grijalva, Unidad de Coordinación de REDD+, Oficina Nacional de Cambio Climático, Slim Lane, Belmopán, Belice

8.1 RESUMEN HISTÓRICO DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN BELICE

La experiencia de Belice con los inventarios forestales comenzó hace siglos, durante el período colonial. Una de las primeras tareas del primer gobierno colonialista de Belice fue cuantificar y caracterizar los recursos naturales del país. Al igual que en todas las tareas de gestión de la tierra, cualquier decisión relativa al uso de los recursos naturales se debe basar en información de buena calidad sobre la distribución y abundancia de los recursos. El patrimonio forestal del país se dividió en diferentes bloques correspondientes a círculos de trabajo de producción, y en un principio, durante el siglo XVIII, la tala comenzó con evaluaciones visuales superficiales de las existencias. A finales del siglo XIX, los silvicultores coloniales iniciaron la primera evaluación comercial de las existencias de árboles madereros en diferentes zonas del país (Bird, 1998). Sin embargo, los objetivos de estos inventarios no avanzaron mucho más allá de la simple estimación de las existencias de caoba (*Swietenia macrophylla*) hasta mediados del siglo XX, cuando los silvicultores coloniales empezaron a estudiar los patrones de vegetación, a documentar la botánica de las especies forestales y a repetir las mediciones de las parcelas forestales para determinar el crecimiento y la mortalidad. Entre mediados y finales del siglo XX, los silvicultores coloniales empezaron a ampliar los inventarios forestales para abarcar evaluaciones a gran escala de los tipos de bosque dentro de las unidades de gestión a nivel subnacional; de forma acumulativa, éstas abarcaban cerca del 50% del patrimonio forestal nacional, con vistas a categorizar plenamente los múltiples estratos en diferentes tipos de bosque (véase, por ejemplo, Johnson y Chaffey, 1973).

El patrimonio forestal del país se ha dividido y gestionado tradicionalmente según bloques geográficos diferenciados, correspondientes a los límites de las reservas forestales públicas o de los bosques de propiedad privada. Dentro de los bosques públicos, en algunos casos la separación en bloques geográficos se realiza siguiendo líneas ecológicas. Las responsabilidades y los objetivos de gestión suelen variar entre los distintos bloques forestales. Como consecuencia de ello, o al menos como factor propiciador, no ha habido un intento coordinado por implementar el tipo de inventario forestal nacional promovido en la región por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Sin embargo, a lo largo de los años se han inventariado varios bloques de bosques para diferentes propósitos, teniendo algunos bloques múltiples inventarios a diferentes escalas (Cuadro 8.1). Algunos inventarios se diseñaron para apoyar la planificación de la gestión forestal a nivel del 1% al 2% de la intensidad de muestreo de todo un bloque, mientras que otros han tenido un carácter más diagnóstico a nivel de subbloque. También hay un inventario permanente de la dinámica forestal en curso desde 1998, que actualmente incluye 60 unidades de muestreo (UM) repartidas en

muchos bloques forestales; este inventario se aborda con más detalle en el párrafo siguiente. La característica importante de este enfoque de inventarios múltiples es que los métodos han sido estándar en todos los bloques y a lo largo del tiempo, y los datos se han archivado digitalmente.

Hacia finales del siglo XX, como nación independiente, Belice comenzó a trabajar en el primer componente de un inventario nacional de sus recursos forestales, específicamente para medir las frecuencias de los diferentes procesos que ocurren en el bosque; comenzó en la década de 1990 con la instalación de 30 UM permanentes, cada una de las cuales midiendo una hectárea (ha) (Bird, 1998). Hasta ese momento, se había investigado muy poco sobre los procesos dinámicos de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de los árboles en los bosques naturales de pinos y árboles latifoliados de Belice. El objetivo de este nuevo programa de inventario a largo plazo era abordar la falta de información necesaria para la gestión forestal. Los resultados de estos estudios en parcelas forestales permanentes proporcionan el conjunto de datos

a largo plazo más completo hasta la fecha sobre la diversidad de los árboles, la estructura de los bosques, el crecimiento forestal, la mortalidad y el rendimiento de los bosques de Belice. Desde 2010, el inventario forestal permanente se ha ampliado respecto de las 30 UM originales establecidas en la década de 1990, concentradas principalmente en los bosques húmedos de las tierras altas, hasta las 60 UM actuales que abarcan todo el territorio del país (Figura 8.1). La red ampliada abarca ahora los bosques de las tres zonas de vida que existen en Belice: seca, húmeda y lluviosa.

El segundo componente del Inventario Forestal Nacional comenzó en 2018, con el objetivo específico de medir la superficie y la distribución de los diferentes tipos de bosque en todo Belice. Este componente implicó una evaluación mediante teledetección de la cobertura forestal y de sus cambios desde 2001 hasta 2015 aplicando UM permanentes virtuales establecidas en la plataforma Collect Earth (Figura 8.2). Este inventario virtual de la cubierta forestal, junto con las 60 UM permanentes de dinámica forestal, conforman

CUADRO 8.1

Descripción histórica de los inventarios forestales

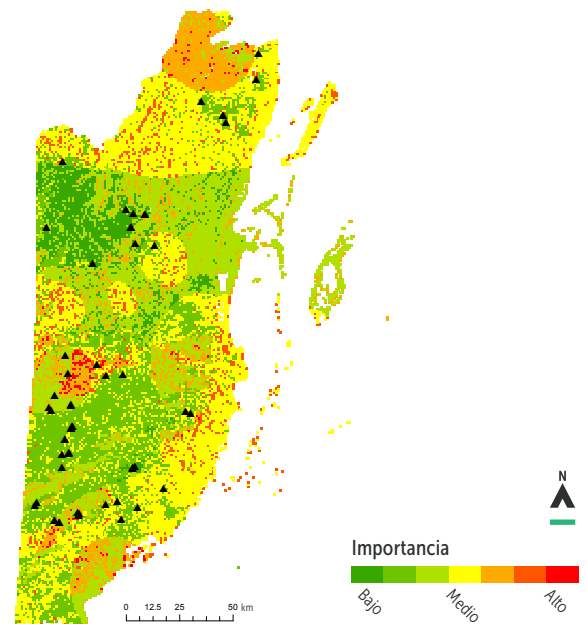
Ciclo del inventario	Periodo de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
Estudio de Recursos de la Tierra (ERT)	1969-1974	Subnacional		
		– Reserva Forestal Mountain Pine Ridge	Pino en tierras altas: muestreo por puntos aleatorio estratificado	4 760 puntos
		– Planicies Costeras del Sur	Pino en tierras bajas: parcelas rectangulares aleatorias (0,5 ha)	300 parcelas
		– Reserva Forestal Chiquibul	Árbol latifoliado en tierras bajas: transectos en banda aleatorios (10 ha o 16 ha)	50 transectos
Proyecto de Planificación y Gestión Forestal (FPMP, por sus siglas en inglés)	1992-1997	Nacional	Unidades de muestreo (UM) de muestreo aleatorio permanente (1 ha)	30 UM
Instituto de Recursos Naturales (NRI, por sus siglas en inglés)	1994	Subnacional	Pino en tierras altas: aleatorio estratificado	> 100 UM
Planes de Gestión Forestal Sostenible (SFMP, por sus siglas en inglés)	2004-2013	Nacional	Pino y árbol latifoliado en tierras bajas: transectos en banda aleatorios estratificados (0,5 ha)	> 500 UM
Red de Monitoreo Forestal de Belice (FORMNET-B, por sus siglas en inglés)	2009-presente	Nacional	UM aleatorias permanentes (1 ha), como en el FPMP (se vuelven a medir las antiguas UM y se instalan 30 nuevas)	60 UM (actualmente)
Collect Earth	2001-2015	Nacional	UM virtuales sistematizadas en una malla de un kilómetro	21 991 UM

conjuntamente el Inventario Forestal Nacional de Belice y también constituirán el Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (SNMF) de Belice, que se formalizará bajo los auspicios del mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+). Por lo tanto, el Inventario Forestal Nacional de Belice utiliza un sistema de inventario forestal en dos fases, con datos de inventario a nivel de árbol que producen estimaciones de las existencias y de los cambios en las mismas, que luego se extrapolan a nivel nacional utilizando datos territoriales obtenidos mediante teledetección sobre la distribución y el cambio de la cubierta forestal.

A principios del siglo XXI, se llevaron a cabo otros inventarios estáticos a nivel subnacional para conformar los planes de gestión forestal sostenible de varios bloques forestales. El objetivo de estos inventarios era producir datos estandarizados en todos los bloques de gestión que pudieran servir de base para la gestión territorial y, al mismo tiempo, tener un tamaño de muestra suficiente para sustentar la gestión a nivel local. Por primera vez, las empresas comerciales se encargaron de realizar los inventarios, aunque bajo la supervisión del Departamento Forestal. Todos los inventarios dentro de los bosques latifoliados utilizaron diseños de muestreo y diseños de UM similares, que normalmente consistían en parcelas tipo transectos de banda estratificados aleatoriamente de 500 metros (m) por 20 m con una intensidad de muestreo del 1% al 2%. Se utilizaron pequeñas variaciones en el diseño de las subparcelas cuando se contemplaron objetivos de muestreo nuevos o variados para diferentes estratos de vegetación tridimensional. Aunque se utilizaron métodos y diseños de muestreo comparables en los diversos inventarios comerciales en los diferentes tipos de bosque que se extienden a lo largo de la mayor parte del país, el rigor científico —en términos del grado de experiencia botánica implicada en un inventario y de si se llevaron a cabo evaluaciones del error de medición— varió considerablemente de un inventario a otro. No obstante, los datos sobre los árboles de estos inventarios son representativos de una gran extensión del país y, por lo tanto, han resultado útiles para evaluar las existencias forestales a nivel nacional, especialmente cuando se combinan con datos de inventarios forestales obtenidos mediante teledetección. Estos datos de inventarios forestales producidos por terceros también se incorporan al SNMF y se dividen para servir como conjuntos de datos de validación o para ayudar a la extrapolación.

FIGURA 8.1

Diseño de muestreo del componente de la dinámica forestal del Inventario Forestal Nacional

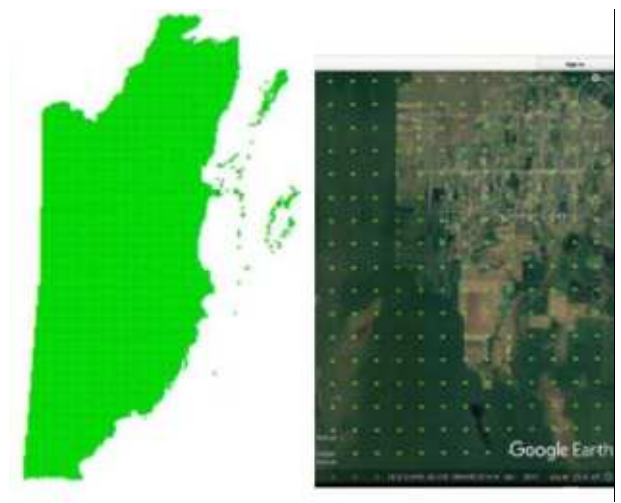


Nota: Las 60 UM permanentes de dinámica forestal (triángulos negros) están distribuidas de forma pseudoaleatoria por todo el país según un índice de importancia basado en la representación de los diferentes tipos de bosque y en las condiciones ambientales, como las precipitaciones.

Fuente: Cho *et al.* (2013).

FIGURA 8.2

Diseño del muestreo del componente de teledetección del Inventario Forestal Nacional



Nota: El diseño del inventario forestal virtual consta de 21 991 UM de ubicación fija, de 0,5 hectáreas cada una, distribuidas sistemáticamente por todo el país para medir el cambio en la cubierta forestal.

Fuente: Departamento Forestal (2020).

Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapas no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

8.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Los términos y definiciones relevantes para la implementación del último Inventario Forestal Nacional de Belice se basan en las circunstancias nacionales, pero en su mayor parte están alineados con las definiciones globales promovidas por la FAO. Las definiciones para los diferentes tipos de bosque se recogieron del *Nivel de Referencia Forestal 2001-2015 de Belice* (Departamento Forestal, 2020) y del *Protocolo de evaluación de uso de la tierra y cambio de uso de la tierra de Belice de Collect Earth/Open Foris* (Correa *et al.*, 2019), y se proporcionan en el Cuadro 8.2. Belice reconoce varios tipos de bosques, estando la mayoría constituidos por bosques maduros latifoliados y bosques de pinos. Otras tierras o tierras no forestales contemplan todas las tierras que no están clasificadas como otras categorías de acuerdo con la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) del año 2020 (FAO, 2018). También se definieron subcategorías para algunos tipos de cobertura, como los bosques, debido al importante papel que desempeña la gestión forestal en Belice; estas incluyen bosque regenerado y bosque secundario.

8.3 DISEÑO DE MUESTREO

El diseño de muestreo elegido para el Inventario Forestal Nacional (utilizado aquí como sinónimo de SNMF) de Belice utiliza múltiples plataformas y conjuntos de datos. El SNMF de Belice es un conjunto de métodos, actividades y arreglos institucionales que tienen como objetivo producir datos fiables y de alta calidad sobre las actividades humanas y los procesos ecosistémicos en los bosques, incluyendo estimaciones de las existencias forestales de carbono y las emisiones. Es una herramienta clave para evaluar si la implementación de las actividades, políticas y estrategias de gestión y protección de los bosques de Belice están dando lugar a beneficios medibles. El SNMF de Belice utiliza una combinación de enfoques de inventario por teledetección y terrestre. Proporciona estimaciones internacionalmente aceptables que son transparentes, coherentes y precisas, con bajos niveles de incertidumbre, y que están arraigadas en las circunstancias nacionales. Para garantizar un uso eficaz de los recursos limitados, el SNMF de Belice proporciona datos e información para la Medición, Reporte y Verificación de REDD+, los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, la presentación de informes sobre el progreso hacia las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) y la presentación de informes sobre la gestión forestal nacional.

CUADRO 8.2

Resumen de las definiciones utilizadas para aplicar el Inventario Forestal Nacional

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Tierras con una superficie mayor o igual a 0,5 hectáreas, dotadas de árboles de 5 metros o de altura superior, y una cobertura de copas del 30% o más. Esta definición también incluye las plantaciones forestales. Además, incluye un ecosistema que, debido a las condiciones bióticas (terreno, tipo de suelo, precipitaciones, etc.), tiene árboles que no pueden crecer a una altura superior a los 5 m (por ejemplo, algunos manglares) o que actualmente están por debajo de los 5 m pero son capaces de alcanzar esa altura <i>in situ</i> (por ejemplo, bosque secundario).	Superficie: 0,5 ha Altura \geq 5 m (con algunas excepciones, por ejemplo, manglares, bosques secundarios) Cobertura de copas \geq 30%
Otras tierras boscosas	Tierra no definida como "bosque" que se extiende por más de 0,5 ha; con árboles o con una cobertura combinada de arbustos, matorrales y árboles superior al 10%. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.	Area \geq 0,5 ha Altura: no definida Cobertura de arbustos, matorrales y árboles \geq 10%
Otras tierras	Toda la tierra que no ha sido clasificada como "bosque" u "otras tierras boscosas". Una superficie de 0,5 ha o más y que tiene un 80% de suelos que entran en subcategorías como suelo desnudo, rocas y arena.	Area \geq 0,5 h Cobertura de suelo desnudo, rocas y arena \geq 80%
Volumen	Volumen en metros cúbicos del tronco de los árboles de 10 centímetros de diámetro a la altura del pecho o superior, desde el nivel del suelo hasta la base de la copa, excluyendo los defectos.	DAP \geq 10 cm
Biomasa	Masa seca en kilogramos de árboles enteros y leños que se encuentran sobre el suelo.	DAP \geq 10 cm

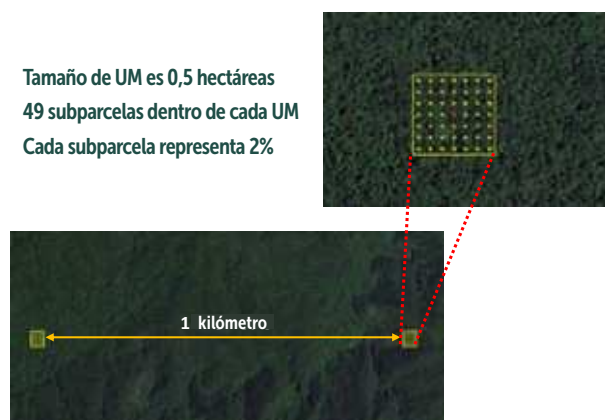
Como se ha señalado en el apartado 8.1, el SNMF de Belice tiene dos componentes: i) un sistema satelital de monitoreo terrestre y otra recolección de datos que proporciona información para las actividades antropogénicas que afectan la cobertura y la distribución de los bosques; y ii) un inventario nacional terrestre que utiliza una red de 60 UM permanentes y otros datos de inventario forestal recolectados a nivel subnacional que proporciona información sobre los procesos ecosistémicos que ocurren dentro de los bosques. El SNMF cuenta con la participación de múltiples instituciones y expertos independientes que actúan a diferentes escalas según metodologías comunes, como el Departamento Forestal, la Oficina Nacional de Cambio Climático y el Instituto de Investigación Ambiental de la Universidad de Belice.

8.3.1 COMPONENTE 1: SISTEMA SATELITAL DE MONITOREO TERRESTRE

Una malla de un kilómetro (km) de UM virtuales se distribuye sistemáticamente por la superficie total del país (22 110 km²). En cada punto de la malla se sitúa una parcela virtual de 0,5 ha, que corresponde a la superficie mínima para las definiciones nacionales de las diferentes categorías de uso de la tierra, según la Figura 8.3. Cada parcela consta de 49 puntos, cada uno de los cuales representa el 2% de la parcela, que se utilizan como subparcelas para el muestreo virtual de la cubierta forestal.

FIGURA 8.3

Diseño de muestreo del sistema satelital de monitoreo terrestre



Nota: Se utiliza una malla sistemática de un kilómetro para distribuir 21 991 unidades de muestreo (UM), cada una de las cuales mide 0,5 hectáreas. Las 21 991 UM son permanentes (con coordenadas fijas) con el propósito de realizar evaluaciones visuales continuas para hacer comparaciones precisas de los cambios entre el uso de la tierra/la perturbación para cada unidad de muestreo.

Fuente: Departamento Forestal (2020).

El diseño de muestreo, es decir, la malla con UM en las que se recolectan individualmente los datos de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) utilizadas en Collect Earth, se basa en una estimación previa del número de UM necesarias para alcanzar un error de muestreo bajo, y en cuestiones prácticas como el tiempo y la fuerza de trabajo disponibles para llevar a cabo la evaluación.

8.3.2 COMPONENTE 2: RED DE MONITOREO FORESTAL DE BELICE - RED DE INVENTARIO FORESTAL PERMANENTE SOBRE EL TERRENO

Inicialmente, el objetivo de la red de monitoreo forestal en la década de 1990 era seleccionar y monitorear al menos dos UM dentro de diferentes tipos de bosque principales en la Reserva Forestal Chiquibul, la Reserva Forestal Mountain Pine Ridge, la Reserva Forestal Río Columbia, el Área de Conservación y Manejo de Río Bravo y la Reserva Forestal Freshwater Creek, cinco de los principales bloques forestales de producción en ese momento. Los tipos de bosque se determinaron a partir de la clasificación nacional de vegetación de Wright *et al.* (1959), y se elaboró una estratificación para representar diferentes niveles de altitud, condiciones climáticas y perturbaciones, garantizando al mismo tiempo la accesibilidad. Así, se establecieron un total de 30 UM en los principales tipos de bosque según los niveles de variación ambiental (Figura 8.4).

En 2013, se elaboraron planes para añadir 30 nuevas UM a la red con el fin de proporcionar datos sobre la dinámica forestal de tipos de bosque que actualmente no estaban representados. En un sistema de información geográfica, los datos espaciales sobre suelos, precipitaciones, duración de la estación seca, altitud, aspecto, tipo de bosque, tenencia de la tierra, acceso a las carreteras, ecosistemas y representación de las UM se combinaron en un modelo determinista para calcular un índice de importancia de superficies de bosque que actualmente no están representadas. La resolución en este modelo fue de 1 km² y se utilizó para determinar la ubicación de las 30 nuevas UM. Desde entonces, la red de UM forestales se ha extendido a un total de 60, con nuevas UM en bloques o tipos de bosque no representados anteriormente, utilizando una estratificación similar para garantizar la representatividad ambiental (Figura 8.1). Las características del sistema satelital de monitoreo terrestre y del inventario forestal permanente sobre el terreno se muestran en el Cuadro 8.3.

CUADRO 8.3

Características del diseño del muestreo

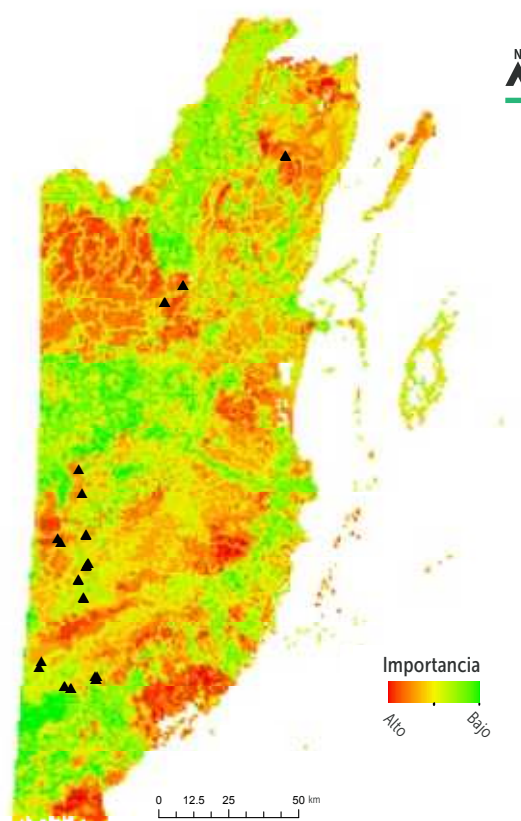
País	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Número total de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Belice (satelital)	2 211	13 059	2018	6 914	21 991
Belice (en terreno)	1 365	60	0	0	60
Total	3 576	13 119	2 018	6 914	22 051

8.5 DISEÑO DE MUESTREO

En la ejecución del inventario de monitoreo satelital de la tierra, se utiliza un tipo de UM de campo virtual. Una UM de campo de interpretación virtual mide 0,5 ha y tiene un total de 49 puntos de submuestra, representando cada punto una cobertura del 2% (Figura 8.5). Estos puntos se utilizan para clasificar una parcela como una de las seis categorías de uso de la tierra del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) basándose en un principio de mayoría. La clasificación de las UM se basa en definiciones y procesos nacionales. Las seis clases principales del IPCC son tierras forestales, tierras agrícolas, praderas, humedales, asentamientos y otras tierras. Otras variables recopiladas durante los períodos de tiempo indicados son el cambio de una categoría a otra, el año de cambio, el porcentaje del tipo de cobertura, la accesibilidad a la UM desde la carretera más cercana, la perturbación y el año de la perturbación. En el inventario forestal sobre el terreno, se utilizan diferentes tipos de diseños de UM, dependiendo del tipo de bosque y del objetivo. En los censos permanentes en bosques maduros, para determinar los índices de la dinámica forestal de los bosques latifoliados y de pino, se utiliza una parcela cuadrada de 1 ha (100 m × 100 m) (Figura 8.6). En cada parcela se colocan marcadores de larga duración y se subdivide en veinticinco cuadrículas de 20 m por 20 m cada una. Los troncos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 centímetros (cm) se registran en todos los cuadrantes, excepto en el cuadrante 13, donde se registran los troncos con un DAP mayor o igual a 1 cm. Los datos adicionales que se registran para cada tronco incluyen la distancia medida hacia el este y el norte, la presencia de especies trepadoras, la altura comercial, los defectos, la altura total, la posición de la copa y la forma de la copa (Bird, 1998).

FIGURA 8.4

Diseño de muestreo original de red nacional de parcelas permanentes en la década de 1990



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

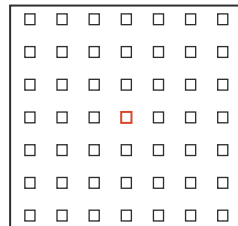
Nota: 30 unidades de muestreo (UM). El índice de importancia mostrado se utilizó para determinar la ubicación de 30 nuevas UM. Las nuevas UM se han distribuido dentro de las áreas con un nivel de importancia igual o superior al 80%, lo que ha dado lugar a la distribución actual de las UM que se muestra en la Figura 8.1.

Fuente: Cho *et al.* (2013).

Para el monitoreo permanente de los bosques secundarios, las UM consisten en parcelas de 1/5 ha (20 m × 100 m) subdivididas en cinco cuadrículas de 20 m por 20 m (Figura 8.7). Se han instalado cuatro UM de este tipo en todo el país. Los datos recopilados en la parcela son los siguientes:

FIGURA 8.5

Trazado de unidad de muestreo virtual para clasificación del uso y cobertura de la tierra

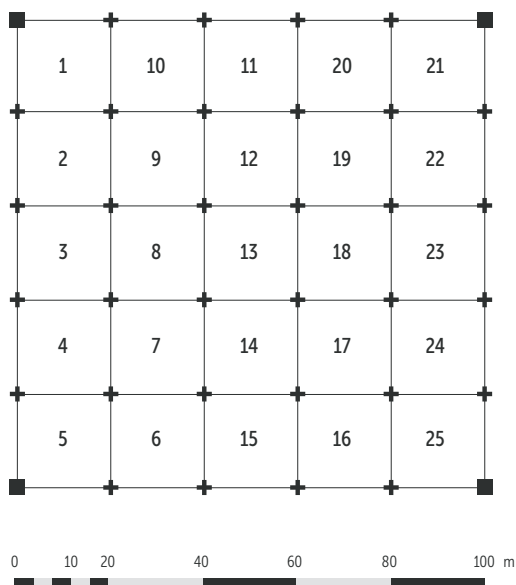


Nota: La unidad de muestreo mide 0,5 hectáreas (50 m × 50 m).

Fuente: Departamento Forestal (2020).

FIGURA 8.6

Trazado de una unidad de muestreo permanente



LEYENDA

✦ 20 m poste de esquina interno

■ Poste de esquina externo



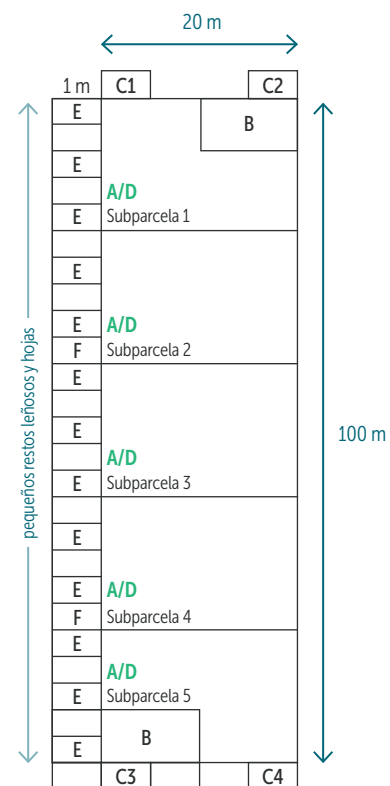
Nota: La unidad de muestreo mide 1 hectárea (100 m × 100 m). Los postes de esquina están situados al norte, al sur, al oeste o al este y están representados por tubos de cloruro de polivinilo de 5,08 cm por 152 cm e instalados a una profundidad de 30,5 cm.

Fuente: Cho *et al.* (2013).

- A. se registran los troncos con un DAP mayor o igual a (\geq) 10 cm dentro de todas las cuadrículas. Además de esto, también se registran para cada tronco la distancia medida hacia el este y el norte, la presencia especies rampantes, la altura comercial, la altura total, la posición de la copa y la forma de la copa;
- B. se registran los fustes con un DAP \geq 1 cm y menos de ($<$) 10 cm;
- C. se registran los fustes leñosos y no leñosos que miden $<$ 1 cm;
- D. se registran los restos leñosos gruesos que miden \geq 10 cm;
- E. se recolectan muestras de restos leñosos finos que miden \geq 1 cm hasta 9,9 cm;
- F. se recolectan muestras de hojarasca que miden $<$ 1 cm.

FIGURA 8.7

Trazado de una parcela de muestreo permanente para bosques secundarios



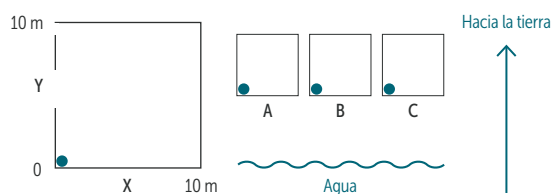
Nota: La parcela mide 0,2 hectáreas (20 m × 100 m). Los postes de esquina están situados al norte, al sur, al oeste o al este y están representados por tubos de cloruro de polivinilo de 5,08 cm por 152 cm e instalados a una profundidad de 30,5 cm.

Fuente: Departamento Forestal (2020).

En los inventarios permanentes de manglares se utilizan UM de parcelas por triplicado de 10 m por 10 m cada una, con una distancia aproximada de 100 m desde el borde del agua (Figura 8.8). Se han instalado 10 de estas UM en los manglares a lo largo de la costa y en las islas del litoral. Solo se monitorean los árboles con un diámetro mayor o igual a 2,5 cm y se registran tanto la altura total como el DAP de cada uno.

FIGURA 8.8

Trazado de parcelas por triplicado para los manglares



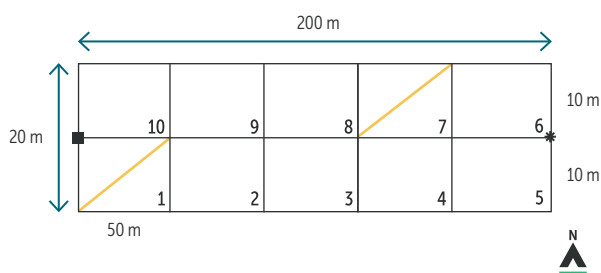
Nota: La parcela mide 10 metros por 10 metros. La técnica de trazado XY se utiliza dentro de las parcelas individuales. El punto 0 de cada parcela debe estar en la esquina del lado izquierdo más cercana al océano o laguna, como se muestra arriba.

Fuente: Almada-Villela *et al.* (2003).

Para los inventarios forestales no permanentes dentro de los bosques latifoliados, se utilizan parcelas de 0,5 ha (20 m x 250 m) alineadas de este a oeste. Cada parcela se subdivide en 10 cuadrículas de 10 m por 50 m cada una (Figura 8.9). Se utiliza un diseño anidado en el que los árboles con un DAP mayor o igual a 25 cm se enumeran y se miden en todas las cuadrículas, mientras que los árboles que miden entre 5 cm y 9,9 cm y entre 10 cm y 24,99 cm se miden en dos subparcelas de 0,02 ha y 0,1 ha, respectivamente, en las cuadrículas 1 y 7.

FIGURA 8.9

Trazado de una parcela de inventario de bosque latifoliado



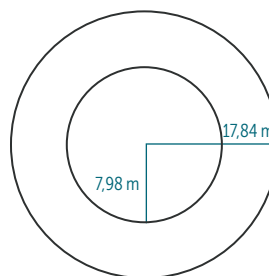
Nota: La parcela mide 0,5 hectáreas (20 m x 250 m). Las cuadrículas 1 y 7 constituyen las subparcelas de los árboles que miden entre 5 cm y 25 cm.

Fuente: Departamento Forestal (2020).

Los inventarios generales en los bosques de pino utilizan UM de parcelas circulares de 0,1 ha (17,84 m de radio en terreno plano). En ellas se miden todos los troncos de pino vivos con un DAP mayor o igual a 25 cm. Los datos adicionales recopilados incluyen la especie, la calidad del tronco, la forma de la copa, el grado de calidad de la troza, la presencia de escarabajos de la corteza del pino y las piñas. A continuación, se establece una subparcela de 0,02 ha (7,98 m de radio en terreno plano) y se registran todos los árboles vivos con un DAP entre 15 cm y 25 cm (Figura 8.10).

FIGURA 8.10

Trazado de la unidad de muestreo general de pinos



Nota: La unidad de muestreo se compone de una parcela de 0,1 ha (17,84 m de radio en terreno plano) con una subparcela de 0,02 ha (7,98 m de radio en terreno plano).

Fuente: Pine Lumber Company Ltd. (2016).

8.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

En el monitoreo satelital de la tierra, el área se calcula mediante el uso de un factor de expansión (F), representado por la siguiente ecuación:

$$F_c = A_c / N_c$$

Donde:

F_c = factor de expansión de una UM en el país

A_c = superficie del país

N_c = número de UM en el país

El factor de expansión calculado de este modo es igual a 100,53. Dado que las UM se distribuyen siguiendo la misma malla sistemática de 1 km por 1 km, el peso de las UM es siempre igual a 1 (todas las UM representan la misma superficie).

CUADRO 8.4

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa/carbono

VARIABLES	Ecuación	Referencia
Volumen total (m ³) Árboles latifoliados ≥ 10 cm	$V = e^{(-9,480 + 0,975 \ln [D^2 H_s])}$	Cho (2013)
Volumen total (m ³) Pinos ≥ 10 cm	$V = e^{([2,4(\ln DAP)] - 8,69)}$	Johnson y Chaffey (1973)
Biomasa (g) Manglares ≥ 10 cm	$BES = 125,9571 (DAP^2 H_s) 0,8557$	Cintron y Novelli (1984)
Biomasa (t) Pinos ≥ 10 cm	$BES = (e^{([2,4(\ln DAP)] - 8,69)}) 0,0625$	Johnson y Chaffey (1973)
Biomasa (t) Árboles latifoliados ≥ 10 cm	$BES = \frac{\rho (e^{(-9,480 + 0,975 \ln [D^2 H_s])})}{1 - (0,723CFI - 0,091)}$	Cho (2013)

Nota: BES: biomasa por encima del suelo; CFI: Forma de Copa de Dawkins (Dawkins, 1958) expresada como un porcentaje decimal de 5; DAP: diámetro a la altura del pecho, es decir, diámetro en centímetros a 1,3 metros; H: altura en metros del tronco desde el nivel del suelo hasta la base de la copa; HT: altura total en metros; ρ : densidad de la madera en g/m³ obtenida de la Base de datos global de densidad de la madera (Zanne *et al.*, 2009).

Por lo tanto, el cálculo de la superficie de un tipo de bosque determinado es igual al número de UM virtuales que se encuentran dentro del tipo de bosque multiplicado por el factor 100,53.

El cálculo del volumen y la biomasa en los inventarios terrestres depende del uso de modelos alométricos y factores de expansión de volumen que son específicos de los grupos de especies. Existen diferentes modelos locales de volumen y biomasa para los distintos grupos de especies latifoliadas, para los pinos y para los manglares; estos modelos se enumeran en el Cuadro 8.4. El volumen se tabula por UM y luego se promedia para todas las UM dentro de un tipo de bosque determinado, y posteriormente se multiplica por la superficie de ese tipo de bosque, con el fin de estimar los totales nacionales de los volúmenes forestales. El mismo procedimiento de tabulación se utiliza para la biomasa.

El equipo utilizado para medir los parámetros que se ingresan en las ecuaciones de volumen y biomasa incluye distanciómetros láser para medir la altura, cintas para medir el diámetro y forcípulas para medir el diámetro de los troncos irregulares. Para la biomasa y el volumen, los cálculos se realizan en una hoja de cálculo Excel verificada por una suma de control y posteriormente se transfieren a una base de datos para su procesamiento. El error y la incertidumbre se calculan dentro del paso de procesamiento de la base de datos utilizando modelos desarrollados a partir de las mediciones de campo del error de usuario del

diámetro y la altura y las estimaciones del error a partir del uso de modelos alométricos. Los modelos de volumen y biomasa desarrollados localmente producen estimaciones con una incertidumbre total de alrededor del 35%, con un 27% contribuido por el error de medición y un 8% contribuido por la ecuación alométrica (Cho, 2013).

8.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL MÁS RECIENTE

En 2018 y 2019, el componente satelital de monitoreo de la tierra produjo estimaciones de la superficie forestal y del cambio en la superficie. Estas estimaciones se combinaron con los datos de existencias de biomasa compilados a partir de las UM de inventario permanente sobre el terreno a fin de producir estimaciones extrapoladas de las existencias de biomasa para todo el país en los bosques maduros. En la extrapolación se utilizó un promedio de existencias de 267 toneladas por ha de biomasa por encima del suelo (BES). Los resultados se resumen en el Cuadro 8.5.

CUADRO 8.5

Resultados del ciclo más reciente del Inventario Forestal Nacional (2018)

Variable	Resultado	Descripción
Superficie (miles de hectáreas)	1 300,4	Superficie total de bosque en 2018
Volumen	n/p	n/p
Biomasa (biomasa por encima del suelo en miles de toneladas); error estándar de la media en paréntesis	347,2 (±27,7)	Biomasa forestal total en 2018
Carbono (carbono por encima del suelo en miles de toneladas); error estándar de la media en paréntesis	163,2 (±13,1)	Carbono forestal total en 2018

Nota: n/p: no procede.

8.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Las actividades de control y aseguramiento de la calidad llevadas a cabo durante la evaluación del monitoreo satelital de la tierra contaron con un segundo operador para reevaluar el 5% de todas las UM de Belice. Estas UM se seleccionaron aleatoriamente y se garantizó que los mismos operadores no se reevaluaran a sí mismos. Se observó que el nivel de coincidencia entre la primera evaluación y la segunda para los bosques fue superior al 95%. No obstante, se realizaron dos reevaluaciones adicionales de las UM con incertidumbre. Todas las UM se filtraron utilizando Saiku, una herramienta de inteligencia empresarial, que permitió identificar otras incertidumbres en las UM. Además, todos los datos sobre cambios de uso y cubierta del suelo (LULC, por sus siglas en inglés) se importaron a ArcMap para llevar a cabo una mayor validación con consultas para las zonas dentro de las áreas protegidas. Por último, para asegurar la calidad, una organización independiente (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe [CATHALAC]) elaboró un mapa de Sentinel-2 utilizando una metodología *wall-to-wall* y los resultados generales en las superficies forestales arrojaron una diferencia de 1,26%.

El control de calidad en el inventario forestal permanente sobre el terreno consiste en volver a medir un subconjunto de árboles inmediatamente después de realizar un censo. Si el error en las mediciones de los árboles es superior al 5%, la UM se debe volver a medir. Además, se aplican controles de calidad en la introducción de datos al proceso de transcripción para mantener un error inferior al 5%.

En cuanto a las UM de manglares, el personal, los pasantes y/o los voluntarios reciben capacitación sobre la metodología antes de realizar los estudios de las UM. El responsable, que suele ser un biólogo marino, se asegura de que el equipo recopile los datos con precisión. Además, el mismo equipo realiza la recopilación de datos en todos los lugares establecidos. El biólogo marino se encarga de verificar los datos y de depurarlos si es necesario antes de analizarlos.

8.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES RECOLECTADAS

En el proceso de recopilación de datos de Collect Earth, además de la evaluación del cambio de uso de la tierra, también se observó la perturbación dentro de las UM forestales. Hay niveles de perturbación altos y bajos: la perturbación alta es cuando el 35% o más de la UM está perturbada, y la perturbación baja es cualquier perturbación que afecta a menos del 35% de la UM. Los tipos de perturbación considerados son i) perturbación natural o perturbación causada por un huracán, que se refiere a un desastre natural; y ii) perturbación causada por una plaga, que se refiere a los insectos que afectan a la especie arbórea dentro de su ecosistema natural, por ejemplo, el escarabajo de la corteza del sur que afecta al bosque de pinos.



8.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

La evolución del Inventario Forestal Nacional de Belice continúa bajo los auspicios del SNMF para REDD+. Collect Earth y otros métodos similares de teledetección representan la mitad de los futuros avances, pero también se espera que las mediciones sobre el terreno mejoren su precisión a medida que se mejore la tecnología, como los dispositivos de medición láser. También se llevará a cabo la armonización de las bases de datos entre los inventarios satelitales y terrestres, utilizando la última tecnología en herramientas de inteligencia empresarial. Se producirá una futura ampliación de las UM permanentes a otros tipos de bosque y vegetación, incluida la cubierta no forestal. Se ampliarán las variables de medición para incluir una evaluación rigurosa de las variables climáticas y del suelo.

Uno de los retos para los futuros inventarios forestales es la pérdida de conocimientos que se produce por la “fuga de cerebros” o la elevada rotación de los técnicos formados en los sectores público y privado. Las universidades con acuerdos de titularidad a largo plazo son lugares ideales para incorporar este tipo de conocimientos, a fin de evitar que se pierdan por la rotación.

Además, la incorporación de consideraciones de género en la planificación del desarrollo de capacidades para el monitoreo forestal será un paso importante para minimizar la pérdida de conocimientos. En la campaña Collect Earth de 2018, las mujeres constituían el 40% del equipo de técnicos. En el campo, las mujeres representan entre el 20% y el 40% de la composición del equipo. Con la fuerte participación de todos los géneros en el programa de monitoreo forestal de Belice, las posibilidades de éxito continuo en el futuro son altas.

REFERENCIAS

- Almada-Villela, P.C., Sale, P.F., Gold-Bouchot, G., y Kjerfve, B.** 2003. *Manual of methods for the MBRS Synoptic Monitoring Program: Selected methods for monitoring physical and biological parameters for use in the Mesoamerican region*. Ciudad de Belice (Belice), Mesoamerican Barrier Reef Systems Project. (disponible en: www.researchgate.net/publication/279685258_MESOAMERICAN_BARRIER_REEF_SYSTEMS_PROJECT_MANUAL_OF_METHODS_FOR_THE_MBRS_SYNOPTIC_MONITORING_PROGRAM_Selected_Methods_for_Monitoring_Physical_and_Biological_Parameters_for_Use_in_the_Mesoamerican_Regi).
- Bird, N.M.** 1998. *Sustaining the yield: Improved timber harvesting practices in Belize 1992–1998*. Chatham (Reino Unido), Instituto de Recursos Naturales.
- Cho, P.** 2013. *An investigation of tropical forest response to hurricane disturbance with evidence from long-term plots and earth observation in Central America* (tesis de doctorado). Universidad de Lancaster.
- Cho, P., Blackburn, G.A., Bird, N.M., Brewer, S.W. y Barlow, J.** 2013. The FORMNET-B database: monitoring the biomass and dynamics of disturbed and degraded tropical forests. *Journal of Vegetation Science*, 24(6), 1204-1207. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/jvs.12103>).
- Cintron, G. y Novelli, Y.S.** 1984. Methods for studying mangrove structure. En S.C. Snedaker y J.G. Snedaker, coords. *The mangrove ecosystem: research methods*, pp. 91-113. París, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Correa, E., Guerra, F., Meighn, B., Reyes, E. y Cho, P.** 2019. *Belize Collect Earth/Open Foris Land Use and Land Use Change Assessment Protocol*. Belmopán, Gobierno de Belice.
- Dawkins, H.C.** 1958. *The management of natural tropical high forest with special reference to Uganda*. Documento del Instituto No. 34. Oxford (Reino Unido), Instituto Forestal Imperial, Universidad de Oxford.
- Departamento Forestal.** 2020. *Belize Forest Reference Level, 2001–2015*. Belmopán, Gobierno de Belice. (disponible en: https://redd.unfccc.int/files/belize_frel_final_report_2001-2015_2020.01.13.pdf).
- FAO.** 2018. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Términos y definiciones FRA 2020*. Documento de Trabajo N.º 188 de la Evaluación de recursos forestales. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/I8661EN/i8661en.pdf).
- Johnson, M.S. y Chaffey, D.R.** 1973. *A Forest Inventory of Part of the Mountain Pine Ridge, Belize*. Land Resource Study No. 13. Surbiton (Reino Unido), Land Resources Division, Overseas Development Administration. (disponible en: https://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00002829_001.pdf).
- Pine Lumber Co. Ltd.** 2016. *Methodology for General Forest Inventory. Pine Lumber Co. Ltd. Forest License (LTFL 1/02) Mountain Pine Ridge Forest Reserve*. San Ignacio (Belice).
- Wright, A.C.S., Romney, D.H., Arbuckle, R.H. y Vial, V.E.** 1959. *Land in British Honduras*. Colonial Research Publication No. 24. Londres, Oficina de Papelería de Su Majestad.
- Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C. y Chave, J.** 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. (disponible en: <https://doi.org/10.5061/dryad.234>). Acceso: 12 de mayo de 2021.



SIGUIENTE CAPÍTULO
BRASIL

Capítulo



BRASIL

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BRASIL

Joberto Veloso de Freitas, Universidad Federal de Amazonas, Av. Gen. Rodrigo Octávio Jordão Ramos, 6200, Coroado I Facultad de Ciencias Agrarias, Campus Universitario, Sector Sur, Bloco I, Manaus, AM, CEP 69080-900, Brasil

Gustavo Stancioli Campos de Pinho, Servicio Forestal Brasileño, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º piso, sala 253, Brasília, DF, CEP 70043-900, Brasil

Raquel Álvares Leão, Servicio Forestal Brasileño, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º piso, sala 253, Brasília, CEP 70043-900, DF, Brasil

Humberto Navarro de Mesquita Jr., Servicio Forestal Brasileño, Esplanada dos Ministérios, Bloco D, 2º piso, sala 253, Brasília, DF, CEP 70043-900, Brasil

Doádi Antônio Brena, Rua Félix Engel, 48/502, Centro, Nova Prata, RS, CEP 95320-000, Brasil

Patrícia Póvoa de Mattos, Embrapa florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

Yeda Maria Malheiros de Oliveira, Embrapa florestas, Estrada da Ribeira, Km 111, Bairro Guaraituba, Caixa Postal 319, CEP 83411-000, Colombo, PR, Brasil

9.1 HISTORIA DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BRASIL

Brasil es un país de gran extensión territorial, con 851 millones de hectáreas, de las cuales cerca del 57% están cubiertas por bosques, siendo la segunda mayor extensión de bosques del mundo (FAO, 2020a). El país tiene 26 estados y el Distrito Federal, con una población de unos 212 millones de habitantes.

Los primeros inventarios forestales en Brasil se realizaron a partir de mediados de la década de 1950 en la región amazónica, con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), abarcando cerca de 19 millones de hectáreas en 13 áreas de la región (Silva, 1996; SUDAM, 1974), con vistas al establecimiento de industrias de transformación de la madera como parte de una estrategia de desarrollo de la región. Entre 1965 y 1979 se realizaron tres inventarios forestales en el sur del país centrados en el pino brasileño (*Araucaria angustifolia*) e inventarios forestales de tres estados de la región nordeste del país (Machado, 1984).

En la década de 1980, en el contexto de la crisis mundial del petróleo, se realizó una primera edición del Inventario Forestal Nacional (IFN) para explorar el potencial de la biomasa forestal como alternativa a esa situación. Las mediciones de campo se llevaron a cabo en los bosques naturales y plantados, cubriendo alrededor de 250 millones de hectáreas inventariadas, excepto en la Amazonía, ya que esta región había sido cubierta por mediciones de campo en el marco del Proyecto RadamBrasil, de mapeo de los recursos naturales de la región (IBGE, 2018). El primer IFN de Brasil fue coordinado por el gobierno federal a través del Instituto Brasileño de Desarrollo Forestal (IBDF) y contó con el apoyo regional de universidades e instituciones de investigación a través de sus departamentos forestales. Después de esta iniciativa, hubo inventarios forestales de grandes áreas, pero con un enfoque en el desarrollo regional. A nivel nacional, la atención se centró más en la creación y el fortalecimiento de las instituciones (Bauch *et al.*, 2009), como es el caso del Instituto Brasileño del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA, por sus siglas en portugués), creado en 1989, y el Programa Forestal Nacional (PFN), creado el año 2000, entre otros. Solo en el contexto del PFN se retomó el tema del IFN.

Debido a la necesidad de mejorar el suministro de información forestal en el país, el IFN se reanudó en 2005, iniciando un nuevo proceso para definir una metodología que pudiera aplicarse a los diferentes biomas brasileños. Además, se consideró esencial que este nuevo IFN tuviera una mayor cobertura de los atributos de los bosques, ampliando el alcance más allá de la madera y buscando una mayor sinergia con procesos internacionales como el informe de la FAO (FAO, 2005) sobre la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA).

Se llevó a cabo un proceso consultivo coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente, a través del Programa Nacional de Bosques y con la colaboración de varias instituciones nacionales y de la FAO, que dio como resultado, en 2006, la presentación de una propuesta de metodología única para el IFN, con componentes de información biofísica y también socioambiental. El objetivo propuesto del IFN era producir información sobre los recursos forestales, los bosques naturales y plantados cada cinco años, a fin de apoyar la formulación de políticas públicas de uso y conservación de los recursos forestales.

En 2006, con la creación del Servicio Forestal Brasileño (SFB), al que se transfirió la coordinación del IFN, se inició la fase de prueba de la metodología en los biomas brasileños y la búsqueda de financiación para la ejecución del proyecto.

La recopilación de los datos de campo se inició formalmente en 2011 (Cuadro 9.1), con la financiación de un proyecto en colaboración con la FAO y recursos del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM). La recopilación de los datos de campo se inició en el Distrito Federal (580 000 hectáreas), la unidad más pequeña de la federación, situada en el bioma del Cerrado (sabana) y donde el SFB tiene su sede central (Brasilia). El trabajo se realizó con el apoyo de la Universidad de Brasilia y sirvió de base para perfeccionar la metodología, mejorar el manual de campo y estructurar el programa de capacitación y el de control de calidad. A medida que el IFN avanzaba por los estados del sur y del noreste, se pusieron a disposición otras financiaciones para el bioma de la Amazonia (Fondo Amazónico) y para el bioma del Cerrado (Programa de Inversión Forestal, o FIP, por sus siglas en portugués), y algunos estados (gobiernos estatales) participaron en la financiación. El IFN de Brasil aún no ha completado la medición de todas las unidades de muestreo previstas para su primer ciclo. Varios factores han contribuido a la inestabilidad de su proceso de ejecución; el principal ha sido el restringido modelo de ejecución financiera de los recursos presupuestarios del gobierno. En diciembre de 2019 se había completado

la recopilación de datos del IFN en 18 de las 27 unidades federativas (UF), lo que corresponde a cerca del 50% de la superficie del país, con 12 189 unidades de muestreo (UM) o conglomerados ya medidos, lo que corresponde al 69% del total de UM previstas para el primer ciclo (Cuadro 9.1). Esta diferencia se debe a que no se visitaron todos los puntos de la malla en la Amazonía, debido al difícil acceso, las limitaciones de recursos y la exclusión de las tierras indígenas en el primer ciclo del IFN.

El IFN está previsto en el código forestal, Ley 12.651/2012 para la protección de la vegetación nativa, y es coordinado por el SFB, que migró del Ministerio de Medio Ambiente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Abastecimiento (MAPA) en 2019. El IFN recibe apoyo científico de esta y otras instituciones de investigación y universidades brasileñas a través de una comisión asesora técnica y científica informal (CT-IFN).

El IFN se ha implantado por estados, por razones operativas y políticas, pero también por biomas, ya que tienen peculiaridades en cuanto a las características de sus bosques, y también por cuestiones de financiación, como se ha mencionado anteriormente. La Figura 9.1 presenta la distribución de las UM del IFN en los seis biomas brasileños, pudiendo observar los límites de los estados. Desde el punto de vista biofísico, los biomas representan diferencias que también se notan en el predominio de los tipos de vegetación, así como en la presión sobre los bosques y, por esta razón, los biomas suelen utilizarse como referencia en la aplicación de las políticas públicas medioambientales.

En el norte del país se encuentra el bioma de la Amazonía con su exuberante selva tropical, que ocupa el 49% del territorio nacional; en la parte central del país se encuentra el bioma del Cerrado, la sabana brasileña, que ocupa cerca del 24% del país (Cuadro 9.2); y en el noreste se encuentra el bioma de la Caatinga (9,9%) con predominio de la sabana esteparia, los bosques secos y una región semiárida. El bioma del Pantanal (1,8%), situado en la parte occidental del país, es una llanura aluvial con una gran diversidad biológica, especialmente de animales salvajes.

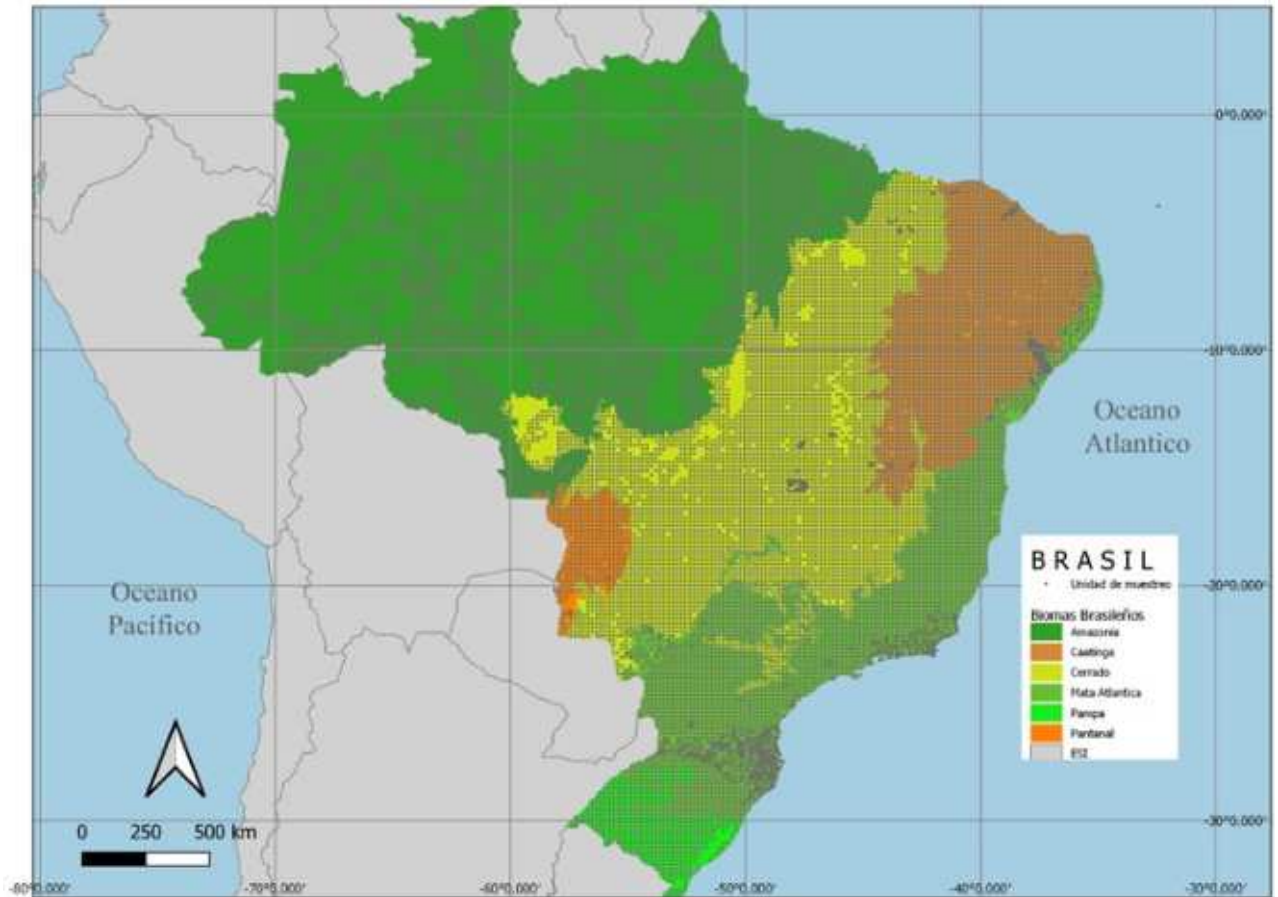
CUADRO 9.1

Descripción del Inventario Forestal Nacional de Brasil en curso, Ciclo 1

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo previstas
IFN-C1	Desde 2011	Nacional	Sistemático	17 587

FIGURA 9.1

Mapa de la distribución de las unidades de muestreo (conglomerados) en los seis biomas brasileños



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: Las unidades de muestreo están representadas por los puntos oscuros sobre el país, conforme la planificación para el primer ciclo del Inventario Forestal Nacional.

Fuente: Elaboración propia.

El bioma de la Mata Atlántica (13%) se da de norte a sur a lo largo de la costa brasileña, una región de alta concentración humana e históricamente de gran presión sobre los bosques. En el extremo sur del país se encuentra el bioma Pampeano (2,1%), también conocido como pastizales del sur, que también abarca Argentina y Uruguay.

El objetivo de este capítulo es describir el Inventario Forestal Nacional de Brasil, con énfasis en los aspectos metodológicos y los principales resultados en las variables priorizadas para la armonización de los IFN en la región, y también presentar algunas de las experiencias y expectativas obtenidas con su implementación en los últimos años.

CUADRO 9.2

Características del diseño de muestreo: extensión territorial de cada bioma y número de unidades de muestreo planeados para el primer ciclo del Inventario Forestal Nacional

Región del país (bioma)	Área territorial		Número de unidades de muestreo
	(1 000 ha)	% del país	
Amazonia	419 694,30	49,30	5 884
Cerrado	203 644,80	23,90	4 823
Pantanal	15 025,50	1,80	373
Caatinga	84 445,30	9,90	2 371
Mata Atlántica	111 018,20	13,00	3 613
Pampa	17 649,60	2,10	523
Total	851 477,70	100,00	17 587

9.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Los términos y definiciones adoptados para las principales variables de los IFN que implican estimaciones para las grandes superficies se elaboraron teniendo en cuenta las definiciones y clasificaciones nacionales y, en la medida de lo posible, las utilizadas por la FAO en el proceso de evaluación de los recursos forestales mundiales más reciente (FAO, 2010). Se han realizado adaptaciones tanto para facilitar la identificación y clasificación sobre el terreno como para procesar los datos de los mapas de vegetación mediante la agregación de tipologías que convergen con la definición de bosques y otras tierras forestales.

En el caso de la definición de bosque, se hizo una equivalencia entre las tipologías de bosque de la clasificación de vegetación del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE, 2012) y la definición de bosque de la FAO (Cuadro 9.3). Con la ayuda de especialistas en esta clasificación, se evaluaron las características de cada tipo de vegetación en relación con los principales atributos de la definición de la FAO (Cuadro 9.3). Asimismo, se enumeraron los tipos de vegetación que podían clasificarse como otras tierras con árboles (OTA) y otras tierras (OT). Con esto, se buscó la sinergia entre los datos de campo y el mapa de vegetación utilizado para la extrapolación de las variables de la categoría forestal mapeada por el IBGE, a partir de las definiciones que se adoptaron en el proceso de definición de la metodología (Cuadro 9.4). Los criterios para definir un bosque se transmiten a los equipos de campo durante la capacitación para garantizar la coherencia en la evaluación sobre el terreno.

© SFB / André Dib





CUADRO 9.3

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional

Área territorial		
Término	Definición	Variables y límites
Bosque	Tierra cubierta de vegetación arbórea, mayor a 0,5 hectáreas y con una cobertura de copas superior al 10%, en la que existen individuos leñosos que tienen o pueden alcanzar los 5 metros de altura. No incluye las áreas consideradas de uso agrícola y urbano. Categorías de vegetación del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) que cumplen los criterios de la definición de bosques de la FAO.	Área \geq 0,5 ha Altura potencial \geq 5 m Cobertura de copas \geq 10% Tipos de vegetación (IBGE)
Otras tierras boscosas	Tierras con tipos de vegetación que no se ajustan a la definición de bosques debido a las características de los árboles o a la cobertura de copas. Categorías de vegetación del IBGE que se ajustan a la definición de "otras tierras boscosas" de la FAO.	Cobertura de copas: 5%-10 % Tipos de vegetación (IBGE)
Otras tierras	Tierras con vegetación no clasificadas por la FAO como bosques u otras tierras boscosas.	Categorías de uso de la tierra
Volumen	Volumen de madera con corteza, calculado desde el tronco hasta la altura comercial o de inversión de la copa, de todos los árboles vivos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 centímetros, considerando todas las especies arbóreas. Para determinar el volumen del tronco, no se consideran las ramas por debajo de la altura comercial; tampoco se han considerado los registros o estimaciones específicas de los tocones.	DAP \geq 10 cm, especies arbóreas (no incluye palmeras)
Biomasa	Biomasa por encima del suelo: biomasa de los árboles vivos, incluyendo el tronco, las ramas, las hojas, las flores y las estructuras reproductivas. Biomasa por debajo del suelo: biomasa de las raíces, en la medida de lo posible, las que tienen un diámetro superior a 2 milímetros; basado en los factores de conversión disponibles en la literatura. Madera muerta: biomasa leñosa de los árboles en pie registrados como muertos y de todo el material leñoso caído en el suelo con un diámetro superior a 2,5 cm, independientemente del estado de descomposición.	DAP \geq 10 cm, especies arbóreas y otras formas de vida (por ejemplo, palmeras) y límites descritos en la definición al lado

Fuente: FAO (2010); IBGE (2012).

CUADRO 9.4

Resumen de la clasificación de la vegetación brasileña y su correspondencia con las categorías de la evaluación de los recursos forestales mundiales

Subgrupos de formaciones (fisionomía)	Formaciones (ambiente/relieve/tendencias)	Categoría Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020
Bosque ombrófilo denso (FOD)	FOD aluvial	Bosque
	FOD tierras bajas	Bosque
	FOD submontana	Bosque
	FOD montana	Bosque
	FOD alto montana	Bosque
Bosque ombrófilo abierto (FOA)	FOA aluvial	Bosque
	FOA tierras bajas	Bosque
	FOA submontana	Bosque
	FOA montana	Bosque
Bosque ombrófilo mixto (FOM)	FOM aluvial	Bosque
	FOM submontana	Bosque
	FOM montana	Bosque
	FOM alto montana	Bosque

CONTINUA CUADRO 9.4

Subgrupos de formaciones (fisionomía)	Formaciones (ambiente/relieve/tendencias)	Categoría Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020
Bosque estacional semidecidual (FES)	FES aluvial	Bosque
	FES tierras bajas	Bosque
	FES submontana	Bosque
	FES montana	Bosque
Bosque estacional decidual (FED)	FED aluvial	Bosque
	FED tierras bajas	Bosque
	FED submontana	Bosque
	FED montana	Bosque
Campinarana	Campinarana boscosa	Bosque
	Campinarana arbolada	Bosque
	Campinarana arbustiva	Otras tierras boscosas
	Campinarana gramíneo leñosa	Otras tierras
Sabana	Sabana boscosa	Bosque
	Arborizada	Otras tierras boscosas
	Parque	Otras tierras boscosas
	Gramíneo leñosa	Otras tierras
Sabana esteparia	Parque	Otras tierras boscosas
	Gramíneo leñosa	Otras tierras
Estepa (campos del sur de Brasil)	Parque	Otras tierras boscosas
	Gramíneo leñosa (campestre)	Otras tierras
Formaciones pioneras	Arbórea (de la cabecera rocosa)	Bosque
	Arbustiva (de las dunas)	Otras tierras boscosas
	Herbácea (de las playas)	Otras tierras
	Arbórea (manglares)	Bosque
	Herbácea (planicies fluviales)	Otras tierras
	Palmeral	Bosque
	Arbustiva	Otras tierras boscosas
	Herbácea	Otras tierras
Formaciones de contactos florísticos	Zonas de transición entre tipos de vegetación, que pueden ser forestales o no forestales	Bosque
Vegetación secundaria	Vegetación arbórea secundaria de algunas zonas donde hubo intervención humana	Bosque
Bosques plantados	Eucalipto, pino, acacia, algarroba, caucho, teca, entre otros	Bosque

Fuente: FAO (2010); IBGE (2012).

9.3 DISEÑO DE MUESTREO

El sistema se basa en el proceso de muestreo sistemático sobre una malla nacional de puntos de muestreo y UM de área fija (conglomerados). Esta malla se generó para todo el país a partir de un punto elegido al azar sobre la línea del Ecuador en el territorio brasileño. La distancia estándar entre los puntos de muestreo perpendiculares es de 20 kilómetros (km), sin embargo, existe la opción de densificar la muestra reduciendo la distancia entre los puntos en los territorios para los que se desea una información más detallada y precisa, cuando también se dispone de recursos para ello. Una muestra más densa puede estar justificada para tipologías de mayor interés, estados muy pequeños, municipios, o cuando se requiere mejorar la información sobre un territorio administrativo más pequeño. En general, el SFB implementa una malla estándar (20 km por 20 km), pero hay ejemplos de implementación de una malla de 10 km por 10 km en los estados de Santa Catarina (SFB, 2018), Río de Janeiro (SFB, 2018) y Sergipe (SFB, 2017), entre otros; una malla de 5 km por 5 km en el Distrito Federal (SFB, 2016) y en el Municipio de Caçador (SFB, 2019a); y una malla de 2,5 km por 2,5 km en la Tierra Indígena Manguaerinha (SFB, 2019b).

Es importante señalar que, salvo en estos casos especiales, no hay una estratificación previa para la selección de las unidades de muestreo que se van a medir. Todos los puntos de la malla deben ser visitados para la recopilación de datos, tanto si están en el bosque como si no lo están. La agrupación de conglomerados para la posestratificación es deseable y posible.

9.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Las UM se configuran como conglomerados con cuatro subunidades, alineadas con los ejes cardinales, situadas a 50 m del punto de muestreo indicado por la malla nacional (Figura 9.2), con división en subparcelas para aproximarse a diferentes límites de inclusión (SFB, 2019c).

Las subunidades estándar son rectangulares, de 20 m por 50 m (1 000 metros cuadrados [m²]), con la medición de todos los ejemplares con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm, considerándose éste el principal límite de inclusión del IFN. Excepcionalmente, en el bioma amazónico, la longitud de las subunidades es mayor (20 m por 100 m), midiéndose únicamente árboles con DAP mayor o igual a 40 cm en los últimos 50 metros. Esta estrategia se adoptó para captar mejor la información de los árboles grandes, que suelen tener una densidad muy baja y una gran contribución en variables como el volumen y la biomasa en el cómputo global. Los niveles de aproximación se presentan en el Cuadro 9.5. Las plantas herbáceas (Nivel I) solo se clasifican según tres categorías de abundancia o cobertura y una foto de cada parcela (0,4 m por 0,6 m), y con ello se compone una base de datos que puede ser consultada por los especialistas para orientar la investigación. No hay identificación de plantas herbáceas, pero cuando se encuentran plantas fértiles, se recogen para su identificación en los herbarios.

También, en el contexto de las UM, se utilizan dos transectos de 10 m que cruzan por encima del punto de muestreo, para evaluar la madera muerta y su

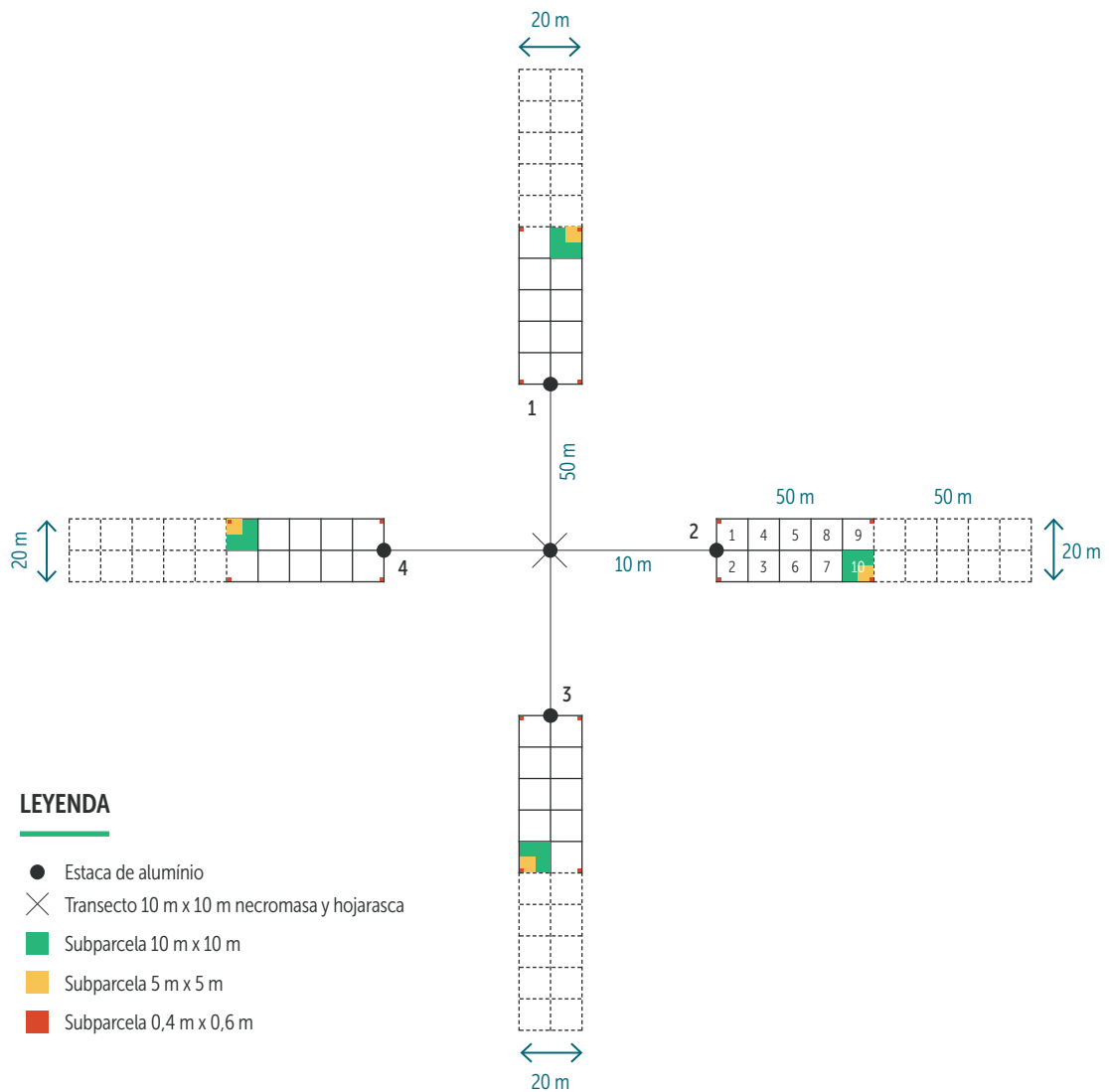
CUADRO 9.5

Dimensiones de la unidad de muestreo y de las subdivisiones para abordar los diferentes niveles de inclusión

Nivel de abordaje	Dimensiones de las unidades de muestreo (m)	Límites de inclusión	Bioma
I	0,4 x 0,6	Plantas herbáceas	Todos
II	5 x 5	Altura \geq 1,3 m Diámetro a la altura del pecho (DAP) < 5 cm	Todos
III	10 x 10	5 cm \leq DAP < 10 cm	Todos
IV	20 x 50	DAP \geq 10 cm	Todos
V	20 x 100	DAP \geq 40 cm (en los últimos 50 m)	Amazonía

FIGURA 9.2

Configuración de la unidad de muestreo (conglomerado), ilustrando la longitud adicional de las subunidades en líneas punteadas



Nota: La longitud adicional de las subunidades (20 m x 100 m) está ilustrada con líneas punteadas; estas se utilizan únicamente en el bioma amazónico y solo para el registro de árboles con diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 40 cm.

Fuente: SFB (2019c).

grado de descomposición, mediante un muestreo en línea de transecto (Shiver y Borders, 1995) y también la profundidad del mantillo en cinco puntos. Cerca del punto central de las UM, se recogen muestras de suelo a dos profundidades (de 0 cm a 20 cm; y de 30 cm a 50 cm) y en cada profundidad se toman dos muestras: una a granel para el análisis químico y otra no deformada para la determinación de las reservas de carbono en el suelo.

Un aspecto importante del diseño de muestreo del IFN es que, por regla general, todos los puntos de la malla se deben visitar para la recolección

de datos. Esto implica, por lo tanto, que un mismo conglomerado puede abarcar más de una categoría de uso de la tierra, entre forestal y no forestal. Así, cada una de las cuatro subunidades del conglomerado se divide en subparcelas de 10 m por 10 m, y en cada una de ellas se registra la categoría de uso de la tierra (CUT) predominante a partir de una codificación del IFN (IBGE, 2012; SFB, 2019c). Así, el tratamiento de los datos se realiza a partir de estimaciones de razón (Queiroz, 2012; Shiver y Borders, 1995) para las diferentes CUT. La evaluación para la atribución de la categoría de uso forestal en el campo tiene en cuenta los mismos parámetros de la definición de la FAO.

9.5 CÁLCULOS DE SUPERFICIE FORESTAL, BIOMASA Y VOLUMEN

9.5.1 SUPERFICIE

Los cálculos de superficie son necesarios e importantes para dirigir la extrapolación de las variables cuantitativas, como el volumen y la biomasa, que se obtienen a partir de los datos de campo recolectados sobre el territorio. El IFN de Brasil dispone de una base de datos geográfica para este fin, construida y actualizada a partir de diversas fuentes. El mapa base es el mapa de distribución (1:250 000) de la vegetación del pasado, con la distribución de los tipos de vegetación originarias del país, que fue actualizado por el IBGE con imágenes Landsat de 2009. La actualización de las áreas se basó en todos los datos disponibles en el país sobre la pérdida de bosques en 2018, obtenidos de los sistemas de monitoreo satelital (MMA, 2016) existentes en el país. Estos datos permiten calcular las superficies por tipo de vegetación y se pueden actualizar cada vez que los sistemas de vigilancia actualizan sus datos. Expertos en la clasificación de la vegetación brasileña del IBGE compararon las definiciones de bosque, otras tierras boscosas, y otras tierras de la FAO y la clasificación de vegetación (IBGE, 2012). Por lo tanto, es posible obtener la superficie forestal agregando todas las tipologías forestales nacionales que sean equivalentes a la definición de bosque de la FAO,

así como las demás categorías. Mediante este tipo de procedimiento, el Servicio Forestal actualiza la superficie forestal del país y suministra información al Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF) y también al IFN (SFB, 2019d). De este modo, es posible determinar la superficie de cada tipología forestal para cualquier distribución territorial, siendo la desagregación para los cálculos por estado y por bioma un aspecto fundamental para el IFN.

9.5.2 VOLUMEN Y BIOMASA

El cálculo del volumen se realiza para las especies arbóreas y la biomasa también incluye otras formas de vida como las palmeras, los bambúes y el sotobosque (con DAP de 5 cm o más). Las ecuaciones de volumen y biomasa se obtienen principalmente de la bibliografía existente y se seleccionan en función de la información relativa al origen de los datos utilizados para el ajuste, como la región o el estado, el tipo de bosque, el número de árboles, el rango de datos y su distribución en categorías diametrales, y de las medidas de precisión que caracterizan la calidad del ajuste. Se elaboró una base de datos con información detallada sobre las ecuaciones encontradas en la literatura para facilitar su selección. El Cuadro 9.6 presenta información sobre algunas ecuaciones utilizadas en los cálculos de volumen y biomasa, solo para los estados sobre los que ya se han publicado informes con resultados del IFN.



© SFB / André Dib

9.6 RESULTADOS PARCIALES DEL PRIMER CICLO: SUPERFICIE FORESTAL, BIOMASA Y VOLUMEN

9.6.1 SUPERFICIE FORESTAL

La superficie forestal se calculó para todo el país combinando los tipos de vegetación consideradas como bosques según los criterios de la FAO, y las pérdidas forestales anuales registradas en todos los biomas por los sistemas nacionales de monitoreo (MMA, 2016), que son datos espacialmente explícitos. Por lo tanto, la superficie forestal del país se puede actualizar prácticamente cada año. El Cuadro 9.7 presenta los valores de la superficie forestal por bioma para el año de referencia 2018 (SFB, 2019d).

CUADRO 9.6

Ecuaciones utilizadas para el cálculo del volumen y la biomasa de los estados con recopilación de datos completos e informes publicados

Variable	Ecuación	Referencia
Biomasa (kg)	$B = 0,0612 Dap H^{1,5811}$	Sampaio y Silva (2005)
	$\ln(B) = 0,0298 \times Db^2 \times H$	Rezende (2002)
	$\ln(B) = -10,4843 + 1,6816 \times \ln(Dap) + 1,4063 \times \ln(Ht)$	Scolforo et al. (2008)
	$\ln(B) = -10,5940591011 + 1,602721969 \times \ln(Dap) + 1,5878967963 \times \ln(H)$	
	$\ln(B) = -10,6409194002 + 2,1533324963 \ln(Dap) + 0,8248143766 \ln(H)$	
	$\ln(B) = -10,9532786932 + 2,5464820134 \ln(Dap) + 0,4667754371 \ln(H)$	
	$\ln(B) = -2,052 + 0,801 \ln(Dap^2 H)$	Moreira-Burguer y Delitti (2010)
	$B = 0,317 Dap^2 + 0,009 (Dap^2 H)$	Ratuchne (2010)
	$\log(B) = -0,882390231 + 2,409594057 \times \log(Dap)$	Vogel et al. (2006)
	$B = 25,87071 + 0,02909 Dap^2 - 0,21382 Ht^2 + 0,03189 Dap^2 Ht$	Silveira (2009)
	$\ln(V) = -9,59340 + 2,04417 \ln(Dap) + 0,94531 \ln(H)$ $V = 0,000077 Dap^{1,85794} Ht^{0,93919}$	Figueiredo Filho et al. (2014)
	$Vol (m^3) = 0,000109 \times Db^2 + 0,0000451 \times Dap^2 \times H$	Rezende (2002)
$\ln(V) = -9,97595 + 2,05409 \times \ln(Dap) + 0,87842 \times \ln(Hc)$	Chichorro et al. (2003)	
$V = 0,4057 - 0,05955 Dap + 0,00189 Dap^2 + 0,00309 Dap H - 0,000065 Dap^2 H - 0,02128 H$	Thiersch et al. (2006)	
$V = 0,000074230 \times Dap^{1,707348} \times H^{1,16873}$ $\ln(V) = -9,42719 + 1,96900 \ln(Dap) + 0,831852 \ln(H)$	CETEC (1995)	
$\ln(V) = -9,7751 + 2,2403 \times \ln(Dap) + 0,6308 \times \ln(Ht)$	Scolforo et al. (2008)	
$\ln(V) = -9,9752493252 + 2,1719145688 \ln(Dap) + 0,8083667085 \ln(H)$		
$\ln(V) = -9,7394993677 + 2,3219001043 \ln(Dap) + 0,5645027997 \ln(H)$		
$\ln(V) = -9,7677720672 + 2,4886704462 \ln(Dap) + 0,4406921533 \ln(H)$		
$\ln(V) = -8,875910 + 1,892219 \ln(Dap) + 0,739038 \ln(H)$	Santos et al. (2006)	
$\ln(V/1000) = -17,96 + 0,96 \ln(Cap^2) + 0,76 \ln(H)$ $\ln(V/1000) = -17,68 + 0,95 \ln(Cap^2) + 0,67 \ln(H)$ $\ln(V/1000) = -17,75 + 0,98 \ln(Cap^2) + 0,57 \ln(H)$	Vibrans et al. (2015)	
$V = e [-9,5934 + 2,04417 \ln(DAP) + 0,94531 \ln(H)]$	Figueiredo Filho et al. (2014)	
$\ln(V) = -10,045586 + 2,349493 \ln(Dap) + 0,640598 \ln(H)$	Correia et al. (2017)	
$\ln(V) = -9,3381 + 1,96993 \ln(Dap) + 0,837 \ln(Ht)$	Colpini et al. (2009)	
$\ln(V) = -8,273 + 1,804 \ln(Dap) + 0,763 \ln(H)$	Cysneiros et al. (2017)	

Nota: B: biomasa (kg); Cap: circunferencia de la altura del pecho (cm); Dap: diámetro a la altura del pecho (cm); Db: diámetro en la base del tronco (cm; para algunos árboles en el Cerrado); H: altura total (m); Hc: altura comercial (m); V: volumen.

9.6.2 VOLUMEN Y BIOMASA

Utilizando los datos de campo recolectados por el IFN, fue posible estimar las existencias promedio de volumen (metros cúbicos por hectárea) y biomasa (toneladas por hectárea) para los principales tipos de bosque en todos los biomas (Cuadro 9.8). Para obtener las estimaciones totales de cada bioma, en

aquellas regiones en las que aún no se disponía de datos de campo, se utilizaron las existencias promedio de la tipología deseada, obtenidas a partir de las superficies medidas en el mismo tipo de bosque y en el mismo bioma, respecto de las cuales ya existían datos (FAO, 2020b). De este modo, fue posible elaborar estimaciones de volumen y biomasa para la superficie forestal también

en zonas que aún no estaban cubiertas por la recolección de datos sobre el terreno, incluyendo el número de UM (*n*) utilizado en cada estimación (Cuadro 9.9). Si bien fue posible realizar estas estimaciones, hay que tener en cuenta que el IFN está todavía en curso y que los resultados globales por bioma se corregirán en cuanto se complete la recolección de datos en todo el país.

CUADRO 9.7

Superficie forestal calculada en el contexto del Inventario Forestal Nacional en cada bioma brasileño, 2018

Bioma/tipo específico	Superficie (ha)	% bioma	% del total de bosques
Amazonia	320 510 860	76,4	64,2
Caatinga	36 268 803	42,9	7,3
Cerrado	76 170 531	37,4	15,3
Mata Atlántica	19 260 873	17,3	3,9
Pampa	2 651 967	15	0,5
Pantanal	5 542 334	31,4	1,1
Vegetación secundaria	28 142 657	-	5,6
Bosques plantados	10 503 326	-	2,1
TOTAL	499 051 351	-	100,0

9.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

El IFN de Brasil está coordinado por el SFB, a través de la Coordinación General de Inventario e Información Forestal; realiza las actividades de planificación, contratación de servicios, capacitación, control de calidad, gestión de la identificación botánica, procesamiento y análisis de datos, y producción y difusión de resultados por estado. En el estado de Santa Catarina, el IFN es apoyado por el gobierno estatal y coordinado por la Universidad de Blumenau (FURB) (Vibrans *et al.*, 2010) utilizando la misma metodología nacional. El primer ciclo se completó y la medición del segundo ciclo ya comenzó.

La implementación se realiza por estados y la contratación de servicios se lleva a cabo mediante licitaciones para la recolección de datos en zonas generalmente más pequeñas que el estado,

denominadas lotes, cuyo tamaño varía en función de la disponibilidad de recursos financieros. La principal referencia para la ejecución de la recolección de datos es el manual de campo del IFN (SFB, 2019c), que contiene información detallada sobre la metodología del IFN y el protocolo de recolección de datos. Tras la contratación de las empresas, el SFB realiza un curso de capacitación para los equipos de campo, que dura aproximadamente ocho días y es dirigido por un equipo de instructores experimentados. Ya se han capacitado unas 500 personas. Haber participado en la capacitación es una condición necesaria para trabajar en los equipos de campo del IFN, que está compuesto por cinco personas. Tras la contratación, la empresa presenta una planificación detallada de la logística y el tiempo que tomará recolectar datos en la parcela.

El control de calidad lo lleva a cabo un equipo del SFB y consiste en actividades en terreno y de oficina. En terreno, se realiza una visita a los equipos de campo al comienzo del trabajo y, siempre que sea posible, se acude una segunda vez durante el período contratado. Además del contacto con los equipos de campo, cuando se verifican las condiciones de trabajo, el rendimiento y el cumplimiento del manual de campo, se recolectan datos en las UM que ya fueron medidos para compararlos con los datos recolectados por el equipo de la empresa y realizar una evaluación basada en indicadores y verificadores. El número de UM evaluadas alcanza aproximadamente el 3% del total.

Las muestras botánicas recolectadas por los equipos también se someten a un control de calidad apenas se llega al herbario, donde se evalúa la calidad de cada muestra, sus condiciones de secado, preparación y conservación. Los criterios de evaluación conforman un formulario específico para ello y se generan periódicamente estadísticas por equipo.

La empresa introduce los datos de campo en la base de datos del IFN directamente. En la oficina, el equipo del SFB también controla los datos mediante un análisis de coherencia, comparando los datos introducidos en el sistema y los formularios de campo digitalizados, con el fin de reducir las brechas e inconsistencias.

CUADRO 9.8

Existencias promedio de volumen y biomasa para algunos tipos de bosques de los biomas brasileños

Tipo de bosque	Bioma	N.º unidades de muestreo	Volumen (m³/ha)	Biomasa (t/ha)
Bosque ombrófilo denso (FOD)	Amazonía	707	355,92 (±4,24)	267,56 (±6,45)
Bosque ombrófilo abierto (FOA)	Amazonía	440	342,92 (±6,53)	230,06 (±6,53)
Bosque estacional decíduo	Amazonía	191	49,4 (±11,31)	72,14 (±11,31)
Bosque semidecíduo	Amazonía	66	315,94 (±11,07)	193,25 (±11,07)
Campinarana boscosa	Amazonía	32	265,15 (±16,82)	168,48 (±16,82)
Sabana estepa arbustiva	Caatinga	680	16,66 (±9,11)	9,01 (±9,11)
Sabana boscosa	Cerrado	1 783	53,37 (±3,54)	33,31 (±3,54)
Bosque ombrófilo denso (FOD)	Mata Atlántica	185	68,23 (±9,84)	68,5 (±9,84)
Bosque ombrófilo mixto (FOM)	Mata Atlántica	190	211,15 (±8,28)	11,86 (±13,41)
Bosque estacional semidecíduo	Mata Atlántica	192	32,96 (±13,41)	59,91 (±13,41)
Bosque estacional decidual	Mata Atlántica	36	45,56 (±50,14)	35,02 (±50,14)
Bosque estacional semidecíduo	Pampa	30	84,09 (±33,73)	46,07 (±33,73)
Estepa boscosa	Pampa	117	105,73 (±17,99)	57,70 (±17,99)

Nota: ± error relativo entre paréntesis

9.8 OTROS ATRIBUTOS Y VARIABLES RELEVANTES

Los datos recolectados sobre el terreno en el IFN de Brasil comprenden un conjunto de aproximadamente 180 variables que pueden clasificarse como biofísicas, socioambientales, administrativas, geoespaciales y fotográficas. Las variables de campo recolectadas conforman la base de datos del IFN sobre diversos atributos relacionados con los bosques y, además de las ya mencionadas, cabe destacar las relacionadas con las entrevistas socioambientales, que se realizan durante la recolección de datos de campo, y la identificación botánica de las especies en los herbarios.

La recolección de muestras de material botánico de las especies que se encuentran en las UM es una pauta importante para un país megadiverso en el que los bosques naturales corresponden

CUADRO 9.9

Existencias en crecimiento en volumen, estimadas a partir de los datos del Inventario Forestal Nacional para todos los biomas brasileños

Bioma/ tipo específico	Volumen		Biomasa	
	Millones de metros cúbicos	%	Millones de toneladas	%
Amazonía	109 155,15	90,5	77 412,20	90,5
Caatinga	1 092,32	0,9	714,79	0,8
Cerrado	4 993,23	4,1	3 341,15	3,9
Mata Atlántica	1 508,29	1,3	1 274,86	1,5
Pampa	273,60	0,2	158,22	0,2
Pantanal	569,45	0,5	393,34	0,5
Bosques plantados	2 958,50	2,5	2 218,88	2,6
TOTAL	120 550,54	100,0	85 513,44	100,0

a casi 500 millones de hectáreas (SFB, 2019d) y el número de especies arbóreas puede alcanzar decenas de miles (ter Steege *et al.*, 2013). La identificación por nombres comunes es muy difícil y no es adecuada para producir información fiable sobre la diversidad de especies o para desarrollar aplicaciones relacionadas con la biodiversidad. Por lo tanto, los equipos de campo recogen muestras botánicas, las preparan y las envían a uno de los herbarios asociados al IFN. Alrededor de 20 herbarios participan en el IFN, recibiendo las muestras, evaluando su calidad y realizando su identificación científica. Los resultados de la identificación se envían al SFB y pasan a formar parte de la base de datos por árbol, lo que permite generar listas de especies, obteniendo un importante resultado. Ya se han recolectado muestras botánicas de aproximadamente 120 000 árboles, lo que ha permitido identificar 3 371 especies de árboles. Las muestras botánicas fértiles están incluidas en las colecciones del herbario y también están digitalizadas y disponibles por ReFlora, el herbario electrónico del Jardín Botánico de Río de Janeiro, que también es una institución asociada al IFN (Canteiro *et al.*, 2019). El SFB presta apoyo a los herbarios, incluyendo la contratación de taxónomos y el apoyo para que los especialistas en familias botánicas puedan también visitar los herbarios y colaborar en la identificación de especies. Esta ha sido una valiosa colaboración del IFN para el conocimiento de la flora de Brasil y, debido a la distribución sistemática de las unidades de muestreo en todo el territorio, ha aumentado el número de apariciones de nuevas especies en todas las regiones.

En el contexto del IFN, se diseñó un componente socioambiental para obtener información sobre la importancia de los bosques para las personas. Los equipos de campo están capacitados para realizar cuatro entrevistas en los alrededores de cada conglomerado en hogares seleccionados al azar en un radio de 2 km del punto de muestreo. El cuestionario está diseñado para obtener información sobre el uso de productos madereros y no madereros y servicios medioambientales, las especies más utilizadas, la percepción individual de la importancia de los bosques y la demanda de plantaciones forestales. Ya se ha entrevistado a unas 28 000 personas, entre ellas hombres y mujeres de distintas edades, para recabar información sobre la importancia de los bosques para las personas. A pesar de las instrucciones específicas a los equipos de campo de buscar un equilibrio de género, los resultados muestran que el 37,13% de

las personas fueron mujeres y el 62,87% hombres (de un total de 27 086). Este resultado puede tener varias explicaciones, desde la no disponibilidad de las mujeres en el hogar en el momento de la entrevista hasta razones culturales locales para no ser entrevistadas. Aun así, se considera un buen resultado, que permitirá comprender mejor las diferencias de percepción sobre la importancia de los recursos forestales entre hombres y mujeres. Se trata de un conjunto de datos único que puede indicar las prioridades de la investigación forestal y las políticas más vinculadas a las demandas locales y a la apreciación de los bosques.

Se están desarrollando también otras actividades en el marco del IFN, entre las que destaca el componente de análisis de unidades de muestreo del paisaje, desarrollado por Embrapa Florestas. Los procedimientos de clasificación e interpretación de imágenes satelitales sobre UM de 10 km por 10 km distribuidas aleatoriamente sobre la malla del IFN dan como resultado información e indicadores sobre la fragmentación y los bosques en zonas ribereñas (Rosot *et al.*, 2018), entre otros. Se procesaron unas 400 UM para las regiones del sur del país y el bioma de la Mata Atlántica. Se realizó un estudio piloto para mejorar la información sobre los bosques plantados en el estado de Paraná. Los bosques plantados ocupan poco más del 1% del territorio nacional y la información obtenida por la malla estándar es insuficiente para una buena representación, especialmente en el caso de las pequeñas áreas de bosques plantados. El estudio propone la combinación de imágenes satelitales para orientar la recolección de datos en los bosques plantados de forma integrada con la encuesta estándar ya realizada. Además de esto, el SFB ha apoyado a grupos de investigación en el desarrollo de nuevas ecuaciones alométricas en los diferentes biomas.



© STB / André Dib

9.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

El principal reto del IFN sigue siendo completar la recolección de datos para el ciclo actual en todo el país. Hasta ahora, las acciones han consolidado el desarrollo de capacidades, los avances en la institucionalización del IFN y la formación de un equipo calificado para gestionarlo. Sin embargo, es esencial garantizar una financiación pública regular y suficiente para que el IFN sea un programa continuo.

La recolección de datos en el Amazonas también es un reto, tanto por las dificultades de acceso como por las características del bosque en cuanto a cantidad de árboles, altura de los árboles y cantidad de especies. La experiencia adquirida demuestra, sin embargo, que es posible una adaptación a las condiciones de trabajo de la región y que la planificación siempre se puede mejorar. Otras perspectivas de futuro son las siguientes:

- Desarrollo de aplicaciones de los datos del IFN integradas con los programas y políticas existentes, como estrategia para fortalecerlo como un programa de Estado que debe ser permanente y continuo. Esta perspectiva ya ha avanzado en algunos temas, como el cambio climático y la gestión sostenible de los bosques, que requieren una integración aún mayor. Existe la perspectiva de ampliar las aplicaciones a temas como la restauración de los bosques y el pago por servicios ambientales y las aplicaciones subnacionales.
- Ampliación del acceso a los datos por parte de las instituciones de investigación y educación, estimulando la producción de información y conocimiento más allá de los resultados básicos que ya ofrece el IFN.
- Ajuste de la metodología para el segundo ciclo, insertando nuevas tecnologías de campo y de teledetección, para optimizar los esfuerzos humanos, financieros y de tiempo. Se deben considerar las opciones de preestratificación y mayor integración con los temas y las políticas públicas que han surgido recientemente, con el objetivo de obtener resultados para los diferentes grupos de interés de la sociedad y a múltiples escalas.

REFERENCIAS

- Bauch, S., Sills, E., Rodríguez Estraviz, L.C., McGinley, K. y Cubbage, F.** 2009. Forest policy reform in Brazil. *Journal of Forestry*, 107(3): 132-138. (disponible en: <https://academic.oup.com/jof/article-pdf/107/3/132/22609345/jof0132.pdf>).
- Canteiro, C., Barcelos, L., Filardi, F., Forzza, R., Green, L., Lanna, J., Leitman, P. et al.** 2019. Enhancement of conservation knowledge through increased access to botanical information. *Conservation Biology*, 33(3): 523-533. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/cobi.13291>).
- Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC).** 1995. *Determinação de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas no estado de Minas Gerais e outras regiões do país*. Belo Horizonte (Brasil).
- Chichorro, J.F., Resende, J.L.P. y Leite, H.G.** 2003. Equações de volume de taper para quantificar multiprodutos da madeira em floresta Atlântica. *Revista Arvore*, 27(6): 799-809. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622003000600006>).
- Colpini, C., Travagin, D.P., Soares, T.S. y Silva, V.S.M.** 2009. Determinação do volume, do fator de forma e da porcentagem de casca de árvores individuais em uma Floresta Ombrófila Aberta na região noroeste de Mato Grosso. *Acta Amazonica*, 39(1): 97-104. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000100010>).
- Correia, J., Fantini, A. y Piazza, G.** 2017. Equações volumétricas e fator de forma e de casca para florestas secundárias do litoral de Santa Catarina. *Floresta e Ambiente*, 24: e20150237. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.023715>).
- Cysneiros, V.C., Pelissari, A.L., Machado, S.A., Figueiredo Filho, A. y Souza, L.** 2017. Modelos genéricos e específicos para estimativa do volume comercial em uma floresta sob concessão na Amazônia. *Scientia Forestalis*, 45(114): 295-304. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n114.06>).
- FAO.** 2005. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005: Hacia la ordenación forestal sostenible*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/a0400s/a0400s.pdf).
- FAO.** 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: Términos y definiciones*. Documento de trabajo 144/S. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/am665s/am665s00.pdf).
- FAO.** 2020a. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Informe principal*. Roma. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/ca9825en>).
- FAO.** 2020b. *Global Forest Resources Assessment 2020. Report – Brazil*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ca9976en/ca9976en.pdf).
- Figueiredo Filho, A., Machado, S.A., Miranda, R.O.V. y Retslaff, F.A.S.** 2014. *Compêndio de equações de volume e de afilamento de espécies florestais plantadas e nativas para as regiões geográficas do Brasil*. Curitiba (Brasil).
- Instituto Brasileiro de Geografia y Estadística (IBGE).** 2012. *Manual técnico da vegetação brasileira, 2ª Ed.* Rio de Janeiro (Brasil). (disponible en: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>).
- IBGE.** 2018. *Desbravar, conhecer, mapear: Memórias do Projeto Radam/RadamBrasil*. Memória Institucional 24. Rio de Janeiro (Brasil). (disponible en: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101614.pdf>).
- Machado, S.A.** 1984. *Inventário Florestal Nacional das florestas plantadas nos Estados Paraná e Santa Catarina*. Brasília, Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA).** 2016. *Estratégia do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros*. Brasília. (disponible en: https://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/estrategia_programa_monitoramento_ambiental_biomass.pdf).

- Moreira-Burguer, D. y Delitti, W.B.C.** 2010. Modelos preditores da fitomassa aérea da Floresta Baixa de Restinga. *Revista Brasileira de Botânica*, 33(1): 143-153. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042010000100013>).
- Queiroz, W.T.** 2012. *Amostragem em Inventário Florestal*. Belém (Brasil), Universidad Federal Rural da Amazônia. (disponible en: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/417/o/amostragem_inventario_florestal_Waldeney_UFRA_2012.pdf).
- Ratuchne, L.C.** 2010. *Equações alométricas para a estimativa de biomassa, carbono e nutrientes em uma floresta ombrófila mista* (tesis de maestría). Guarapuava (Brasil), Universidad Estadual do Centro-Oeste. (disponible en: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp130954.pdf>).
- Rezende, A.V.** 2002. *Diversidade, estrutura, dinâmica e prognose do crescimento de um cerrado Sensu Stricto submetido a diferentes distúrbios por desmatamento* (tesis). Curitiba (Brasil), Universidad Federal do Paraná.
- Rosot, M.A.D., Maran, J.C., Luz, N.B., Garrastazu, M.C., Oliveira, Y.M.M., Franciscon, L., Clerici, N., Vogt, P. y Freitas, J.V.** 2018. Riparian forest corridors: A prioritization analysis to the Landscape Sample Units of the Brazilian National Forest Inventory. *Ecological Indicators*, 93: 501-511. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.071>).
- Sampaio, E.V.S.B. y Silva, G.C.** 2005. Biomass equations for Brazilian semiarid caatinga plants. *Acta Botanica Brasilica*, 19(4): 935-943. (disponible en: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062005000400028>).
- Santos, K., Sanquetta, C.R., Eisfield, R.L., Watzlawick, L.F. y Zillio, M.A.B.** 2006. Equações volumétricas por classe diamétrica para algumas espécies folhosas da floresta ombrófila mista do Paraná, Brasil. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 8(1): 99-112. (disponible en: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/205>).
- Scolforo, J.R., Mello, J.M. y Oliveira, A.D.** 2008. *Inventário Florestal de Minas Gerais – Cerrado*. Lavras (Brasil), Editora UFLA.
- Serviço Florestal Brasileiro (SFB).** 2016. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Distrito Federal*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: <https://ifn.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/1793-relatorio-inventario-florestal-nacional-df/file>).
- SFB.** 2017. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Sergipe*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/3532-relatorio-ifn-se-2017/file).
- SFB.** 2018. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Santa Catarina*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/informacoes-florestais/inventario-florestal-nacional-ifn/resultados-ifn/3656-relatorio-ifn-sc-2017/file).
- SFB.** 2019a. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados – Município de Caçador – SC*. S Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4167-relatorio-tecnico-ifn-cacador-digital/file).
- SFB.** 2019b. *Inventário Florestal Nacional: principais resultados - Terra Indígena Mangueirinha*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4220-relatorio-ti-mangueirinha-versao-online/file).
- SFB.** 2019c. *Manual de Campo: procedimentos para a coleta de dados biofísicos e socioambientais*. Brasília. (disponible en: www.florestal.gov.br/publicacoes-ifn/1612-anual-de-campo-procedimentos-para-coleta-de-dados-biofísicos-e-socioambientais).
- SFB.** 2019d. *Florestas do Brasil em Resumo: 2019*. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (disponible en: www.florestal.gov.br/publicacoes/1737-florestas-do-brasil-em-resumo-2019).
- Shiver, B.D. y Borders, B.E.** 1995. *Sampling Techniques for Forest Resource Inventory*. Nueva York (Estados Unidos), John Wiley & Sons.
- Silva, J.A.** 1996. *Análise quali-quantitativa da extração e do manejo dos recursos florestais da Amazônia brasileira: uma abordagem geral e localizada (Floresta Estadual do Antimari – AC)* (tesis de doctorado). Curitiba (Brasil), Universidad Federal de Paraná.

Silveira, P. 2009. Ajuste de modelos matemáticos para estimar biomassa aérea em floresta ombrófila densa. *Floresta*, 39(4): 743-752. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.5380/rev.v39i4.16309>).

Superintendencia del Desarrollo de la Amazonía (SUDAM). 1974. *Levantamentos florestais realizados pela Missão FAO na Amazônia (1956-1961)*. Belém (Brasil).

ter Steege, H., Pitman, N.C.A., Sabatier, D., Baraloto, C., Salomão, R.P., Guevara, J.E., Phillips, O.L. et al. 2013. Hyperdominance in the Amazonian Tree Flora. *Science*, 342(6156): 1243092. (disponible en: <http://doi.org/10.1126/science.1243092>).

Thiersch, C.R., Scolforo, J.R., Oliveira, A.D., Maestri, R. y Dehon, G. 2006. Acurácia dos métodos para estimativa do volume comercial de clones de Eucalyptus sp. *CERNE*, 12(2): 167-181. (disponible en: www.redalyc.org/articulo.oa?id=74412208).

Vibrans, A.C., Sevgani, L., Lingner, D.V., Gásper, A.L. y Sabbagh, S. 2010. Inventário florístico florestal de Santa Catarina: aspectos metodológicos e operacionais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30(64): 291-302.

Vibrans, A.C., Moser, P., Oliveira, L.Z. y Maçaneiro, J.P. 2015. Generic and specific stem volume models for three subtropical forest types in southern Brazil. *Annals of Forest Science*, 72: 865-874. (disponible en: <http://doi.org/10.1007/s13595-015-0481-x>).

Vogel, H.L.M., Schumacher, M.V. y Trüby, P. 2006. Quantificação da biomassa em uma floresta estacional decidual em Itaara, RS, Brasil. *Ciência Florestal*, 16(4): 419-425. (disponible en: <https://doi.org/10.5902/198050981923>).



SIGUIENTE CAPÍTULO
CHILE

Capítulo



CHILE

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE CHILE

Carlos Bahamondez, Instituto Forestal, Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile

Yasna Rojas, Instituto Forestal, Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile

Marjorie Martin, Instituto Forestal, Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile

Rodrigo Sagardia, Instituto Forestal, Sucre 2397, Ñuñoa, Santiago, Chile

10.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN CHILE

Chile ha aplicado técnicas de inventario permanente en sus bosques desde la década de 1980. Sin embargo, un esfuerzo pionero importante en este tema ocurrió mucho antes en 1944-45 cuando el gobierno chileno, en cooperación con el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América ejecutó el proyecto “Recursos forestales de Chile, base para la expansión industrial” (Haig *et al.*, 1946). Este inventario fue la primera instancia en Chile y América Latina, promoviendo un desarrollo importante en las técnicas de inventario forestal, es decir, utilizando fotos aéreas como base para el mapeo y el desarrollo de capacidades para profesionales relacionados con los bosques. Entre otros efectos positivos, este primer inventario destacó serias preocupaciones sobre la sostenibilidad de los bosques en ese momento. Desafortunadamente, esta iniciativa no fue implementada para proporcionar un monitoreo adecuado y no se realizó ninguna implementación bajo un inventario forestal continuo en ese momento.

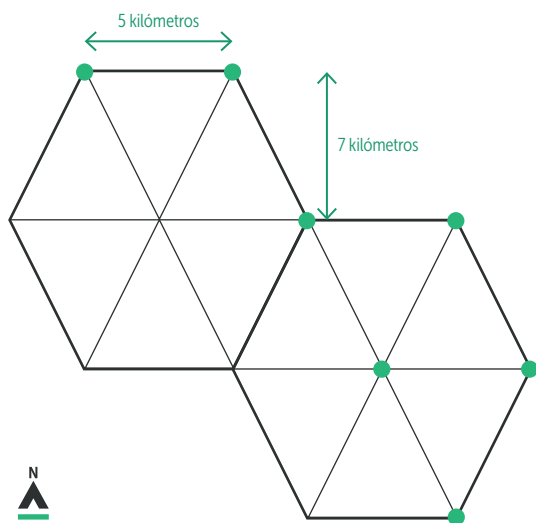
El foco del inventario forestal de 1944 se concentró en el suministro de madera y la producción potencial dado el estado y la condición de los bosques en ese momento. Hoy en día, el paradigma de informar solo sobre el stock en crecimiento se ha movido a un concepto multifuncional, para abordar la sostenibilidad del ecosistema forestal. Este cambio comenzó después de la publicación del informe *Nuestro futuro común* (más comúnmente denominado el Informe Brundtland) por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (1987) y la Cumbre para la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992. Todas las convenciones y acuerdos existentes hoy son el resultado de dicho proceso, entre ellos la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y los diversos acuerdos forestales como el Proceso de Montreal, el Proceso de Helsinki (actualmente, la Conferencia Ministerial sobre la Protección de Bosques en Europa), entre otros.

De hecho, todas estas organizaciones solicitan periódicamente a los países que proporcionen datos e información relacionados con los problemas ecológicos, económicos y sociales de sus recursos forestales. Dada la amplia gama de información requerida, está claro que se requiere un inventario de ecosistemas forestales a gran escala a nivel nacional. Formalmente, el Inventario Forestal Nacional de Chile (IFN) comenzó en el año 2001 y ha continuado a la fecha con una periodicidad de cuatro años. Cada ciclo del IFN y su dinámica se describe en el Cuadro 10.1.

El IFN se basa en un diseño bietápico con población infinita sobre una malla sistemática triangular de 5 kilómetros (km) por 7 km con unidades de muestreo en conglomerados de tres parcelas anidadas concéntricas donde cada conglomerado representa 1 hectárea (ha), como se muestra en la Figura 10.1 (INFOR, 2018).

FIGURA 10.1

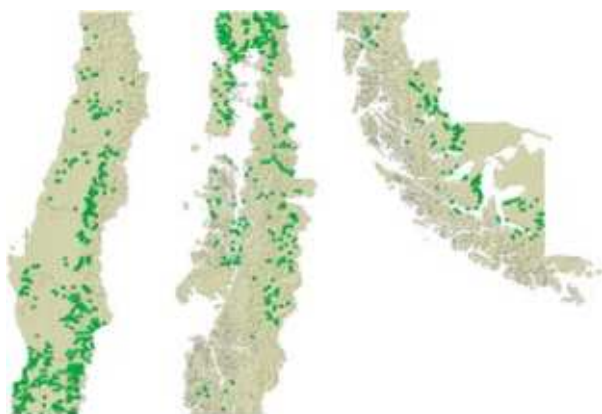
Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional



Fuente: Martin (2009).

FIGURA 10.2

Distribución de las unidades de muestreo en conglomerados del Inventario Forestal Nacional a lo largo del país



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: Dividido en tres secciones de izquierda a derecha por razones de espacio.

Fuente: INFOR (2018).

10.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÚLTIMO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

El Cuadro 10.2 describe los términos más relevantes aplicados en el IFN, de acuerdo a las definiciones nacionales establecidas en la Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal (Ley 20283, 2008). La definición de bosque es también considerada en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y el Nivel de Referencia del mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+).

CUADRO 10.1

Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales en Chile

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN 1	2001-2009	Nacional	Sistemático/ conglomerados	352
IFN 2	2010-2014	Nacional	Sistemático/ conglomerados	1 109
IFN 3	2015-2019	Nacional	Sistemático/ conglomerados	1 109

10.3 DISEÑO DE MUESTREO

En el IFN de Chile se emplea un muestreo clásico en dos etapas para una población infinita organizada geográficamente en conglomerados en una malla sistemática de 5 km por 7 km en orientación norte-sur y este-oeste, siendo la distancia más corta aplicada al este-oeste. La unidad de muestreo corresponde a un conglomerado de tres unidades circulares de 500 metros cuadrados (m²) anidadas y concéntricas (Figura 10.1). El país completo, incluidas las islas de los archipiélagos del sur-austral, comprende la malla sistemática cuyas posiciones son geográficamente permanentes. Todos aquellos puntos que pertenecen a la categoría "bosques" de acuerdo a la definición son seleccionados anualmente en una cantidad de unidades de muestreo dependiente del presupuesto disponible cada año, para completarse todo el país al cabo de un ciclo de cuatro años. La Figura 10.2 a continuación describe la malla actualmente medida y el Cuadro 10.3 detalla el número de unidades de muestreo en cada región administrativa.

CUADRO 10.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Porción de tierra cubierta con árboles con un área mínima de 5 000 metros cuadrados con una altura potencial de árboles de más de 2 metros y una cubierta de copa mayor del 25% y del 10% para zonas mediterráneas y semiáridas	Área: 0,5 ha Altura potencial: 2 m Cobertura: 25% y 10%
Otras tierras boscosas	n/p	
Otras tierras	n/p	
Volumen	Existencias en formación al volumen del fuste de los árboles cuyo diámetro a la altura del pecho (DAP) es superior o igual a 8 centímetros, incluyendo la corteza y excluyendo el tocón	DAP con corteza: 8 cm
Biomasa	Toda la materia orgánica producida como resultado del proceso de fotosíntesis; se reconocen la biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo, incluyendo desechos gruesos y finos que yacen sobre la superficie del suelo	DAP con corteza: mayor o igual a 4 cm Diámetro desechos gruesos: mayor de 10 cm Diámetro desechos finos: menor de 10 cm

Nota: n/p: no procede.
Fuente: Ley 20283 (2008).

© INFOR, Chile



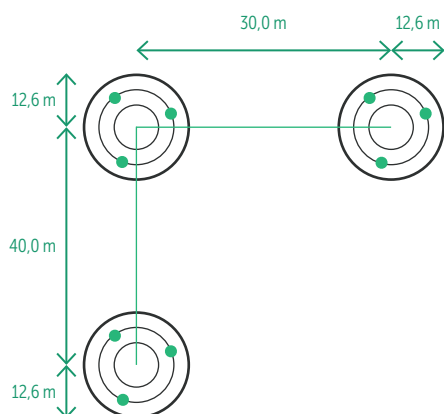
CUADRO 10.3

Características del diseño de muestreo

Nombre de región	Superficie de bosques nativos total (1.000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total número de unidades de muestreo / (sección)
		Bosque	Otra tierras boscosas	Otras tierras	
Coquimbo	3,5	-	-	-	5 (1)
Valparaíso	95,4	-	-	-	24 (1)
Metropolitana	93,5	-	-	-	20 (1)
O'Higgins	118,0	-	-	-	31 (1)
Maule	370,3	58	-	-	72 (1)
Bío Bío	786,2	52	-	-	80 (1)
Araucanía	908,5	104	-	-	133 (1)
Los Ríos	850,0	134	-	-	149 (1)
Los Lagos	2 758,8	114	-	-	267 (2)
Aysén	4 814,0	97	-	-	147 (2)
Magallanes	2 625,5	92	-	-	181 (3)
Total	13 424,0	651	-	-	1 109 (-)

FIGURA 10.3

Diseño de la unidad de muestreo utilizada para recabar los datos del Inventario Forestal Nacional



Fuente: Martín (2009).

10.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

La unidad de muestreo de campo corresponde a un conglomerado de tres unidades circulares anidadas concéntricas según se describe en la Figura 10.3. Toda la información relacionada a la unidad de muestreo está disponible en más detalle en el manual de operaciones en terreno del IFN (Martín, 2009).

La disposición anidada de cada muestra circular comprende tres anillos concéntricos de radio fijo asociados a los tamaños de los árboles, específicamente, el diámetro a la altura del pecho (DAP). Así, los individuos con DAP mayor o igual a 25 centímetros (cm) se miden en el círculo de radio 12,63 metros (m); para aquellos con DAP mayor o igual a 8 cm, son medidos dentro del círculo de radio 6,23 m; y aquellos individuos con DAP mayor o igual a 4 cm son objeto de medición dentro del círculo de radio 3,0 m.

Las siguientes variables son medidas en terreno a partir de las unidades de muestreo antes detalladas. Se organizan por niveles jerárquicos de menor a mayor en términos de escala espacial.

Mediciones a nivel de árbol

Las mediciones sobre el fuste y copa incluyen: identificación de la especie, DAP, diámetro al inicio de copa viva, diámetro a un tercio de la altura total, diámetro de tocón, forma de fuste, calidad de fuste, altura total, altura comercial, espesor de corteza, estado sanitario, tipo de daño o enfermedad, agentes causantes, diámetro de copa, dominancia de copa, sanidad de copa y posición social de la copa. Adicionalmente, sobre una submuestra se extraen tarugos a la altura del DAP para estimación de crecimiento anual. Finalmente, se determina su estado de desarrollo y vigor, se identifica si está vivo o muerto, y se registra su función como árbol cebo o nido. Todos los individuos ya sean vivos o muertos son objeto de medición y registro.

Mediciones a nivel de árboles y sus vecinos

Estas mediciones se preocupan del individuo y sus competidores inmediatos, así como elementos reconocibles como competencia o mutualismo y capacidad de crecimiento son considerados relevantes. Para ello, se registra si existe un manejo silvícola, su tipo e intensidad, su posición relativa respecto a sus vecinos, su origen (semilla o vegetativo), elementos geomorfológicos y signos

de perturbaciones naturales o artificiales, erosión, drenaje, flora en extinción, obras civiles, zonas de interés religioso o elementos de interés étnicos.

Tomando en cuenta el diseño (Figura 10.3) en que cada centro de unidad de muestreo circular puede unirse con un segmento de línea en la dirección norte-sur y este-oeste, estas líneas son utilizadas como muestreo en línea para la estimación de desechos gruesos y la línea imaginaria que corresponde al radio de 2 m se utiliza para los desechos finos.

Mediciones a nivel de rodal

El conglomerado con centro en la parcela 1 (parcela del vértice) es utilizado como un indicador de la dinámica del entorno inmediato a la unidad de muestreo. Entre estas variables se incluyen variables de suelo como pH, profundidad, profundidad del humus y hojarasca, estructura, condición de humedad, evidencias de lombrices o microfauna del suelo, raíces raicillas y micorrizas, grado de compactación y erosión. Adicionalmente, una descripción general respecto a posibles influencias o perturbación antrópica conducente a degradación, y elementos del estado de los componentes bióticos, abióticos, culturales-étnicos y sociales son también registrados. La regeneración es caracterizada utilizando la parcela 1 del conglomerado, describiéndola en especies y cuatro estratos de altura desde 0 m hasta 1,3 m.

Mediciones a nivel de paisaje

La diversidad biológica como fuente de soporte de vida del ecosistema es monitoreada por medio de unidades hexagonales de 269 000 ha, que contienen dentro de sus límites una población de conglomerados cercanos a 50-70 conglomerados. En total, se identifican 52 de estas unidades en todo el país, localizadas en aquellas superficies que poseen bosque de acuerdo a la definición. Se miden tres de estas unidades por año y a la fecha se han medido siete unidades. En estas unidades, se recolecta información sobre plantas, mamíferos, artrópodos, reptiles, aves y hongos.

10.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE Y BIOMASA

Chile cuenta con un sistema de seguimiento de los usos de la tierra desde el año 1997, ejecutado por el servicio forestal de Chile, la Corporación Nacional Forestal (CONAF), institución dependiente del Ministerio de Agricultura. Este sistema de monitoreo de los usos de la tierra se basa en la aproximación metodológica del CEPE (Centre d'Etudes Phytosociologiques et Ecologiques), conocida como carta de ocupación de tierras (COT) (Etienne y Prado, 1982), consistente en una aproximación *wall-to-wall* basada en el uso de material satelital de resolución media; esencialmente, el sensor Landsat en sus distintas plataformas y según su disponibilidad. El monitoreo de cambios en los usos de la tierra se realiza en períodos de entre dos a cuatro años. El Cuadro 10.4 a continuación describe las superficies de tierras ocupadas según las clases definidas por la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) en el informe país del 2015.

En relación a las estimaciones de las existencias en volumen y biomasa para los bosques del país, estas son ejecutadas por el IFN a cargo del Instituto Forestal (INFOR), entidad dependiente del Ministerio de Agricultura dedicada a la investigación forestal. El cálculo de los volúmenes asociados a los distintos tipos de bosques en el país se realiza mediante la aplicación de funciones de volumen por especie a nivel de árbol, agregado a la parcela circular de muestreo correspondiente a cada conglomerado, y expandido a la hectárea según factores de expansión definidos para cada radio de círculo concéntrico, según le corresponda a cada árbol por su tamaño. Los resultados por unidad de muestreo (conglomerado) resultan de la media de las parcelas correspondientes. A raíz de la disponibilidad de más de una función de volumen por especie (Cuadro 10.5) y a objeto de identificar la más apropiada, se recurre a calcular una aproximación al volumen utilizando una función B-spline que sirve de guía para identificar la mejor opción de función de volumen a aplicar, para cada especie en cada parcela.

CUADRO 10.4

Superficie por clase de uso de la tierra según clasificación de la Evaluación de los recursos forestales mundiales

Superficie (en miles de hectáreas) por clase de uso de la tierra					
Bosques nativos y plantados	Otras tierras arboladas	Otras tierras	Cuerpos de agua (continental)	No reconocido	Total
16 231,0	13 080,9	43 786,5	1 229,2	1 367,4	75 695,0

En el caso de la biomasa, esta se estima mediante dos métodos complementarios. Uno corresponde al uso de funciones alométricas disponibles por especie (Cuadro 10.5) y el otro a la conversión del volumen fustal del árbol a biomasa, mediante el dato de densidad en toneladas por metro cúbico (m³). El uso de la densidad solamente se aplica ante la ausencia de función de biomasa (INFOR, 2018).

Todos los datos del IFN se manejan en un modelo de datos diseñado como modelo relacional y gestionado por medio de un motor de base de datos, en específico SQL Server de Microsoft; la parte espacial del IFN se gestiona mediante ArcGIS y en diversas etapas intermedias se recurre a software libre como R, Python, QGIS, y SAGA, entre otros. El procesamiento del inventario está principalmente programado mediante procedimientos almacenados en SQL y rutinas C++ libre (GNU Compiler Collection, o GCC) y sus resultados son generados en formato de salida mediante la aplicación de Report Builder de Microsoft.

10.6 RESULTADOS DEL ÚLTIMO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Los resultados obtenidos a partir del último ciclo del inventario (2018) comprenden la totalidad de bosque del país; esto incluye las mediciones efectivas de los bosques comprendidos en las islas del archipiélago del sur del país (INFOR, 2018).

Las existencias totales del país (Cuadro 10.6) alcanzan los 3 652,4 millones de metros cúbicos de fustales sólidos sin corteza con una precisión del 11%, donde las regiones administrativas más relevantes corresponden a la región de Los Lagos con 649,3 millones de metros cúbicos, la región de Aysén con 1 594,3 millones de metros cúbicos, y la región de Magallanes con 651,6 millones de metros cúbicos. Estas regiones del país presentan estas magnitudes de existencias principalmente debido a las grandes extensiones de las áreas cubiertas

CUADRO 10.5

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variables	Ecuación	Referencia
Volumen total (m³)	88 funciones de volumen de árbol individual 11 funciones de volumen por trozas 7 funciones de ahusamiento 16 funciones de crecimiento	<i>Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo</i> (Drake, Emanuelli y Acuña, 2003) Recopilación de funciones de volumen (Haig et al., 1946)
Biomasa (kg)	244 funciones de biomasa para especies nativas 112 funciones de biomasa especies exóticas (41% corresponden a biomasa por encima del suelo, 13% biomasa fustal, 14% biomasa ramas, 10% hojas, 14% corteza, y el 8% restante comprende copa viva, ramillas y raíces)	<i>Compendio de funciones alométricas para la estimación de la biomasa de especies forestales en Chile: elemento clave para el desarrollo de la estrategia de bosques y cambio climático</i> (ENBCC) (Milla et al., 2013)

CUADRO 10.6

Estimaciones de existencias por región, medidas en segundo ciclo

Región	Área (1 000 ha)	Volumen (m ³ /ha)	Existencias (1 000 m ³)
Coquimbo	3,5	117,75	412,12
Valparaíso	95,4	35,43	3 380,02
Metropolitana	93,5	41,68	3 897,08
O'Higgins	118,0	74,32	8 769,76
Maule	370,3	175,52	64 995,05
Bio Bio	786,2	283,78	223 107,83
Araucanía	908,5	252,11	229 041,93
Los Ríos	850,0	263,00	223 550,00
Los Lagos	2 758,8	235,36	649 311,16
Aysén	4 814,0	331,20	1 594 396,80
Magallanes	2 625,5	248,17	651 570,33
Total	13 424,0	-	3 652 432,08

con bosque asociadas a ellas, con 2,75 millones de hectáreas en la región de Los Lagos, 4,81 millones de hectáreas en la región de Aysen y 2,62 millones de hectáreas en la región de Magallanes. En términos de productividad, las regiones más productivas corresponden a las regiones del Bío Bío (283,7 m³/ha), la Araucanía (252,1 m³/ha), los Ríos (263,0 m³/ha) y Aysen (235,6 m³/ha) (INFOR, 2018).

10.7 IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad establecido para el inventario comprende cuatro aspectos, los cuales se describen a continuación.

Capacitación de personal

Corresponde al entrenamiento de las brigadas de terreno en base al manual de operaciones de terreno en una fase teórica orientada al conocimiento acabado de los procedimientos de medición descritos en el manual; esta fase termina en un examen de contenido y procedimientos con evaluación y calificación. Adicionalmente, se realiza un trabajo práctico controlado sobre parcelas de entrenamiento ya medidas previamente, donde las brigadas practican los procedimientos en terreno, resuelven dudas y toman decisiones concretas. Las mediciones recolectadas por las brigadas de entrenamiento son confrontadas contra las mediciones de referencia para evaluación y mejora.

Validación de entrada de datos

La recolección de datos de mediciones en la unidad de muestreo se realiza mediante el registro en un capturador de datos, el cual tiene programado los formularios de entrada de datos relativos a los distintos niveles de información descritos en los párrafos anteriores. Para el caso de los datos a nivel de árbol, el ingreso de diámetros se requiere en forma secuencial en altura; así, se registra primero el diámetro del tocón, segundo al DAP, luego a un tercio de la altura total y así sucesivamente. Por regla de validación, estos diámetros no deberían ser superiores al dato ingresado anteriormente; por ejemplo, se verifica que el diámetro de tocón es mayor o igual al DAP, el DAP es mayor o igual al diámetro a un tercio de altura, etc. El programa que administra el ingreso de datos aplica este tipo de reglas de validación para evitar en la medida de lo posible la ocurrencia de errores de consistencia.

Validación en base de datos

Los datos recolectados por las brigadas en el capturador de datos son transferidos directamente a la base de datos, a las distintas tablas que las reciben según el diseño del modelo de datos del inventario. Los datos ingresados son objeto de revisión en la búsqueda de inconsistencias mediante un examen detallado de los aspectos relacionados a las siguientes variables, entre otras:

- unidades mal empleadas (milímetros en vez de centímetros, centímetros en vez de metros, etc.);
- dislexia de ingreso (cambio de números en el orden, por ejemplo, 26,9 en vez de 29,6);
- inconsistencias alométricas (se confrontan los pares DAP-altura gráficamente para detectar inconsistencias);
- diámetros y alturas desproporcionadas respecto de la media general;
- especies mal asignadas, casos de especies que no corresponden a la situación geográfica;
- error en la coordenada geográfica de la parcela.

Visita de brigada de control

Una vez dentro del ciclo de medición se realiza un control aleatorio de un 1% a un 3% de las parcelas de medición realizadas por las brigadas. Si bien esta es una práctica estándar de control de calidad, presenta el problema de incurrir un costo adicional que se le resta al presupuesto del inventario. Pudiendo utilizarse estos montos para incluir nuevos puntos de muestreo que aporten más información, para evitar este gasto, la práctica del primer punto sobre capacitación de personal ha resultado más efectiva por ser una medida preventiva y no *ex post*.



10.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES

Además de las variables biofísicas, el IFN comprende la recolección de variables asociadas a los aspectos socioeconómicos que tienen influencia sobre el bosque. Esta consiste en la aplicación de una encuesta a propietarios o usufructuarios de bosques, utilizando como base muestral el esquema de malla de puntos del inventario biofísico (Betancourt y Reyes, 2021). En promedio, se realizan cerca de 60 encuestas por año. Adicionalmente, la malla sistemática de puntos disponibles para medición se utiliza para implementar el muestreo de biodiversidad fuera del reino Plantae, en específico aves, artrópodos, mamíferos y reptiles (Vergara, Bahamondez y Sagardía, 2021).

10.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

La planificación a futuro se puede resumir en dos aspectos principales:

- Inventario socioeconómico y de biodiversidad en operación a escala nacional. Dado que en lo metodológico y logístico estas áreas de monitoreo ya han sido probadas y cubren todas las necesidades de datos e información probadas como parte del último ciclo, se debe ahora entrar en régimen para incorporarlas como actividades regulares del IFN.
- Promover mejoras metodológicas y tecnológicas. Los aspectos presupuestarios asociados al IFN son un tema permanente en cada ciclo de medición; esto obliga en pos de la eficiencia de los recursos a mejorar procedimientos y tecnologías de captura, registro y almacenamiento de datos utilizadas en las mediciones a fin de aumentar o al menos mantener la intensidad de muestreo del IFN.





REFERENCIAS

- Betancourt, R. y Reyes, R.** 2021. *Protocolo de levantamiento de información: monitoreo socioeconómico asociado a ecosistemas forestales en Chile*. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI. (disponible en: <https://doi.org/10.4060/cb0872es>).
- Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo.** 1987. *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo "Nuestro Futuro Común"*. Nueva York (Estados Unidos), Naciones Unidas. (disponible en: <https://digitallibrary.un.org/record/139811?ln=en>).
- Drake, F., Emanuelli, P. y Acuña, E.** 2003. *Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo*. Santiago de Chile, Corporación Nacional Forestal y Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). (disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/7845>).
- Etienne, M. y Prado, C.** 1982. *Descripción de la vegetación mediante la Carta de Ocupación de Tierras*. Publicaciones Misceláneas 9. Santiago de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad de Chile.
- Haig, I.T., Teesdale, L.V., Briegleb, P.A., Payne, B.H. y Haertel, M.H.** 1946. *Forest resources of Chile as a basis for industrial expansion*. Washington DC, Servicio Forestal de los Estados Unidos. (disponible en: <https://books.google.cl/books?id=piROAAAAMAAJ>).
- Instituto Forestal (INFOR).** 2018. *Los recursos forestales en Chile. Informe final – Inventario continuo de bosques nativos y actualización de plantaciones forestales*. Santiago de Chile. (disponible en: <https://ifn.infor.cl/index.php/descargas-recursos/descargas/category/2-documentos-inventario-forestal>).
- Ley 20283.** Ley sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal. Ministerio de Agricultura de Chile, Santiago de Chile, Chile, 11 de julio de 2008. (disponible en: www.conaf.cl/cms/editorweb/transparencia/potestades/Ley-20283_bn.pdf).
- Martin, M.C.** 2009. *Inventario de los ecosistemas forestales: Manual de operaciones en terreno*. Santiago de Chile, Instituto Forestal. (disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17358>).
- Milla, F., Emanuelli, P., Sartori, A. y Emanuelli, J.** 2013. *Compendio de funciones alométricas para la estimación de la biomasa de especies forestales en Chile: elemento clave para el desarrollo de la estrategia de bosques y cambio climático (ENBCC)*. Santiago de Chile, Corporación Nacional Forestal. (disponible en: <http://bosques.ciren.cl/handle/123456789/26280>).
- Vergara G., Bahamondez C. y Sagardía R.** 2021. *Protocolo inventario de biodiversidad de los ecosistemas forestales nativos*. Santiago de Chile, FAO y MINAGRI. (disponible en: www.fao.org/3/cb0868es/cb0868es.pdf).



SIGUIENTE CAPÍTULO
COLOMBIA

Capítulo



COLOMBIA

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COLOMBIA

Claudia Patricia Olarte Villanueva, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, Calle 25D N.º 96B - 70, Bogotá, Colombia

Martha Isabel Aldana Jauregui, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Calle 25D N.º 96B - 70, Bogotá, Colombia

Oscar Fabian Merchán López, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Calle 25D N.º 96B - 70, Bogotá, Colombia

Jorge Andrés Rodríguez Toro, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Calle 25D N.º 96B - 70, Bogotá, Colombia

Ana Celia Salinas Martín, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Calle 25D N.º 96B - 70, Bogotá, Colombia

11.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN COLOMBIA

La realización de un inventario forestal de carácter nacional se remonta al año 1919, con la expedición de la Ley 119 de 1919, donde se ordenó la creación de una Comisión Forestal que tenía como misión principal la clasificación y mensura de los bosques nacionales. Sin embargo, fue en el año 1959 con la expedición de la Ley 2 de 1959 que se zonificó al país en siete grandes zonas de reserva forestal y se ordenó la elaboración de sus correspondientes planes de ordenación forestal.

Durante las décadas de 1960 y 1970, se produjeron una serie de hitos normativos e institucionales que dieron nuevo impulso al sector ambiental colombiano; es así como en el año 1968 se creó el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA). En el año 1974 se definió un nuevo marco jurídico en materia ambiental con la expedición del Código de Recursos Naturales y del Medio Ambiente (Decreto Ley 2811 de 1974), en el marco del cual se realizaron numerosos inventarios forestales regionales con fines de aprovechamiento y manejo forestal, permitiendo acceder a las primeras cifras con sustento estadístico sobre los bosques en Colombia.

En el año 1991, con la promulgación de la nueva Constitución Política de Colombia, se señalaron las bases para una nueva institucionalidad en materia ambiental. Estos elementos fueron recogidos con la expedición de la Ley 99 de 1993, mediante la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente y se reorganizó el sector ambiental colombiano; posteriormente, se aprobó la Política de Bosques, documento CONPES 2834 de 1996, la cual determinó como objetivo general “lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población” (Ministerio del Medio Ambiente y DNP, 1996).

En este contexto, hacia el año 2000, el Ministerio de Ambiente junto con el Ministerio de Agricultura y el Departamento Nacional de Planeación aprobaron el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF), en el cual se incorpora el inventario forestal nacional (IFN) y regional de forma directa, al definirlo como “un instrumento básico para la ordenación y conservación de los recursos forestales, que permita identificar la oferta actual y su estado de conservación” (Ministerio del Medio Ambiente *et al.*, 2000), encargando como instituciones responsables de su ejecución al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), otros institutos de investigación ambiental (IIA), las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible (CAR) y la academia.

Paralelamente a este proceso y amparados en el Decreto 1791 de 1996, Régimen de Aprovechamiento Forestal Colombiano, se ejecutaron inventarios forestales con fines de aprovechamiento forestal a lo largo y ancho del territorio colombiano. Aunque

tuvieron objetivos diferentes, constituyeron un referente documental de la estructura y composición de los bosques a nivel regional y sentaron las bases de los procesos de ordenación forestal. Sin embargo, estos primeros ejercicios de inventario de los bosques regionales fueron desarrollados con diversas metodologías, diseños, tamaños y formas de las unidades de muestreo, variadas intensidades de muestreo y con indicadores diferentes, lo que a la larga generaba que la información no fuera comparable y homogénea, limitando así la posibilidad de hacer análisis integrales y generar estadísticas y datos consolidados con relación a los bosques del país.

Posteriormente y con el objeto de dar respuesta a la necesidad de realizar el monitoreo y la caracterización de los ecosistemas boscosos, el Ideam inició en el año 2006 el diseño del Programa de Monitoreo y Seguimiento de Bosques (PMSB). A través de dicho programa, se identificaron operaciones estadísticas relevantes para el conocimiento de los ecosistemas boscosos, destacándose la del IFN.

En el año 2007, el Ideam inició el proceso de construcción del IFN mediante una serie de consultas regionales con las CAR, organizaciones ambientales gubernamentales de carácter ambiental, profesionales vinculados con el bosque, academia, entre otros, que permitieron definir el objetivo y alcance del IFN. En una segunda fase del proyecto y en conjunto con el Departamento Nacional de Estadística (DANE) y el Ministerio de Ambiente, se inició una etapa de diseño conceptual y metodológico del IFN, la cual se validó mediante las tres pruebas piloto de campo que aportaron insumos para validar y ajustar la metodología planteada.

En virtud de lo anterior, y como resultado de los ejercicios piloto de validación y de la alianza interinstitucional, en el año 2010 se publicó el *Diseño del marco conceptual y metodológico del Inventario Forestal Nacional* (Ideam y DANE, 2009), que describe los elementos de referencia para su realización y las necesidades para su puesta en marcha.

Entre el año 2010 y el 2013, el Ideam se dio a la tarea de definir una estructura de costos adecuada para la implementación del IFN, así como de iniciar la consecución de recursos para su financiamiento. Sin embargo y considerando que el periodo de análisis

establecido para su operación se había estructurado para realizarse durante un año, se requería una serie de esfuerzos no solo financieros sino logísticos, técnicos y operativos que para la fecha no estaban dados.

Como consecuencia de lo anterior y a fin de avanzar en la consecución de recursos para su implementación, durante el año 2013 se inició un fortalecimiento de capacidades a través del trabajo conjunto con socios estratégicos, como el Servicio Forestal de los Estados Unidos de América. Asimismo, el apoyo técnico del programa SilvaCarbon y de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) dio como resultado el ajuste del diseño metodológico para la implementación del IFN y la primera versión del manual de control de calidad del IFN (Barbosa *et al.*, 2014).

Atendiendo a que la implementación del IFN propende a la participación de las entidades del Sistema Nacional Ambiental (SINA), el desarrollo del primer ciclo de ejecución y su operación en campo se desarrolló directamente con los IIA, iniciando su implementación a partir del año 2015. Con la financiación de los gobiernos de Alemania, Noruega, y el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, se iniciaron los operativos de campo del primer ciclo de implementación del IFN definido a nivel de las cinco grandes regiones naturales de Colombia.

11.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÚLTIMO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

El IFN de Colombia se define como la operación estadística mediante la cual se registran objetivamente variables de interés nacional (superficie, composición, estructura, diversidad forestal, entre otras) referidas a los bosques naturales de Colombia, con el fin de proveer información que requieren diferentes usuarios y que contribuye al monitoreo y seguimiento de los bosques, a la formulación de los planes de ordenación y a la administración sostenible este recurso en Colombia (Decreto 1655, 2017).

En este contexto, el IFN está regido por los principios establecidos por el Sistema Estadístico Nacional (SEN) que garantizan la producción y difusión de las estadísticas oficiales del país, para lo cual debe cumplir los lineamientos establecidos en la Norma Técnica de la Calidad del Proceso Estadístico (NTC PE 1000 de 2017) y que son definidos por el DANE como rector del sistema. Bajo la premisa anterior, la propuesta metodológica sobre la que se estructura el diseño del IFN cumple con los principios de objetividad, pertinencia, flexibilidad, adaptabilidad, homogeneidad, neutralidad, accesibilidad, coherencia y transparencia, entre otros (Olarte *et al.*, 2021).

En el Cuadro 11.1 se resumen las principales definiciones empleadas por el IFN de Colombia.

11.3 DISEÑO DE MUESTREO

A continuación, se resume de manera muy general los conceptos teóricos del diseño geoestadístico y la metodología empleada para la obtención de la propuesta de implementación para el IFN de Colombia.

El universo de estudio del IFN corresponde al conjunto total de elementos a los cuales se desea extender los resultados alcanzados en la muestra. Para el IFN, el universo de estudio corresponde a la superficie continental e insular del país, y la población objetivo al área total continental del país para tres categorías: bosque natural, no bosque

CUADRO 11.1

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional

Término	Definición	VARIABLES Y UMBRALES
Bosque natural	"Tierra ocupada principalmente por árboles que puede contener arbustos, palmas, guaduas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima de dosel del 30%, una altura mínima de dosel in situ de 5 metros al momento de su identificación y un área mínima de una hectárea. Se excluyen las coberturas arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma y árboles sembrados para la producción agropecuaria" (Ideam, 2019a).	Superficie mínima: 1 ha Cobertura de copas: > 30% Altura de árboles: ≥ 5 m Exclusiones: Coberturas arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma y árboles sembrados para la producción agropecuaria
Volumen del fuste	Es la medida de la cantidad de madera sólida contenida en la sección del fuste comprendida entre la base del tronco hasta la primera ramificación o bifurcación del árbol o bien hasta el inicio de la copa viva. Se le calcula empleando el diámetro normal (diámetro a la altura del pecho [DAP]) ≥ 10 cm y la altura del fuste (medida desde la base del tronco o fuste hasta el inicio de la copa). Incluye la corteza. No se establece límite en el diámetro de la rama a la cual se bifurca el árbol. Hay que tener en cuenta que, si la bifurcación es por debajo de 1,3 m, el árbol se considera con tallos múltiples y en este caso se mide independientemente el número de fustes con su respectiva categoría de tamaño y sus mediciones de diámetro y altura.	DAP ≥ 10 cm Altura del fuste: desde la base hasta la primera ramificación de la copa Incluye corteza No incluye ramas
Volumen total	Es la medida de la cantidad de madera sólida contenida en la sección del fuste comprendida entre la base del tronco hasta el ápice del árbol con corteza. Incluye el volumen del fuste descrito en el ítem anterior.	DAP ≥ 10 cm Altura del fuste: desde la base hasta la primera ramificación de la copa Incluye corteza
Biomasa	Masa leñosa (tronco, corteza, ramas y raíces) de árboles, palmas y helechos arborescentes en un área de vegetación.	DAP ≥ 5 cm Altura del fuste: desde la base hasta la primera ramificación de la copa Incluye corteza, fuste, raíces, frutos y flores y ramas
Biomasa por encima del suelo	Es toda la biomasa viva que se encuentra sobre el suelo, con inclusión de tallos, ramas, corteza, semillas follaje y frutos.	DAP ≥ 5 cm Altura del fuste: desde la base hasta la primera ramificación de la copa Incluye corteza, fuste, frutos y flores y ramas

y áreas sin información. Las subpoblaciones de interés corresponden a las regiones naturales del país: Andina, Caribe, Pacífica, Orinoquía y Amazonía.

El IFN se implementará en ciclos quinquenales mediante levantamientos anuales, en los cuales se procederá a hacer nuevas mediciones en el 20% de las unidades de muestreo. El período de referencia de las mediciones del IFN para el primer ciclo de implementación se define entre el año 2015 y su culminación esperada en 2022, considerando que el tiempo efectivo de implementación se ha visto afectado por problemas de orden público y de la emergencia sanitaria.

El muestreo es probabilístico debido a que las unidades de muestreo tienen una probabilidad conocida y mayor que cero para ser seleccionadas. El diseño de muestreo es posestratificado porque se consideran estratos o particiones poblacionales (bosque, no bosque, sin información y regiones naturales) posteriores al levantamiento (Olarte *et al.*, 2021). Las áreas que responden a esta posestratificación en cada subpoblación se presentan en el Cuadro 11.2.

CUADRO 11.2

Área de las subpoblaciones de interés por categoría de posestrato

Región	Bosque natural (ha)	No bosque natural (ha)	Sin información (ha)
Amazonas	39 661 290	6 194 338	2 543
Andes	10 549 240	17 528 775	1 108 559
Caribe	1 723 966	13 720 193	5 996
Orinoquía	2 144 514	14 688 074	30
Pacífico	5 233 267	1 152 722	335 980

El marco de muestreo consiste en áreas con límites imaginarios. Las áreas fueron trazadas de forma sistemática y consisten en polígonos cuadrados de 24 kilómetros (km) por 24 km. Teniendo en cuenta este marco, se seleccionó una muestra aleatoria probabilística, por lo que el diseño del IFN corresponde a un muestreo aleatorio simple de conglomerados (MASC) posestratificado. Los conglomerados corresponden al arreglo en cruz de las cinco subparcelas circulares (ver el apartado 11.4).

Para el cálculo de tamaño de muestra, se probaron tres variables que el equipo del IFN consideró las técnicamente más importantes a usar como variable

guía: el diámetro a la altura del pecho (DAP), el área basal (AB) y el volumen.

Para definir el tamaño de muestra para el IFN, se determinó trabajar con la variable volumen y un coeficiente de variación estimado del 5%, con el cual se obtiene un tamaño de muestra de 1 479 unidades de muestreo (UM) o conglomerados que se distribuyeron en cada una de las cinco regiones naturales de Colombia, como se observa en el Cuadro 11.3.

CUADRO 11.3

Tamaños de muestra por región

Región	Número de unidades de muestreo
Amazonía	595
Andes	379
Caribe	200
Orinoquía	218
Pacífico	87
Total	1 479

Al interior de la malla principal de 24 km por 24 km (Figura 11.1), se establecen mallas de 12 km por 12 km de lado, para tener alternativas adicionales en la ubicación de sitios de muestreo (lo que estadísticamente se determina como sobremuestra). Esta malla se asocia mediante su ubicación a los elementos de la malla principal y se concibe con los mismos parámetros originales.

Con la malla de 12 km por 12 km creada, se generan puntos aleatorios al interior de cada elemento de la cuadrícula, a fin de seleccionar la muestra aleatoria simple. Para garantizar que los puntos aleatorios estén dentro del territorio colombiano, la selección se realiza únicamente sobre las mallas que tienen el 100% de la cobertura continental. Como resultado de este proceso, se tiene un mapa de puntos a partir del que se selecciona aleatoriamente un punto por cada cuadrícula de 24 km por 24 km, hasta completar los 1 479 puntos definidos como tamaño de la muestra del IFN. Adicionalmente, se seleccionan otros tres puntos por malla que se emplearán para la sobremuestra, los cuales tienen el mismo diseño de muestreo aleatorio simple original. En la Figura 11.2, se muestra el resumen del proceso.

FIGURA 11.1

Malla de equidistancias de 24 kilómetros por 24 kilómetros para el territorio continental e insular colombiano

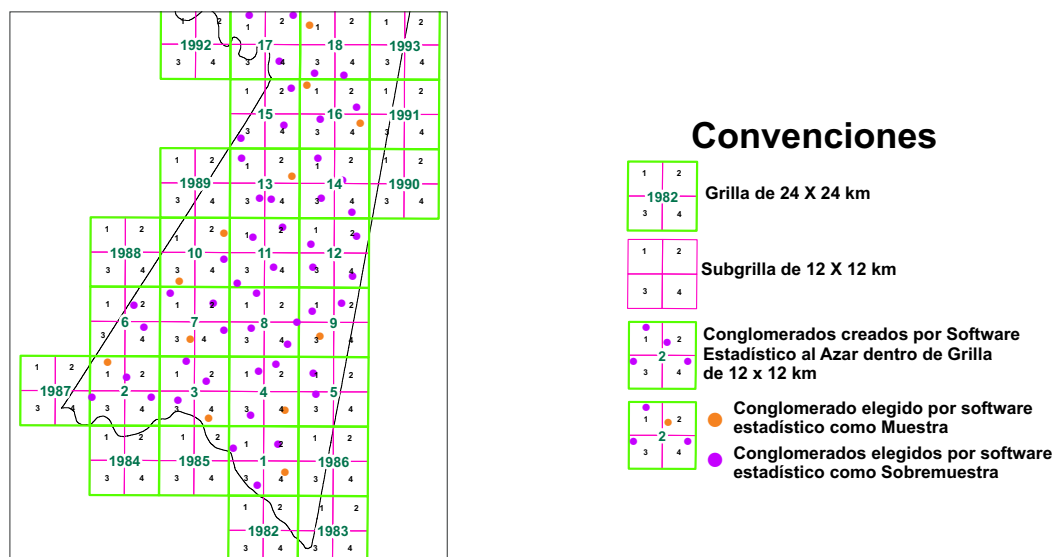


Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Olarte *et al.* (2021).

FIGURA 11.2

Puntos aleatorios para cada nivel de malla



Fuente: Olarte *et al.* (2021).

11.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Las unidades de muestreo consisten en un conglomerado conformado por cinco subparcelas circulares (SPF) dispuestas en forma de cruz, donde cuatro subparcelas distan 80 m de la parcela central. Cada subparcela tiene 15 m de radio, para un área de 707 m² (Figura 11.3).

Este diseño se elaboró, entre otros criterios técnicos, para que soportara el error de muestreo en términos del coeficiente de variación estimado del 5% y un nivel de confianza del 95%, así como por razones en términos de coste-eficiencia. La parcela central de este conglomerado es la que corresponde con la ubicación de los sitios de muestreo diseñados, calculados y ubicados geográficamente para el IFN.

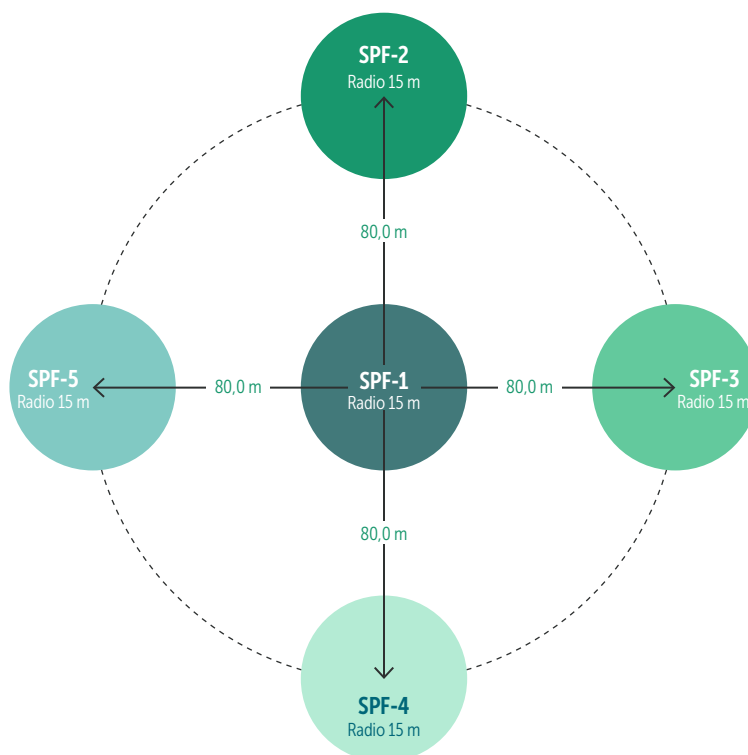
Se establecieron cuatro tipos de unidades de observación, de acuerdo con el tamaño de los individuos (ver el Cuadro 11.4 y la Figura 11.4).

11.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

Los datos de la superficie cubierta por bosque natural se obtienen del mapa de cobertura de bosque/no bosque para Colombia, generado por el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBByC) del Ideam en formato raster con un tamaño de pixel de 30,26 m por 30,72 m, y con proyección MAGNA-SIRGAS EPSG:3116 (compatible con escala 1:100 000). Este mapa se elabora a partir de la interpretación de imágenes de satélite, identificando y asignando a cada píxel o unidad de observación la clase de bosque, no bosque o sin información. Se emplean principalmente imágenes LANDSAT (sensores TM, ETM+ y OLI) tomadas entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del período, complementada en algunos casos con otro tipo de imágenes ópticas y de radar de resolución media de este mismo período (Ideam, 2019a).

FIGURA 11.3

Configuración de las unidades de muestreo o conglomerados para el Inventario Forestal Nacional



Notas: Cada subparcela se representa como "SPF".

Fuente: Ideam (2021).

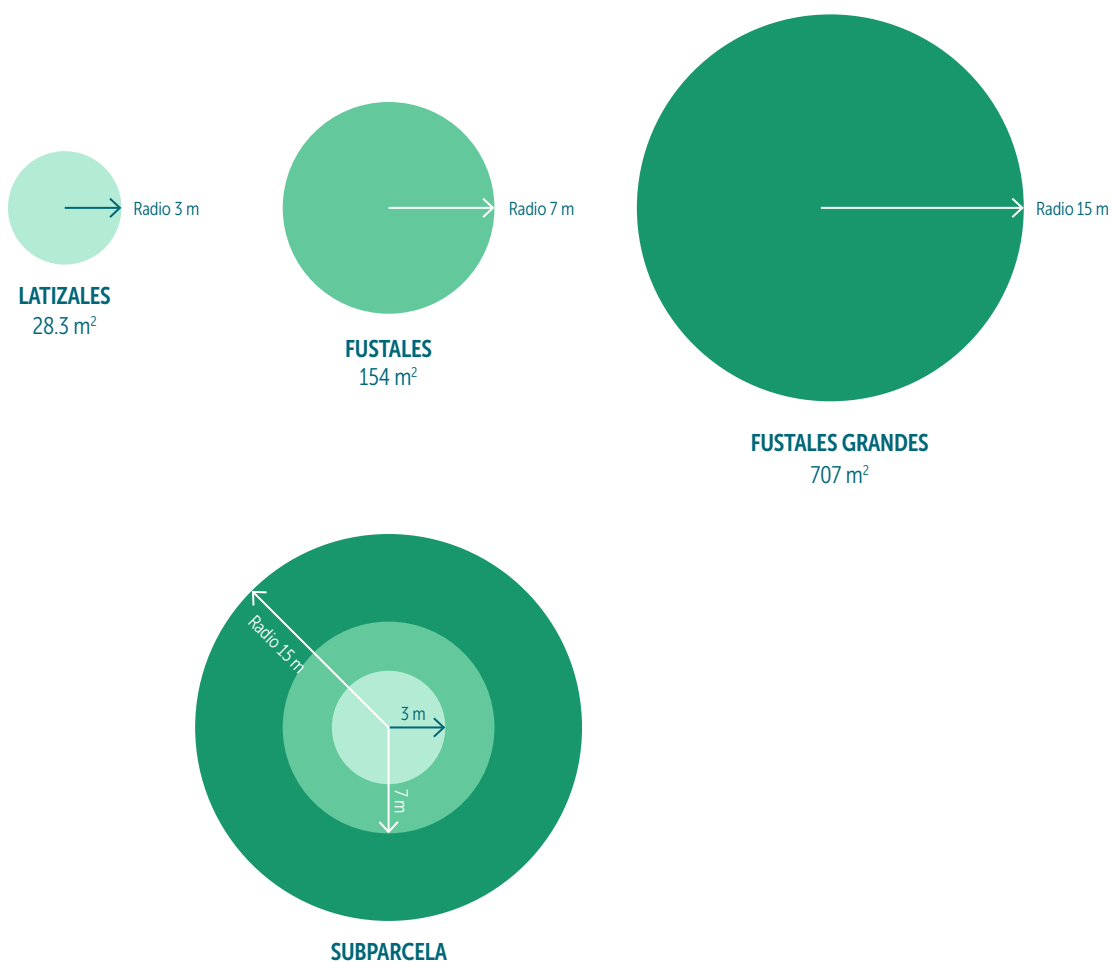
CUADRO 11.4

Unidades de observación para el Inventario Forestal Nacional

Brinzales	Latizales	Fustales	Fustales Grandes
Individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) menor de 2,5 cm. Los brinzales serán medidos en cinco subparcelas ubicadas a una distancia de 7,5 m y a 45° del centro de cada subparcela. Las subparcelas de los brinzales serán de 1,5 m de radio, equivalente a 7,07 m ² cada una, para un total de 35,34 m ² .	Individuos de DAP igual o mayor de 2,5 cm y menor de 10 cm. Los latizales serán medidos en cinco subparcelas anidadas y concéntricas, con un radio de 3 m cada una, equivalente a 28,27 m ² , para un total de 141,35 m ² .	Individuos de DAP igual o mayor de 10 cm y menor de 30 cm. Los fustales serán medidos en cinco subparcelas anidadas y concéntricas, con un radio de 7 m cada una, equivalente a 154 m ² , para un total de 770 m ² .	Individuos de DAP igual o mayor de 30 cm. Los fustales grandes serán medidos en las cinco subparcelas de 15 m de radio, equivalente a 707 m ² cada una, para un área total de muestreo por conglomerado de 3 535 m ² .

FIGURA 11.4

Configuración de la subparcela



Fuente: Olarte *et al.* (2021).



© Ideam / Andrés Rodríguez Toro

De acuerdo con la definición de bosque natural, la superficie es considerada como bosque si, entre otras, la cobertura de la vegetación leñosa natural tiene un área mínima de 1 hectárea; por lo tanto, en aras de tener una consistencia temática, este valor se establece como el área mínima de mapeo.

En el procesamiento de las imágenes se aplica una metodología semiautomatizada siguiendo el *Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia, V 2.0* (Galindo *et al.*, 2014) y utilizando los algoritmos de procesamiento definidos por el SMByC (disponibles en <https://github.com/SMByC>). La información resultante del proceso se dispone a través del indicador de proporción de la superficie cubierta por bosque natural (Ideam, 2019a), reportada a tres niveles: i) nacional: superficie continental e insular (San Andrés y Providencia) del territorio colombiano; ii) departamental: departamentos de la división político-administrativa del territorio continental e insular; y iii) por jurisdicción de las CAR.

De la información recolectada en campo del IFN, se derivan diferentes indicadores florísticos, dasométricos, de estructura ecológica del bosque, de diversidad biológica arbórea, y de biomasa por encima del suelo (BES) y carbono.

Considerando que Colombia se encuentra adelantando la implementación del primer ciclo del IFN, no se cuenta con modelos para la estimación de volúmenes y estos se calculan directamente a través de las fórmulas que se indican en el documento marco rector del IFN (Olarte *et al.*, 2021). Se espera que para los siguientes ciclos de implementación del IFN, se cuente con modelos específicos por región biogeográfica, tipo de bosque, tipo de cobertura y especie. En el Cuadro 11.5, se presentan las principales funciones empleadas.

Dado que el rango de aplicabilidad de la ecuación alométrica presentada en el Cuadro 11.5 es de 5 cm a 212 cm de DAP, los individuos con diámetro menor de 5 cm se excluyeron de los cálculos, mientras que a los árboles que excedieron el diámetro máximo empleado, para ajustar la ecuación se les asignó dicho valor (212 cm) para estimar su BES.

Una vez que se realizaron las estimaciones agregadas por conglomerado, los valores fueron extrapolados a la hectárea (toneladas por hectárea [t/ha]). Con este último valor se estimó la biomasa subterránea (raíces) utilizando la siguiente ecuación 1 de Cairns *et al.* (1997):

$$BDS = \exp(-1,085 + 0,9256 \log(BES))$$

Donde *BDS* es la biomasa por debajo del suelo (t/ha) y *BES* es la biomasa por encima del suelo (t/ha).

CUADRO 11.5

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variable	Ecuación	Referencia
	$VTi = ABi \times HT \times ff$	
Volumen total por individuo (m ³)	Donde:	
	<i>ABi</i> : área basal (en m ²) para el individuo	
	<i>ff</i> : factor forma (se emplean los factores forma disponibles en la literatura de acuerdo a la especie identificada)	Linares (2015)
	<i>HT</i> : altura total (en m)	
	<i>VTi</i> : volumen total del individuo (en m ³)	
	Biomasa de helechos arbóreos	
	$BES = 4\,266\,348 / (1 - (2\,792\,284 \times \exp(-0,313677) \times H))$	
	Biomasa de helechos arbóreos	
	$BES = \exp(0,360 + (1,218 \times \ln(H)))$	
	Biomasa de árboles	
	$BES = 0,0673 \times (G \times DAP^2 \times H)^{0,976}$	
Biomasa y carbono almacenado (t)	Donde:	
	<i>BES</i> : biomasa por encima del suelo (kg)	Chave et al. (2014)
	<i>DAP</i> : diámetro a la altura del pecho	
	<i>G</i> : densidad de la madera	
	<i>H</i> : altura del árbol	
	Carbono	
	$C \text{ (toneladas) / ha} = 0,5 \text{ BES}$	
	Donde:	
	<i>BES</i> : biomasa por encima del suelo por hectárea (toneladas)	
	<i>C</i> : contenido de carbono (toneladas)	

11.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL MÁS RECIENTE

Como se ha mencionado anteriormente, el país se encuentra levantando la línea base del IFN, por lo que a la fecha se tienen resultados parciales, producto del análisis del levantamiento de los conglomerados realizados entre 2015 y 2019 y que se vienen desarrollando en colaboración con investigadores de la Universidad Nacional de Colombia. Los indicadores responden al universo de estudio que corresponde a toda la superficie continental e insular del país.

Al momento de esta publicación, se ha implementado el 41% del primer ciclo de implementación del IFN de Colombia, mediante conglomerados distribuidos en todo el país en las cinco regiones naturales mencionadas (Amazonía, Andes, Caribe, Orinoquía y Pacífico). Entre los

principales resultados obtenidos a la fecha, existen análisis de diversidad y composición florística de los bosques naturales de Colombia, almacenamiento de BES y contenidos de carbono. En el Cuadro 11.6, se presentan algunos de los principales resultados.

De los resultados obtenidos, se deduce que la Amazonía se diferencia de manera estadísticamente significativa del resto de las regiones del país, no solo al poseer una mayor abundancia de individuos por superficie, sino también una mayor diversidad de especies.

A nivel de los índices de Shannon y de alfa de Fisher, es consistente la anterior afirmación, en donde el alto valor de Shannon en la Amazonía con relación al valor obtenido en las demás regiones del país denota una mayor equidad, a diferencia del resto de las regiones cuyas coberturas presentan algunas especies dominantes; igual coincide con el índice de alfa de Fisher, el cual valida una alta

representatividad de individuos por cada especie presente en la región de la Amazonía.

Las diez especies con más registros son las siguientes: *Oenocarpus bataua*, *Clathrotropis macrocarpa*, *Eschweilera coriacea*, *Euterpe precatória*, *Tapirira guianensis*, *Virola elongata*, *Siparuna guianensis*, *Socratea exorrhiza*, *Micrandra sprucei* y *Astronium graveolens*. Las diez familias con mayor número de especies son *Fabaceae*, *Rubiaceae*, *Melastomataceae*, *Lauraceae*, *Annonaceae*, *Euphorbiaceae*, *Malvaceae*, *Moraceae*, *Sapotaceae* y *Chrysobalanaceae*.

Con relación a los resultados obtenidos para BES, en el Cuadro 11.7 se presentan los resultados preliminares por región biogeográfica, para 303 conglomerados analizados.

Otro de los logros que vale la pena destacar en la implementación del IFN es la participación activa de las diferentes comunidades indígenas, afrocolombianas y campesinas, que están asentadas en los ecosistemas boscosos colombianos y quienes se han vinculado como coinvestigadores en los levantamientos de campo. Se destaca también la alta participación de mujeres en el IFN de Colombia: considerando el personal profesional, administrativo, brigadistas y coinvestigadores, la participación ha sido alrededor del 55% mujeres y del 45% hombres.

CUADRO 11.6

Número de especies, índices de Shannon y alfa de Fisher total y promedio por región biogeográfica de Colombia

Índice	Amazonía	Andes	Caribe	Orinoquía	Pacífico
Número de individuos	63,68 ^A	19,5 ^B	14,28 ^B	13,26 ^B	25 ^B
	(15,04)	(15,49)	(12,80)	(8,78)	(12,82)
Número de especies	33,54 ^A	8,56 ^B	7,15 ^B	6,82 ^B	15,8 ^B
	(8,68)	(6,92)	(5,06)	(4,76)	(8,41)
Shannon	26,19 ^A	6,83 ^B	6,16 ^B	5,71 ^B	13,78 ^B
	(8,29)	(5,81)	(4,40)	(4,16)	(7,58)
Alfa de Fisher	78,63 ^A	18,33 ^B	24,74 ^B	15,08 ^B	31,16 ^B
	(58,51)	(15,93)	(23,57)	(11,09)	(15,07)

Notas: A y B denotan las diferencias estadísticamente significativas con base en la comparación de medias para cada índice, mediante la prueba de Tukey HSD. Los datos entre paréntesis corresponden a la desviación estándar. La diferencia entre regiones se definió mediante la prueba de Tukey HSD. Los valores se presentan como promedio por conglomerado, considerando solamente individuos con diámetro a la altura del pecho igual o mayor de 10 cm.

Fuente: Ideam y UNAL (2021).

CUADRO 11.7

Estimaciones de biomasa por encima del suelo total por región biogeográfica

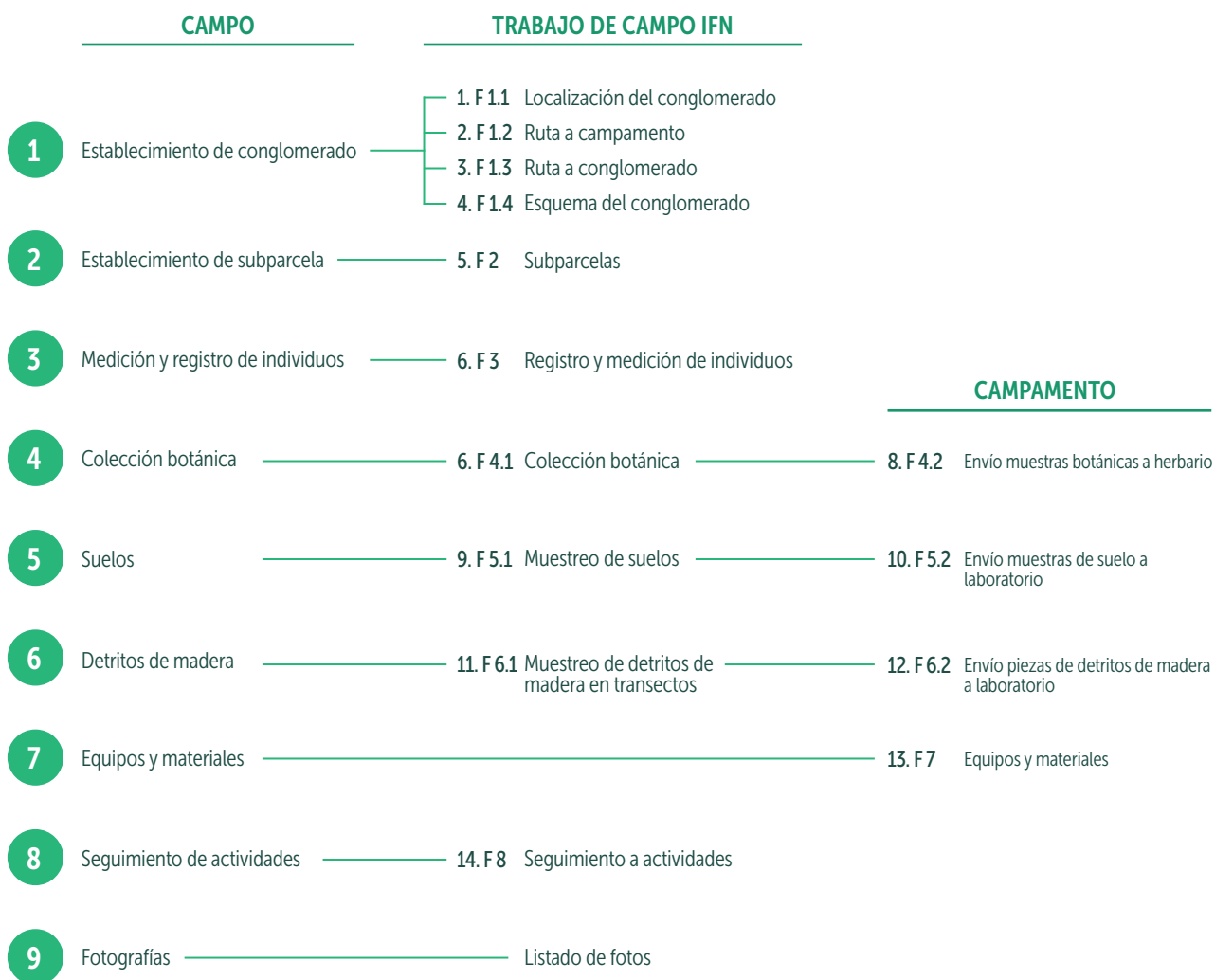
Región	Biomasa por encima del suelo total (toneladas)	Error estándar	Coefficiente de variación estimado
Amazonía	13 612 000 000	495 237 655	3,64
Andes	3 474 976 614	268 956 877	7,74
Caribe	1 934 925 255	560 468 683	28,97
Orinoquía	1 412 426 555	275 737 298	19,52
Pacífico	2 009 711 667	738 980 445	36,77
Nacional	22 444 040 091	1 119 752 847	4,99

Notas: Los datos se presentan en toneladas por un tema de comparabilidad con las cifras oficiales.

Fuente: Ideam (2019b).

FIGURA 11.5

Secuencia de operaciones de campo del Inventario Forestal Nacional



Fuente: Ideam (2021).

11.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Con el fin de que el IFN levante información con la mejor calidad posible, es necesario contar con una metodología estandarizada, eficiente y apropiada, para que las brigadas forestales establezcan las unidades de muestreo o conglomerados. Para ello, se hace uso del manual de campo del IFN, en donde se detalla el proceso metodológico del operativo de campo y los procedimientos que el personal de campo debe seguir en la operación de captura de información del IFN.

En la Figura 11.5 se realiza una breve descripción de la metodología empleada para el levantamiento de campo, que puede ser visualizada con mayor detalle en el manual de campo del IFN (Ideam, 2021).

La estrategia del operativo de campo implementada en el IFN de Colombia está estructurada sobre las cinco regiones naturales y su ejecución se ha definido para realizarse en conjunto con las instituciones que hacen parte del SINA. Mediante convenios o contratos suscritos con el Ideam, estas instituciones adelantan en campo las actividades de coordinación, operación y logística del IFN y desarrollan los procesos y apoyo requeridos en las fases de prelistamiento y operativo de campo,

por lo que se encargan de surtir los acuerdos que sean necesarios con las comunidades locales. En la estructura del IFN, se denominan Operadores Logísticos y tienen a su cargo adicionalmente la contratación del personal de las brigadas de campo.

El IFN cuenta con un programa de aseguramiento de calidad que tiene como objetivo garantizar que la información generada para los usuarios sea accesible, coherente, comparable, continua, exacta, oportuna, precisa, puntual, transparente, relevante e interpretable, manteniendo la credibilidad del Ideam como una institución pública de apoyo técnico y científico al SINA para la toma de decisiones. Mediante este programa se realiza vigilancia, evaluación y monitoreo de las diferentes actividades del inventario forestal para asegurarse continuamente que se está cumpliendo con un nivel deseado de calidad, a través de la atención a cada etapa del proceso. Los dos componentes del aseguramiento de calidad son: i) el control de calidad y ii) la evaluación de calidad.

Para llevar a cabo el control de calidad de la información y la evaluación de esta, el IFN cuenta con información documentada en cada uno de sus procesos, tales como manuales, guías, y formatos, que han sido diseñados para asegurar que las actividades que se desarrollan se lleven a cabo siguiendo los estándares establecidos por el Ideam (Decreto 1655 de 2017) y el DANE (NTC PE 1000 de 2017) y asegurando que las actividades realizadas se desarrollen, registren y documenten siempre de la misma manera.

Uno de los principales instrumentos definidos en la fase de evaluación y validación de los datos recolectados en campo es el manual de crítica de la información. En este documento se define de manera precisa qué se entenderá por “errores o imprecisiones en los datos”, con el fin de entender lo que constituye o no un error, así como las acciones que se debe tomar en caso de encontrar errores o imprecisiones. En general, el control de calidad durante el operativo de campo del IFN se estructura en varias etapas (preoperativa, operativa y posoperativa) y niveles (jefe de brigada, supervisores, Coordinador regional y líder del IFN o Coordinador central del Ideam, con apoyo del equipo de crítica de información).

Otro nivel de control de calidad corresponde a un equipo distinto al equipo del operativo de campo, en lo que se ha denominado equipo control de calidad; este se encarga de efectuar los procedimientos de

control al 7% de los conglomerados de la muestra definida para cada área mediante tres tipos de chequeos: caliente, frío y ciego.

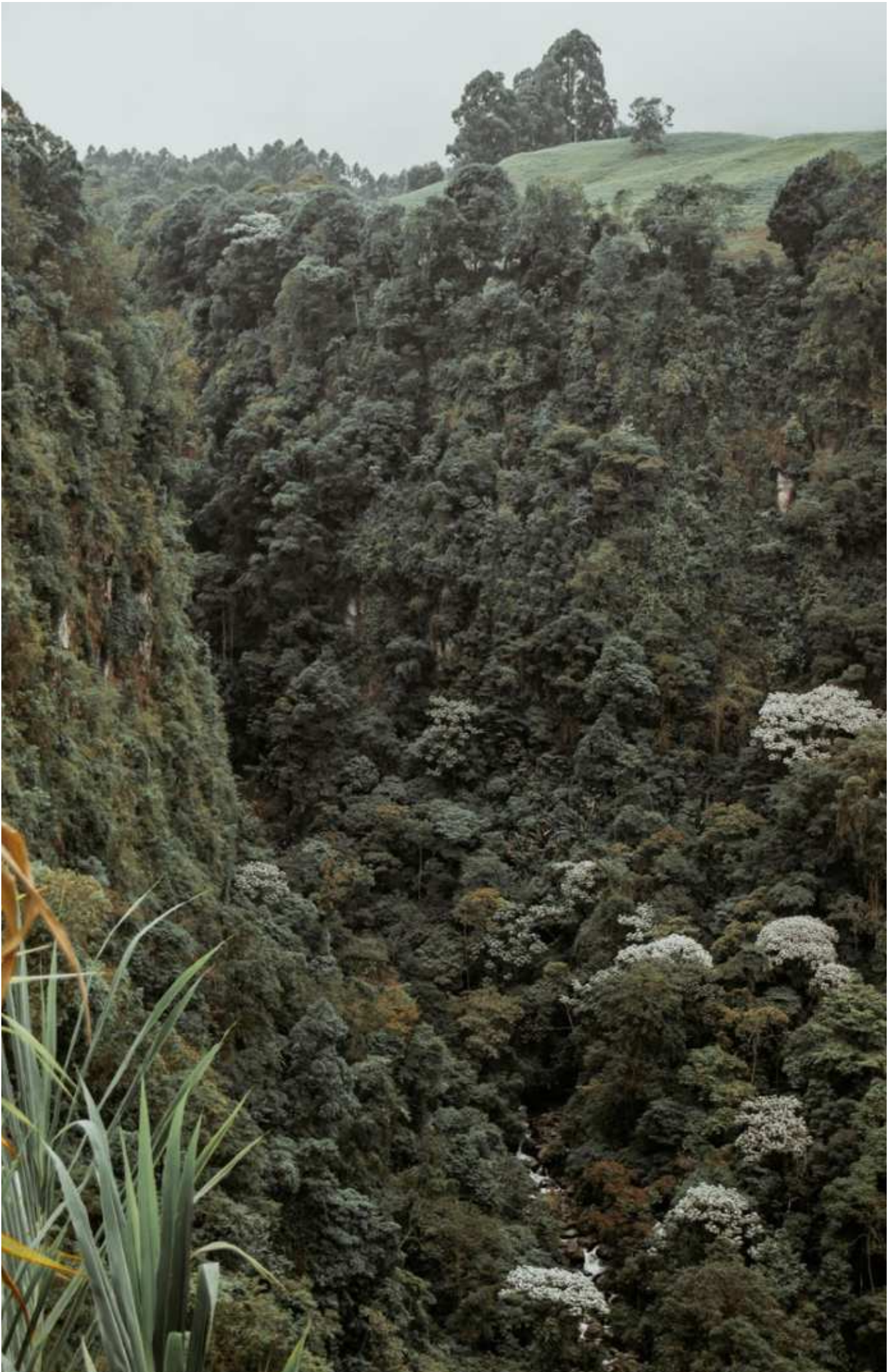
11.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTAN

El IFN de Colombia registra alrededor de 100 variables entre las que se destacan las dasométricas (diámetro, altura del fuste y altura total), de composición florística (familia, género y especie), de particularidades biológicas (rareza, endemismo), de calidad de fuste, de vitalidad, de suelos (densidad aparente, carbono y fertilidad), y de detritos (finos, gruesos, árboles muertos en pie y tocones).

11.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

Los elementos estratégicos para la toma de decisiones en el manejo de los bosques colombianos se basan en la información y el conocimiento existente. En este sentido, generar información oportuna, confiable, consistente y comparable que permita un mejor conocimiento sobre el estado y las dinámicas de los bosques naturales se constituye en una prioridad para el Estado colombiano, el cual avanza en esta tarea desde el año 2015 con la implementación de la línea base del IFN de Colombia.

Considerando las características de la operación estadística del IFN y las limitaciones asociadas a su desarrollo —tanto de tipo económico como problemas de orden público y grupos armados, permisos con comunidades indígenas, dificultad de acceso a zonas alejadas de carreteras y vías, falta de personal técnico forestal para levantamiento en diversos sectores, cambios en los administradores de los recursos, equipos técnicos responsables y condiciones climáticas, la altísima diversidad y variabilidad de los bosques del país— y el gran esfuerzo logístico-económico realizado por el Ideam y las entidades del SINA que dan cuenta de la complejidad del levantamiento, se ha definido que el primer ciclo de implementación debe terminar en el año 2022. Así se cumplirá con lo establecido en el Decreto 1655 de 2017, por lo que a corto plazo todos los esfuerzos se concentran en la consecución de recursos para terminar los levantamientos de campo.



En este momento, se encuentran en ejecución convenios con varios IIA como el Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico (IIAP), con el que se espera finalizar la región Pacífica en 2021; con el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), con el que se avanza en la terminación de los conglomerados para la región Amazónica; y con el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), que permitirá avanzar en la implementación de conglomerados en el piedemonte Orinoco-Amazónico y en la región Caribe y finalizar toda la región de la Orinoquía en el año 2022.

De otro lado y a través de iniciativas para la estimación de carbono azul con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se espera jalonar recursos para finalizar la región Caribe, faltando solamente la implementación de conglomerados en la región Andina. En este sentido, el Ideam continúa avanzando en la identificación de un programa de sostenibilidad financiera que garantice los recursos para la terminación de la línea base y la continuación de los siguientes ciclos de implementación del IFN.

Con miras al fortalecimiento de la generación de los datos, el Ideam avanza en la construcción del sistema de información del IFN, anidado al sistema de información institucional; esto permitirá la integración e interoperabilidad con otros sistemas para el monitoreo forestal como el Sistema

Nacional de Información Forestal, el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono, y el Sistema de Información para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero, avanzando así en la consolidación de las herramientas para el monitoreo, reporte y verificación en Colombia y mejorando los informes del IFN.

Si bien, actualmente, no se contempla el cambio de diseño del IFN, se está discutiendo la necesidad de involucrar nuevas variables como diámetro de copa y humedad en detritos gruesos de madera.

Se prevé también la integración con sistemas de teledetección e interoperabilidad con otros sistemas, que permitan avanzar hacia la construcción del Sistema de Monitoreo Forestal del país en el marco de los compromisos adquiridos en el acuerdo de París.

Actualmente, el Ideam se encuentra generando toda la documentación necesaria (manuales, guías, protocolos, entre otros) para apoyar el proceso de certificación que debe realizarse en 2022, en razón al cumplimiento de los compromisos adquiridos con el Sistema Estadístico Nacional (SEN) y la implementación de la norma técnica NTC PE 1000 del 2017 (DANE, 2020).



© Ideam / Andrés Rodríguez Toro

REFERENCIAS

- Barbosa, P., Herrera, F., Goeking, S., Nieto, V., Peña, M. y Ortiz, S.** 2014. *Manual de control de calidad del Inventario Forestal Nacional de Colombia (IFN)*. Bogotá, Ideam. (disponible en: www.fs.fed.us/rm/pubs_journals/2014/rmrs_2014_goeking_s002.pdf).
- Decreto 1655.** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá, Colombia, 10 de octubre de 2017. (disponible en: www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/decreto-1655-de-2017.pdf).
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., et al.** 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 (10): 3177-3190. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).** 2017. *Norma Técnica de la Calidad del Proceso Estadístico (NTC PE 1000): Requisitos de calidad para la generación de estadísticas*. Bogotá. (disponible en: www.dane.gov.co/files/sen/normatividad/NTC_Proceso_Estadistico.pdf).
- DANE.** 2020. *Lineamientos para el proceso estadístico en el Sistema Estadístico Nacional, Versión 2.0*. Bogotá. (disponible en: www.sen.gov.co/files/sen/normatividad/Lineamientos_Proceso_Estadistico_v2.pdf).
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam).** 2019a. *Proporción de la superficie cubierta por bosque natural en el territorio continental e insular*. Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBByC). Bogotá. (disponible en: www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/bosques-y-recurso-forestal).
- Ideam.** 2019b. *Documento de la revisión, análisis de los reportes y cifras estimadas de carbono para nivel de referencia forestal*. Bogotá.
- Ideam.** 2020. *Guía de control de calidad del Inventario Forestal Nacional (IFN), Versión 2.0*. Bogotá.
- Ideam.** 2021. *Manual de campo Inventario Forestal Nacional, Versión 5.2*. Bogotá.
- Ideam y DANE.** 2009. *Diseño del marco conceptual y metodológico del Inventario Forestal Nacional*. Bogotá. (disponible en: www.ideam.gov.co/documents/13257/14160/Dise%C3%B1o+del+marco+conceptual+y+metodol%C3%B3gico+del+IFN-1.pdf/57cc75a7-2f30-41ab-b349-69216daaeaff).
- Ideam y Universidad Nacional de Colombia (UNAL).** 2021. *Comparación de la diversidad y riqueza de especies entre tipos de bosque y/o regiones biogeográficas: Resultados preliminares*. Bogotá.
- Galindo, G., Espejo, O.J., Rubiano, J.C., Vergara, L.K. y Cabrera, E.** 2014. *Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia, Versión 2.0*. Bogotá, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (disponible en: www.ideam.gov.co/documents/11769/44688974/Protocolo+de+PDI+para+la+cuantificacion+de+la+deforestacion+en+colombia+v2_1_.pdf/00b95004-53dd-49f9-ab09-16d8803ccd92?version=1.0).
- Linares, R.** 2015. *Guía para el desarrollo de la ordenación forestal integral y sostenible en Colombia*. Bogotá, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (disponible en: www.scribd.com/document/362301457/Guia-Ordenacion-Forestal-Integral-y-Sostenible-2015).
- Ministerio del Medio Ambiente y Departamento Nacional de Planeación (DNP).** 1996. *Política de bosques: Republica de Colombia – Documento CONPES No. 2834*. Bogotá. (disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/2834.pdf>).
- Ministerio del Medio Ambiente, Ministerio de Comercio Exterior, Ministerio de Desarrollo Económico, Departamento Nacional de Planeación y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.** 2000. *Plan Nacional de Desarrollo Forestal*. Bogotá. (disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/002871/PNDFORESTAL.pdf>).
- Olarte Villanueva, C.P., Merchán López, O.F., Linares Prieto, R., Quintero Cardozo, F., León Cruz, R., Rodríguez León, A. y Montealegre, J.O.** 2021. *Marco rector para la implementación del Inventario Forestal Nacional*. Bogotá, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023900/InventarioFORESTALnacional.pdf?fbclid=IwAR3WzDIsVZ4rq7YvwlgshTKWplnmMv32ngPgO7ijchZHde6hcCwiWUpmzE>).

Capítulo



COSTA RICA

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COSTA RICA

Carlos Barrantes, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Área de Conservación Central, San Miguel de Santo Domingo de Heredia, Costa Rica

Carla Ramírez, Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Sabana Sur, Instalaciones del Ministerio de Agricultura, San José, Costa Rica

Henry Ramírez, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Secretaría Ejecutiva, Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia, Costa Rica

Mario Coto, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Secretaría Ejecutiva, Santa Rosa de Santo Domingo de Heredia, Costa Rica

12.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE COSTA RICA

En el año 2000, Costa Rica fue el país piloto para desarrollar experiencias concretas para instalar un inventario forestal de ámbito nacional que combinara aspectos biofísicos y socioeconómicos sobre el uso de los bosques. Esta idea fue impulsada por la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), con el objetivo de introducir nuevos enfoques y fortalecer la capacidad de ejecución en el ámbito nacional para mejorar la información mundial sobre los bosques (Kleinn *et al.*, 2006). La metodología y experiencias desarrolladas en este estudio piloto fueron trasladadas a otros países tropicales a través del Programa de apoyo al monitoreo y evaluación nacional forestal (NFMA, por sus siglas en inglés), el cual ha brindado apoyo a varios países para mejorar la recolección de datos de campo y la generación de información forestal, entre ellos, Brasil, Camerún, Filipinas, Guatemala, Honduras, Kenia, Nicaragua y Zambia.

Más adelante, en el año 2012, Costa Rica emprendió la planificación y ejecución del primer Inventario Forestal Nacional (IFN) liderado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) con el respaldo técnico de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), a través del Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (Programa REDD/CCAD-GIZ) (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015a). La ejecución del primer IFN se concluyó en 2015 y se creó una colección de documentos que se mencionan a continuación:

- Volumen 1. Cartografía base, para la estratificación en tipos de bosque (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015b);
- Volumen 2. Manual de campo, para el establecimiento y medición de parcelas de muestreo (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2014a);
- Volumen 3. Protocolo de campo para la identificación de especies arbóreas (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2014b);
- Volumen 4. Marco conceptual y metodológico para la Fase I (premuestrero) y la Fase II (muestreo) (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015a);
- Informe final de resultados y caracterización de los recursos forestales (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015c).

El primer IFN tuvo como objetivo determinar las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración. A su vez, se estableció la línea base de las emisiones de carbono para la implementación del Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) en el marco de la Estrategia Nacional REDD+ (MINAE, 2015). La información del primer IFN ha sido utilizada por las instituciones para la toma de decisiones y sirve de base para la gestión de los recursos forestales del país y generación de políticas de conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.

Los objetivos específicos del primer IFN fueron los siguientes:

- *determinar el área de cobertura forestal del país por tipos de bosque;*
- *determinar las existencias y el estado productivo por tipos de bosque (dendrometría, especies, abundancia, biomasa y las existencias de carbono relacionadas);*
- *servir de base para la determinación de tasas de recuperación, deforestación y degradación de los bosques;*
- *generar información para el sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) para la Estrategia Nacional REDD - Costa Rica;*
- *generar información para orientar el ordenamiento de tierras forestales y atender los compromisos del país en el ámbito nacional e internacional (SINAC y Programa REDD-CCAD-GIZ, 2014c, p. 3).*

La población de interés del primer IFN correspondió a la superficie de ecosistemas forestales de Costa Rica. El diseño de muestreo fue preestratificado con distribución sistemática con arranque aleatorio de los puntos de muestreo. Este inventario consideró los siguientes seis estratos: bosque maduro, bosque secundario, rodal de mangle, bosque de palmas, pastos con árboles y plantaciones forestales. Se aplicaron diferentes intensidades de muestreo a los estratos para alcanzar una tasa de error preestablecida por estrato. Debido a que no existía un mapa actualizado de tipos de bosque al momento de desarrollar el diseño, se utilizó una malla hexagonal regular de 10 166 puntos (Figura 12.1) para clasificar dichos estratos, utilizando fotointerpretación con imágenes de satélite de la mayor resolución disponible.

Los productos generados en el IFN buscaron mostrar en detalle los resultados asociados al procesamiento de la información de las variables recabadas en las parcelas de campo, y las relaciones entre las principales variables dasométricas, de biodiversidad y de reservorios de dióxido de carbono (CO₂) (SINAC, 2015c).

Para ejecutar el primer IFN en el SINAC, se designó a la Gerencia de Manejo de Recursos Naturales (GMRN), hoy denominado Departamento de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (CUSBSE), como unidad coordinadora. Se conformó un Comité Directivo, integrado por funcionarios del SINAC y del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), cuya función fue orientar las actividades para que se cumplieran los objetivos establecidos y los mecanismos acordados de MRV para la Estrategia Nacional REDD+.

El segundo IFN se ejecutará entre los años 2022 y 2025 para lo cual se ajustó la metodología con base en una actualización de las necesidades de información en el marco del Sistema de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE), donde el IFN es el componente para la recolección de datos de campo sobre los bosques y árboles fuera de bosque y las necesidades de información del SINAC para el cumplimiento de sus competencias. Este cambio permitirá mejorar la toma de decisiones para la planificación estratégica del territorio y proveer datos para el MRV de la Estrategia REDD+, las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) del sector de agricultura, bosques y otros usos de la tierra, así como aportar los datos para informes nacionales e internacionales como FRA, el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y la Convención de Ramsar (Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional).

Otros aspectos de mejora del segundo IFN de Costa Rica son implementar un sistema de monitoreo continuo; ampliar la población de interés a todo el territorio nacional; y aplicar un muestreo sistemático, posestratificado, con la selección de la muestra de forma sistemática y un factor de aleatorización. Además, otro aspecto muy importante es que el segundo IFN será institucionalizado dentro del SINAC, lo que significa que las mediciones en campo serán realizadas con personal de las áreas de conservación.

Específicamente, el segundo ciclo del IFN responderá a las siguientes necesidades de información:

- cambio de cobertura y uso de la tierra;
- salud de los ecosistemas y diversidad biológica forestal;
- degradación de tierras (énfasis en bosques);
- rendimiento y crecimiento forestal;
- regeneración de bosques en tierras no forestales;
- cambio en las existencias de carbono en bosques y otras tierras con árboles.

La transición al nuevo diseño se realizará de forma progresiva, con el fin de que se pueda rescatar la información que se recopiló en el primer inventario y que sea compatible con la plataforma de datos desarrollada con el anterior IFN. En el Cuadro 12.1, se muestran las características de los dos inventarios forestales de Costa Rica.

12.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

La definición de bosque para el primer IFN fue la misma utilizada para los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y para la Estrategia Nacional REDD+ (Cuadro 12.2), la que fue acordada en talleres de trabajo en 2011 (MINAE, 2015). Adicionalmente, se cuenta con la definición de cada tipo de bosque medido: bosque maduro, bosque secundario, bosque de palmas, rodal de mangle y plantaciones forestales. En este inventario forestal nacional, no se definieron categorías relacionadas a otras tierras con árboles que son reportadas en FRA y que en el caso de Costa Rica corresponden a los páramos (FAO, 2014). En el primer IFN también se incluyó el estrato de pastos con árboles, debido a su importancia para el manejo forestal del país

FIGURA 12.1

Malla hexagonal de puntos del Inventario Forestal Nacional de Costa Rica



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Fallas (2021).

CUADRO 12.1

Descripción histórica del Inventario Forestal Nacional de Costa Rica

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN 1	2012-2015	Nacional	Preestratificado, selección sistemática con arranque aleatorio; no proporcional a la población	280
IFN 2	2022-2025	Nacional	Muestreo doble para posestratificación, con selección proporcional a la población	445

(SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015b); según la definición de FRA 2020 (FAO, 2018), esta clase se incluye dentro de la categoría “otras tierras con cubierta de árboles” (Cuadro 12.2).

Las tierras no forestales han sido clasificadas para los informes de FRA dentro de la categoría de “otras tierras” y se infiere que son todas aquellas que no son bosque, pasto con árboles o páramo.

CUADRO 12.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el primer Inventario Forestal Nacional (2012-2015)

Término	Definición	VARIABLES Y UMBRALES
Bosque	Definición internacional: Área de tierra con un tamaño mínimo de 1,0 ha, con una cobertura de copa de árboles de más de 30%, con árboles con potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros en su madurez <i>in situ</i> . Rodales naturales jóvenes, y todas las plantaciones que no hayan alcanzado todavía una cobertura de dosel del 30%, o una altura de 5 metros son considerados bosques (MINAE, 2015).	Superficie mínima: 1,0 ha Cobertura de dosel: $\geq 30\%$ Altura de árbol: ≥ 5 m Ancho mínimo: sin definir Excepciones: sin definir
	Definición legal: Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP) (Ley N.º 7575, 1996).	Superficie mínima: 2 ha Cobertura de dosel: 70% Ancho mínimo: sin definir Excepciones: sin definir
Otras tierras boscosas	Páramos: Área de vegetación natural que se ubica en las partes altas, por encima de 3100 metros de elevación. Comunidades vegetales de baja altura y, generalmente, en sitios húmedos y fríos. La vegetación dominante es de. No medido en campo (FAO, 2014).	Superficie mínima: sin definir Cobertura de copas: sin definir Vegetación dominante: bambú enano del género <i>Chusquea</i> sp. entremezclado con plantas leñosas de familias como <i>Ericaceae</i> , <i>Hypericaceae</i> , <i>Rosaceae</i> y <i>Asteraceae</i> . Ancho mínimo: sin definir Excepciones: sin definir
Otras tierras	Pastos con árboles: Árboles presentes en los terrenos dedicados a la ganadería con remanentes del bosque original talado para crear el potrero, o por establecimiento de árboles en sistemas agroforestales (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015b). No forestal: Resto de usos en agricultura, urbano u otros	Superficie mínima: sin definir Cobertura de copas: 15%-30% Altura de árbol: sin definir Ancho mínimo: sin definir Excepciones: sin definir
Volumen	Volumen total (m ³): árboles vivos, de árboles a partir de 2 cm de DAP. Incluye corteza (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015c).	Diámetro mínimo (DAP, 1,30 m): ≥ 2 cm Incluye tocón y corteza Diámetro mínimo de fin fuste: sin definir Altura total: de la base a la punta de copa Altura comercial: de la base a la primera rama o bifurcación Grupos de especies: todas las especies, identificadas en campo y recolección de muestra
Biomasa	Biomasa por encima del suelo: biomasa seca (kg) de árboles vivos a partir de 2 cm de DAP (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015c). Biomasa por debajo del suelo: No medida Necromasa: Biomasa seca de material muerto de hojarasca y madera muerta caída cilíndricas y semicilíndricas de troncos y ramas con diámetro mínimo de 10 cm y longitud mínima de 1,5 m. No incluye árboles muertos en pie ni tocones.	Biomasa por encima del suelo Diámetro mínimo (DAP, 1,30 m): 2 cm Biomasa por debajo del suelo: no incluida Necromasa Tocones (diámetro mínimo): no incluido Árbol muerto en pie: no incluido Diámetro mínimo de madera muerta caída: 2 cm Hojarasca diámetro mínimo tamizado: no descrito

12.3 DISEÑO DE MUESTREO

Los criterios de selección del método de muestreo utilizados fueron los siguientes:

- objetivos y necesidades de información;
- naturaleza del marco de muestreo;
- precisión deseada (error de muestreo);
- tiempo, costos y condiciones operacionales;
- parámetros de la población que se requiere estimar;
- variabilidad de la población.

La población de interés del primer IFN estuvo conformada por todas las áreas de bosques naturales, plantaciones forestales y pastos con árboles con una extensión igual o superior a 1 hectárea (ha) ubicados en el territorio continental de Costa Rica (51 100 kilómetros cuadrados). Se utilizó un sistema de muestreo sistemático preestratificado, no proporcional al tamaño del estrato. Para definir los estratos, se realizó un muestreo de todas las clases de cobertura y uso de la tierra. Para ello, se utilizó una malla de 10 166 puntos, en donde se interpretaron visualmente los seis estratos antes citados, utilizando imágenes satelitales RapidEye con una resolución de 5 metros (m) (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015a).

El trabajo de campo se realizó en dos fases: en la Fase I se muestrearon 107 parcelas y en la Fase II se midieron 173 parcelas. Con base en los requerimientos de información y las varianzas obtenidas en la Fase I, se determinaron los errores de muestreo deseados y los tamaños de muestra (SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015a).

Para el segundo IFN la población de interés se amplió a todo el territorio e islas continentales del país.

Este cambio permitirá la medición de los recursos forestales en todos los usos de la tierra, así como el seguimiento de sus cambios. Adicionalmente, el segundo IFN tiene carácter permanente con visión de medición continua para realizar comparaciones más precisas sobre los cambios que ocurren en el manejo de los recursos a lo largo del tiempo. Para el diseño de muestreo se hizo un ajuste al tamaño de los estratos para lograr una probabilidad proporcional a la muestra. Se utilizará un muestreo doble para posestratificación, la cual consiste en dos fases:

- Primera fase (fotointerpretación): evaluación de cobertura y uso de la tierra para cada punto de la malla de 10 166 puntos adoptada por el SIMOCUTE (con una equidistancia de 2 500 m); también sirve de base para el monitoreo mediante interpretación visual en imágenes de alta resolución, que corresponde al sistema de monitoreo de cobertura y uso de la tierra por puntos del SIMOCUTE.
- Segunda fase (campaña de campo): se refiere a la medición de las parcelas de campo que se seleccionarán como una submuestra de las parcelas foto-interpretadas, manteniendo la selección de unidades de muestreo usando selección sistemática con arranque aleatorio.

Con base en los datos del primer IFN (2012-2015), el tamaño de la muestra del IFN se incrementó a 445 parcelas (Cuadro 12.3) distribuidas en todo el territorio de Costa Rica. Con estos cambios se espera que el error de muestreo (nivel de confianza del 95%) sea de un 8% para la variable área basal en el dominio bosque.

La transición del diseño del primer IFN al nuevo diseño del IFN se hará de forma progresiva. En la Figura 12.2 se muestra un esquema de la transición, donde las barras verdes corresponden al diseño del primer IFN y las barras rojas al nuevo diseño. El primer ciclo corresponde al primer IFN realizado en 2013-2014.

CUADRO 12.3

Características del diseño de muestreo

Ciclo del inventario	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total de número de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Primer IFN	5 100	203	0	73	276
Segundo IFN	Por definir	246	36	163	445

El ciclo 2 corresponde al segundo IFN, que iniciará en 2022, en donde dos tercios de las UM fueron seleccionados con el diseño del primer IFN y un tercio corresponden a las UM seleccionadas con el nuevo diseño. En el ciclo 3, un tercio de las UM corresponderán a la selección del primer IFN y dos tercios de las UM a la selección del nuevo diseño. A partir del ciclo 4, todas las UM corresponderán a la selección del nuevo diseño. Este enfoque evitará la pérdida de información del primer ciclo, es decir, permitirá obtener información de cambios con los ciclos siguientes y ayudará a mantener la premisa estadística del diseño de igual probabilidad de selección de la muestra.

En el Cuadro 12.4 se resume la distribución de la muestra para cada preestrato del primer IFN y la posible distribución de la muestra por posestratos (basada en la fotointerpretación del año 2013). Los estratos se agruparon en tres de las categorías que utiliza FRA, de la siguiente forma:

- bosques: se agruparon en las seis clases utilizadas en el primer IFN;
- otras tierras boscosas: se refiere a los páramos;
- otras tierras: incluye todas las tierras no forestales (agricultura, ganadería, urbano) excepto los pastos con árboles que se incluyen en la subclase de FRA "otras tierras (con cubierta de árboles)".

Para el segundo IFN se utilizará un sistema de clasificación ajustado que se definió para trabajar de forma colaborativa con el SIMOCUTE (CENIGA, 2020).

FIGURA 12.2

Transición del diseño del primer Inventario Forestal Nacional (2012-2015) al nuevo diseño



Nota: Las barras verdes corresponden al levantamiento de campo realizado en 2013-2014 y las barras rojas al nuevo diseño que se empezará a implementar en 2022.

Fuente: Scott (2019).

12.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

La unidad de muestreo consiste en una parcela individual primaria y varias subparcelas de diferentes dimensiones según sea la variable que se quiera medir (Figura 12.3), las cuales se describen a continuación:

- parcela primaria (PP): 20 m x 50 m (1 000 m²) para medir árboles de más de 10 centímetros (cm) de diámetro a la altura del pecho (DAP);
- subparcela secundaria (SS): 10 m x 20 m (200 m²) para medir árboles entre 2 cm y 10 cm de DAP;
- subparcela terciaria (ST): tres parcelas de 1 m de radio para medir regeneración de árboles, arbustos y palmas de más de 1,5 m de altura y menos de 2 cm de DAP;
- subparcela cuaternaria (SC): una parcela de 1 m² para medir abundancia de herbáceas;
- subparcela de hojarasca (SH): uso de un cuadrado de 50 cm de lado en las cuatro esquinas para recolectar y pesar hojarasca en el suelo;
- transepto de madera muerta (TMm): línea de 20 m para estimar madera muerta ubicada de forma equidistante a partir del punto central de la UMP;
- muestra de suelo: para la toma de muestra de suelo para medir carbono orgánico en el suelo.

12.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, BIOMASA Y VOLUMEN

En el informe de memoria de cálculo y resultados del IFN de Costa Rica (SINAC y Programa REDD/GIZ, 2014b), se explican los métodos detallados para desarrollar los análisis para cada una de las variables del primer IFN. En el Cuadro 12.5, se muestra las ecuaciones utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa para cada árbol.

También se generaron mapas temáticos mediante la aplicación de la geoestadística. El principal objetivo fue estimar valores a nivel nacional a través de interpolaciones utilizando los datos provenientes de

CUADRO 12.4

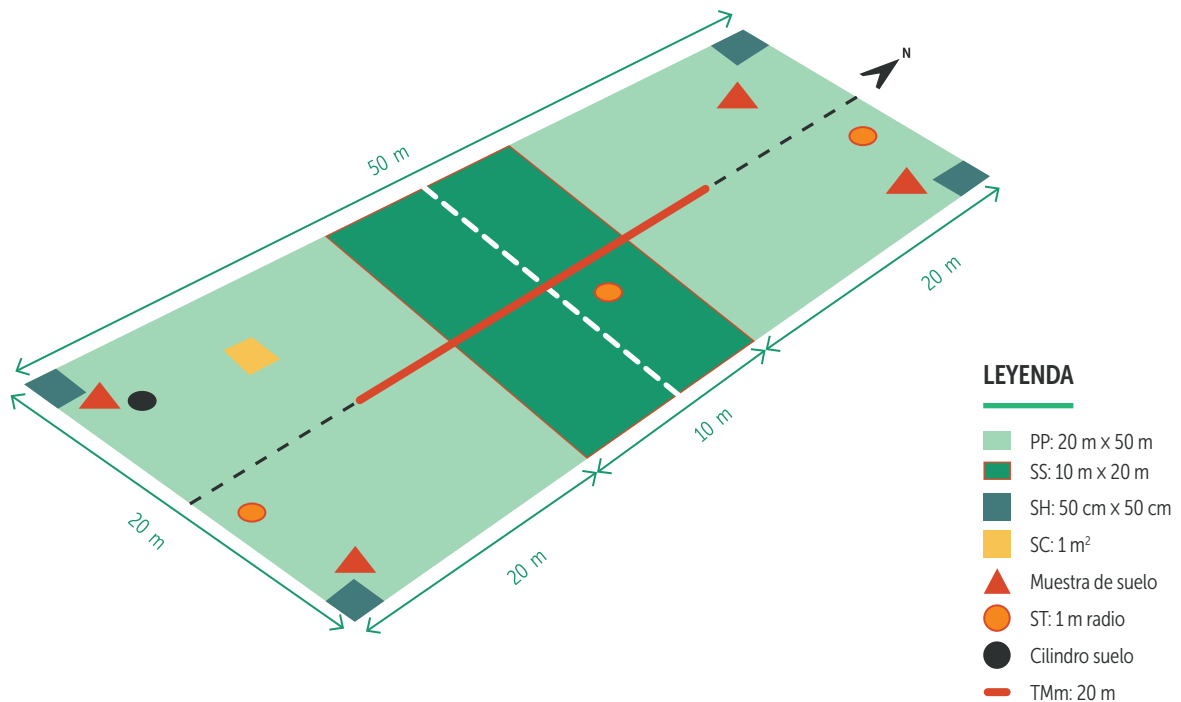
Características del diseño de muestreo del primer (preestratificado) y segundo (posestratificado) Inventario Forestal Nacional

Categorías Evaluación de los recursos forestales mundiales	Estrato	Superficie (1 000 ha)	Primer IFN preestratificado ¹	Segundo IFN posestratificado ²
Bosque	Bosque latifoliado	2 438	167	246
	Bosque de mangle	36	16	3
	Bosque de palma (yolillal)	n/p ³	n/p	4
	Plantación forestal	61	20	2
	Total	2 535	203	255
Otras tierras (con cubierta de árboles)	Pasto con árboles	638	71	n/p
	Total tierras forestales	638	274	255
Otras tierras boscosas	Pantano	n/p	n/p	21
	Páramo	15	n/p	2
Otras tierras	Cultivos, pastos y suelo desnudo	1 913	2	161
Cuerpos de agua continental	Cuerpos de agua continental	n/p	n/p	6
Total		5 100	276	445

Notas: ¹ Con base en fotointerpretación para la planificación del primer Inventario Forestal Nacional (IFN), el mapa de bosques se realizó posteriormente y los datos finales se presentan en el apartado de resultados (12.6). ² Con base en fotointerpretación para la planificación del segundo IFN. En este caso no se interpretaron la cobertura de árboles en pastos, debido a que este proceso se realizará durante el desarrollo del nuevo mapa forestal mediante algoritmos automatizados. ³ n/p = no procede.

FIGURA 12.2

Diseño de parcela utilizada para la recolección de datos del inventario forestal nacional de Costa Rica



Nota: PP: parcela primera; SC: subparcela cuaternaria; SH: subparcela de hojarasca; SS: subparcela secundaria; ST: subparcela terciaria; TMm: trazo de madera muerta.

Fuente: SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ (2014a).

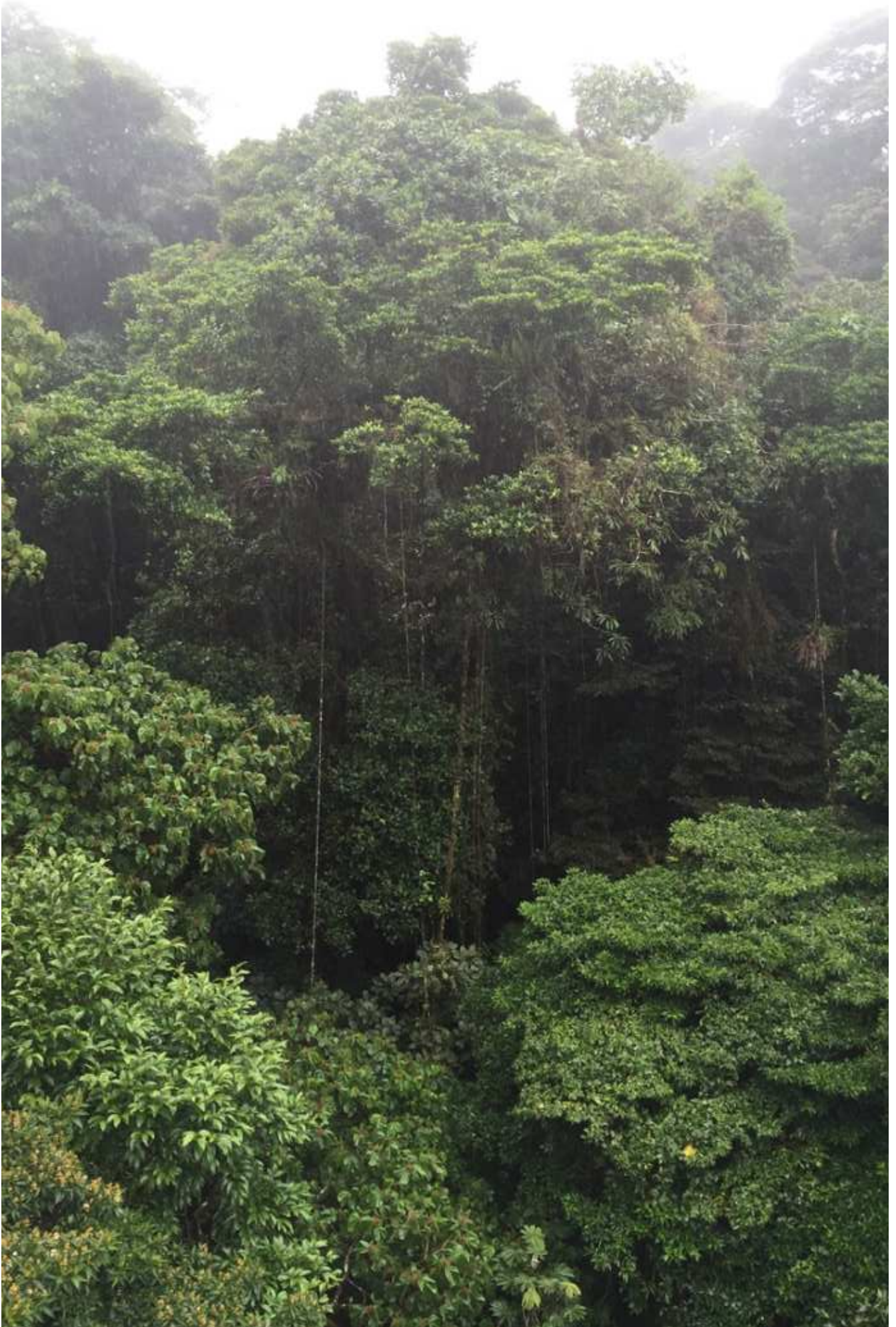
CUADRO 12.5

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa del primer Inventario Forestal Nacional

Variable	Ecuación	Referencia
	Árboles ≥ 2 cm diámetro a la altura del pecho (DAP)	
	$V = AB \times Ht \times 0,5$	
Volumen total (m ³)	Donde: AB: área basal Ht: altura total (hasta la parte más alta de la copa)	Linares (2015)
	Biomasa por encima del suelo: árboles ≥ 2 cm DAP	Chave <i>et al.</i> (2005)
	$B = EXP(2,977) + \ln(GE \times DAP^2 \times Ht)$	
Biomasa (kg)	Donde: B: biomasa DAP: diámetro a la altura del pecho GE: gravedad específica	Ecuación de GE tomado de Chave <i>et al.</i> (2006)
	$B = EXP(-1,80246 + 2,28927 \times \ln(DAP))$	Fonseca, Federico y Rey (2009)
	Para <i>Tectona grandis</i>	
	$B = 10(-0,815 + (2,382 \times \log_{10}(DAP)))$	Pérez y Kanninen (2003)

las mediciones en el terreno para las 280 parcelas distribuidas en los seis estratos de cobertura forestal a nivel nacional. Las variables utilizadas en la interpolación fueron: diámetro a la altura de 1,30 metros (DAP), altura, área basal, densidad de CO₂ en árboles, ramas, suelo, madera muerta caída y raíces. La metodología utilizada comprendió las siguientes etapas (SINAC y Programa REDD/GIZ, 2015b):

- Análisis exploratorio de los datos: con el objetivo de conocer la información disponible de las 280 parcelas y cada una de las variables medidas, se realizó un análisis de estadística descriptiva buscando identificar si la distribución de los datos era normal mediante número de clases, rangos de distribución, moda, mediana, varianza, desviación estándar, ilustrando cada uno de ellos mediante gráficos, mapas y vista en perspectiva, entre otros.
- Análisis de correlación espacial: con este análisis se buscó identificar la dependencia espacial entre los datos. Se utilizaron las funciones semivariograma/covarianza de la superficie. El cálculo del semivariograma es una de las herramientas geoestadísticas
- más importantes en la determinación de las características de variabilidad y correlación entre las variables que se desean interpolar; este análisis permite conocer cómo la variable cambia de una localización a otra. El semivariograma fue calculado en diferentes direcciones (360°) permitiendo seleccionar un modelo esférico para modelar e interpolar los datos.
- Aplicación de herramienta de interpolación utilizando la técnica de distancia inversa ponderada (IDW, por sus siglas en inglés): existen diferentes maneras de derivar una predicción para cada ubicación; cada método se denomina modelo. Con cada modelo, se realizan diferentes suposiciones acerca de los datos y algunos modelos son más aplicables para determinados datos. La herramienta de interpolación, utilizada para generar las superficies predictoras utilizando como información base las 280 parcelas del IFN, consistió en la aplicación del método IDW, o peso ponderado por el inverso de la distancia, de la extensión Spatial Analyst de ArcGis Desktop.



CUADRO 12.6

Resultados del primer Inventario Forestal Nacional (2012-2015)

Variables	Ecuación	Referencia
Superficie de bosque nativo (incluye primario, secundario, mangle, de palmas y plantaciones) (1 000 ha)	2 648 51,9%	Superficie de área \geq 1 ha Porcentaje del país
Superficie de pastos con árboles (1 000 ha)	1 219 31,5%	Superficie de área \geq 1 ha Porcentaje del país
Superficie tierras forestales (1 000 ha)	3 867 75,8%	Superficie de área \geq 1 ha Porcentaje del país
Volumen total de tierras forestales (m ³ /ha)	188,9 (\pm 21,5)	Árboles \geq 2 cm diámetro a la altura del pecho (DAP) (límites de confianza)
Biomasa total de tierras forestales (incluye biomasa por encima del suelo, por debajo del suelo, necromasa) (t/ha)	156,5 (\pm 15,9)	Árboles \geq 2 cm DAP (límites de confianza)

Fuente: Adaptado de SINAC y Programa REDD/GIZ (2015c).

**12.6 RESULTADOS DEL PRIMER CICLO:
SUPERFICIE, BIOMASA Y VOLUMEN**

Los resultados del primer IFN se resumen en el Cuadro 12.6 (SINAC y Programa REDD/GIZ, 2015c). La superficie de bosque del país se estimó en 2 572 873 hectáreas, lo que corresponde a 50,5% de la superficie total del país; la superficie de bosque se divide en 30,3% de bosque maduro, 18,5% de bosque secundario, 0,7% de bosque mangle y 0,9% de bosque de palmas. Adicionalmente, se cuenta con 74 597 ha de plantaciones forestales (1,5%) y 1 219 425 ha de pasto con árboles (31,5%), haciendo un total de 3 866 895 ha de tierras forestales, equivalente a 75,5 % del país. El mapa tuvo limitante de nubes en 481 997 ha (9,4%). La exactitud global del mapa para el cálculo de superficie fue de 89%, uniendo las categorías clasificadas como bosque y pastos con árboles.

El volumen total promedio de todas las tierras forestales se estimó en 188,9 metros cúbicos por hectárea y la biomasa en 156,5 toneladas por hectárea.

En la Figura 12.4, se muestra el mapa de distribución de tipos de bosques de Costa Rica.

**12.7 IMPLEMENTACIÓN Y
CONTROL DE CALIDAD**

En el primer IFN de Costa Rica se desarrollaron varias actividades de control y evaluación de la calidad.

Para el levantamiento de campo, se dividió al país en cinco regiones operativas: Pacífico Norte y Valle Central (PNVC), Pacífico Central y Sur (PC-PS), Zona Norte y Caribe Norte (ZN-CN), Caribe Central y Sur (CC-CS) y sitios de difícil acceso (Cordillera de Talamanca). El trabajo fue tercerizado, para lo cual se desarrollaron términos de referencia y se desarrolló un proceso de selección. En cada región se trabajó con una cuadrilla dirigida por un(a) regente forestal con experiencia en realizar inventarios forestales y conocedor(a) de los sitios a muestrear. Se preparó una descripción de funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros de la cuadrilla de campo. Todas las cuadrillas fueron capacitadas previo al inicio del trabajo de campo, con base en el manual de campo y protocolo para la identificación, recolección, transporte y procesamiento de muestras botánicas. Durante el trabajo de campo se mantuvo contacto por vía telefónica y correo electrónico con los jefes de cuadrilla para resolver dudas de campo durante todo el inventario. Se realizó una visita de campo a cuatro de las cinco cuadrillas.

Los datos recolectados en campo mediante el llenado de los formularios fueron digitados en hojas de cálculo de Excel y escaneados. Además, se documentaron las actividades realizadas por la cuadrilla mediante un informe. Se creó un archivo fotográfico de campo para cada una de las parcelas. Se aplicaron controles rutinarios para evaluar la coherencia, integridad y exhaustividad de los datos dasométricos, dendrológicos, edáficos y de posicionamiento de cada parcela.

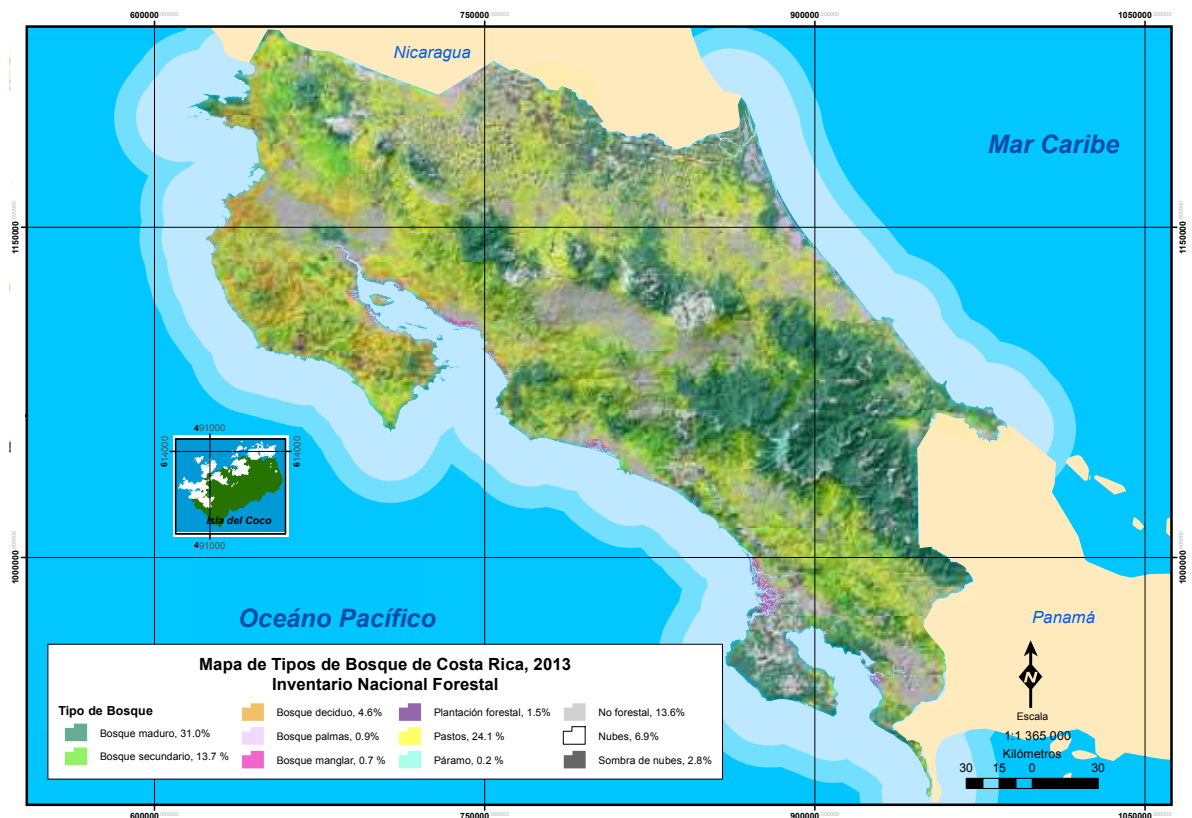
Se usaron imágenes de alta resolución (Google) y ortofotos a escala 1:5 000 del año 2005 disponibles en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) para verificar los estratos. Una vez recibidos los datos del/la jefe de la cuadrilla, los mismos fueron revisados por el director de campo y por el coordinador de dendrología; en caso de

detectarse errores, omisiones o inconsistencias, la información fue devuelta al/a la jefe de la cuadrilla con las observaciones pertinentes para subsanar o documentar la discrepancia. Se hizo una verificación independiente de 33 parcelas, por parte de una cuadrilla de campo independiente.

La información obtenida de la Fase I fue proporcionada por cada cuadrilla en una plantilla Excel homogénea y concertada por el equipo profesional del SINAC, las cuales fueron revisadas previo a la entrega de la información para el procesamiento por parte del Programa REDD/CCAD-GIZ. La tarea de análisis de la información correspondió a Sud-Austral Consulting SpA, cuyo personal procedió nuevamente a contrastar la información de la planilla Excel respecto a los formularios originales de terreno que se adjuntaron

FIGURA 12.4

Mapa de distribución de tipos de bosque de Costa Rica



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: SINAC y Programa REDD/GIZ (2015b).

debidamente escaneados. Posterior a ser verificadas, las posibles inconsistencias de información y dudas de la revisión por la contraparte profesional del SINAC, se procedió a aceptar la base de datos final para hacer más eficiente el procesamiento.

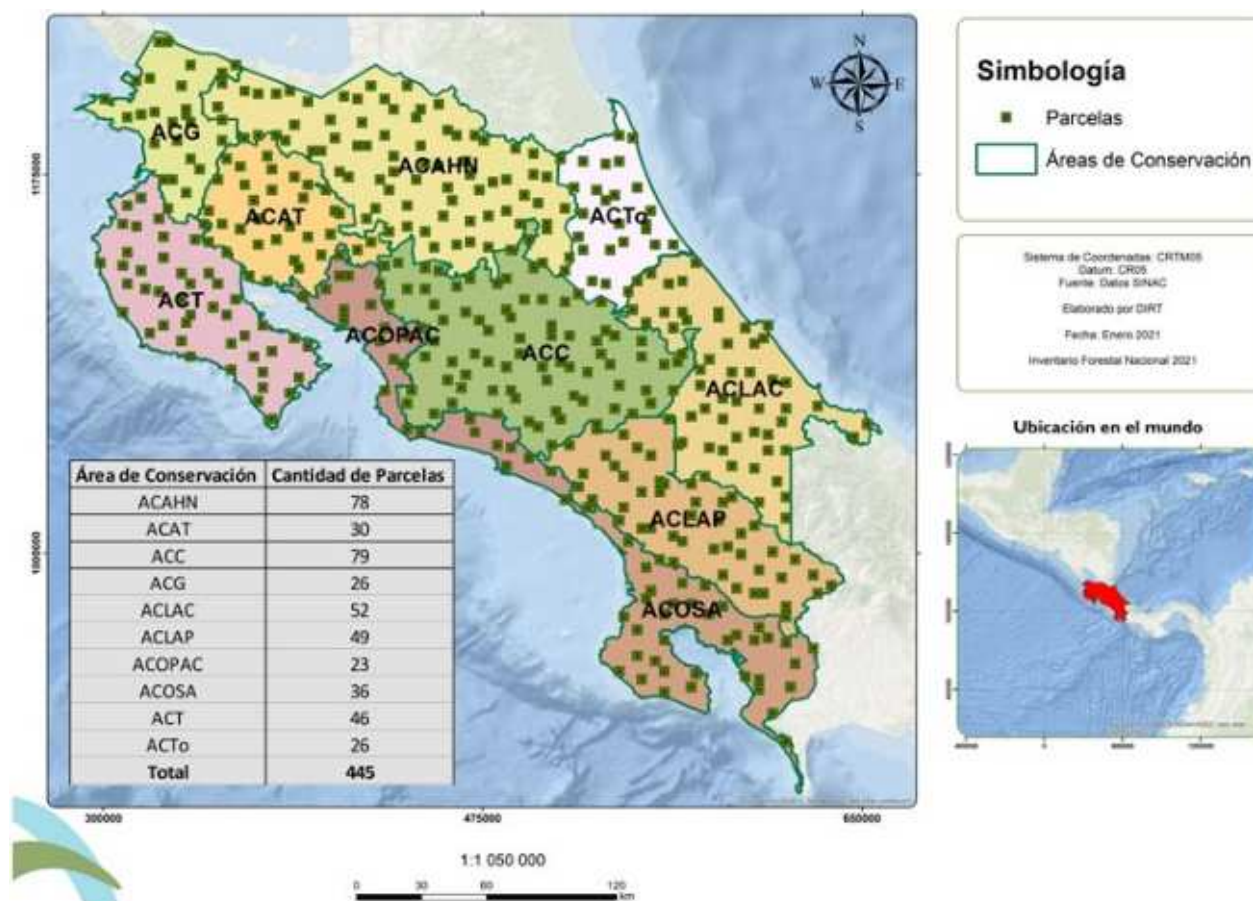
Para la implementación del segundo IFN, el SINAC tomó la decisión de realizarlo como un proyecto institucional con recursos propios (humanos, financieros y capitales); para lograrlo se distribuyó la muestra temporalmente para desarrollar el 20% de medición de parcelas cada año. Considerando un ciclo de cuatro años (2022-2025), se estima que se midan en promedio aproximadamente 111 parcelas por año (Figura 12.5).

Para las operaciones del segundo IFN, el SINAC ha diseñado un plan de gestión que le permitirá organizar la disponibilidad de recursos que requiere este nuevo proyecto institucional a lo largo de todo su ciclo de vida (inicio y formalización, preparación, ejecución, control y cierre). Se ha realizado el nombramiento oficial de un equipo IFN, quienes trabajarán en estas actividades.

FIGURA 12.5

Ubicación de parcelas del segundo Inventario Forestal Nacional y su distribución por Área de Conservación

IFN-CR: Ubicación parcelas por área de conservación



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: Las Áreas de Conservación corresponden a las unidades territoriales en las que se divide el Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

Fuente: SINAC (2021).



12.8 OTRAS VARIABLES QUE SE RECOLECTAN EN EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE COSTA RICA

El primer IFN tuvo la particularidad de recolectar información no solamente en bosque, sino que se incluyeron los pastos con árboles, con el objetivo de monitorear los recursos forestales en los terrenos dedicados a la ganadería que aún tienen remanentes de bosques naturales o que pueden ser mejorados para crear sistemas silvopastorales.

En el segundo IFN, se recolectarán datos de parcelas ubicadas en todo el territorio nacional y en todos los usos de la tierra, con el fin de ampliar el monitoreo de los árboles no solamente en bosques, sino fuera de ellos. Esto permitirá un cálculo de biomasa y carbono más amplio. Para lograr esta acción, se ha desarrollado una clasificación de uso y cobertura de la tierra, en el cual se ha definido la cobertura como “la cubierta biofísica presente en un sitio con sus elementos naturales y antrópicos” y el uso de la tierra como “uso funcional de un sitio tal como elementos biofísicos y culturales, por lo que su determinación requiere una perspectiva humana y la interpretación de las actividades realizadas sobre la cobertura de la tierra en un sitio determinado”, según la Mesa técnica de clasificación de uso y cobertura de la tierra del SIMOCUTE (CENIGA, 2020).

12.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

El monitoreo integrado de los recursos naturales es uno de los objetivos del SIMOCUTE y el IFN ha sido uno de los pilares para este proceso. La malla hexagonal de puntos generada es la base para el desarrollo del seguimiento de los cambios de uso y cobertura mediante la interpretación visual de puntos, metodología que ha sido utilizada para la actualización del nivel de referencia para REDD+ y el Inventario de Gases de Efecto Invernadero. Esta información también será utilizada para generar los posestratos para mejorar las mismas estimaciones del IFN.

Adicionalmente, con la selección de muestras en todos los usos de la tierra, permitirá la inclusión de otras variables no solo del sector ambiente, sino también del sector agricultura. Se están desarrollando discusiones sobre la inclusión de variables de biodiversidad (flora y fauna), así como variables biofísicas en agricultura y ganadería.

Aunado a lo anterior, es importante mencionar que la ejecución del IFN es una competencia legal del SINAC según el artículo 6, inciso h de la Ley Forestal N.º 7575, por lo que se ha decidido realizar este proyecto con recursos propios por primera vez, para ganar experiencia, recopilar lecciones aprendidas y poder continuar el monitoreo forestal a lo largo del tiempo, mediante una filosofía de mejora continua.

REFERENCIAS

- Centro Nacional de Información Geoambiental de Costa Rica (CENIGA).** 2020. Descripción del Sistema de Clasificación de Uso y Cobertura de la Tierra propuesto para el SIMOCUTE. *Revista Ambientico*. 273: 23-34. (disponible en: www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/30621/273_23-34.pdf).
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., et al.** 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>).
- Chave, J.** 2006. *Medición de densidad de madera en árboles tropicales: Manual de campo*. Proyecto Pan Amazonía, Red Amazónica de Inventarios Forestales. (disponible en: [www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish[1].pdf)).
- Fallas, J.** 2021. *Inventario Forestal Nacional Costa Rica: Diseño conceptual y metodológico*. San José, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente y Energía.
- FAO.** 2014. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015: Informe Nacional Costa Rica*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/a-az191s.pdf).
- FAO.** 2018. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020: Términos y definiciones FRA 2020*. Documento de Trabajo N.º 188 de la Evaluación de recursos forestales. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/I8661ES/i8661es.pdf).
- Fonseca, W.G., Federico, A.G. y Rey, J.M.** 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque* 30(1): 36-47. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002009000100006>).
- Kleinn, C., Ramírez, C., Chaves, G. y Lobo, S.** 2001. *Pilot forest inventory in Costa Rica for the Global Forest Survey (GFC) Initiative of FAO FRA*. Cartago (Costa Rica), CATIE, y San José, SINAC. (disponible en: www.fao.org/forestry/15543-0194951258eb2f005a62668ebc1b7553d.pdf).
- Ley Forestal N.º 7575.** Asamblea Legislativa, San José, Costa Rica, 16 de abril de 1996. (disponible en: www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=41661&nValor3=94526&strTipM=TC).
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).** 2015. *Estrategia Nacional REDD+ de Costa Rica*. San José. (disponible en: https://redd.unfccc.int/files/4863_1_fon_estrategia_red_cr_lr.pdf).
- Pérez, L.D. y Kanninen, M.** 2003. Aboveground biomass of *Tectona grandis* plantations in Costa Rica. *Journal of Tropical Forest Science*, 15(1): 199-213. (disponible en: www.jstor.org/stable/23616336).
- Scott, C.** 2017. *Recomendaciones detalladas para ajustar el diseño del inventario forestal nacional de Costa Rica en el marco del SIMOCUTE*. San José, Sistema Nacional de Áreas de Conservación, Ministerio de Ambiente y Energía.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).** 2021. Mapa de ubicación de parcelas del IFN-CR por áreas de conservación (no publicado). San José.
- SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ.** 2014a. *Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas*. Preparado por Jorge Fallas – consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). San José. (disponible en: www.sirefor.go.cr/pdfs/VOLUMEN-2.-MANUAL-DE-CAMPO-INVENTARIO-FORESTAL-NACIONAL.pdf).
- SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ.** 2014b. *Protocolo de campo para la identificación de especies arbóreas: Información taxonómica y dendrológica de las especies arbóreas de Costa Rica*. Preparado por Nelson Zamora – especialista en dendrología tropical y consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). San José. (disponible en: www.sirefor.go.cr/pdfs/VOLUMEN-3.-PROTOCOLO-PARA-LA-IDENTIFICACION-ESPECIES.pdf).

SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ. 2014c. *Memoria de cálculo y principales resultados del Inventario Nacional Forestal de Costa Rica: Primera aproximación en base a resultados de las Fases I y II del INF de Costa Rica.* San José. (disponible en: www.sirefor.go.cr/pdfs/RESULTADOS-Y-MEMORIA-DE-CALCULO-INF-CR.pdf).

SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ. 2015a. *Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014: Marco conceptual y metodológico para las fases de premuestreo y muestreo.* Compilado por Jorge Fallas Gamboa para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica, ejecutado por el SINAC dentro del marco del Programa REDD/ CCAD/GIZ. San José. (disponible en: www.sirefor.go.cr/pdfs/Volumen4-MarcoC-Imprenta.pdf).

SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ. 2015b. *Cartografía base para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014.* Preparado por Ortiz, E. *et al.* como consultor para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica, dentro del marco del Programa REDD/CCAD/GIZ. San José. (disponible en: www.sirefor.go.cr/pdfs/Documento-cartografia-Imprenta.pdf).

SINAC y Programa REDD/CCAD-GIZ. 2015c. *Inventario Nacional Forestal de Costa Rica 2014-2015. Resultados y Caracterización de los Recursos Forestales.* Preparado por: Emanuelli, P., Milla, F., Duarte, E., Emanuelli, J., Jiménez, A. y Chavarría, M.I. Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ) y Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) Costa Rica. San José. (disponible en: www.sirefor.go.cr/pdfs/INF_CostaRica_ParaWeb.pdf).

Capítulo



ECUADOR

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DEL ECUADOR

Leonardo Ayala, Dirección de Bosques, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Calle Madrid 1159 y Andalucía, CP 170525, Quito, Ecuador

Digner Jiménez, Sistema Único de Información Ambiental, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Calle Madrid 1159 y Andalucía, CP 170525, Quito, Ecuador

Miguel Chinchero, Sistema Único de Información Ambiental, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Calle Madrid 1159 y Andalucía, CP 170525, Quito, Ecuador

Ximena Herrera, Dirección de Bosques, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, PROAmazonia, Calle Madrid 1159 y Andalucía, CP 170525, Quito, Ecuador

13.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS NACIONALES FORESTALES EN ECUADOR

Actualmente, el Ecuador posee un inventario forestal a escala nacional; sin embargo, han existido acciones pioneras desde el año 1963. Entre las principales, se menciona el inventario realizado en la provincia de Esmeraldas que cubre los bosques húmedos del Chocó, el cual tuvo el apoyo del Programa de Desarrollo de las Naciones Unidas (Fondo Especial de las Naciones Unidas). La información recolectada tuvo como fin el desarrollo de las industrias forestales, con un enfoque extractivo desde una visión de explotación forestal empresarial (Aguirre *et al.*, 2010).

El siguiente inventario se ejecutó en el año 1975 en la zona sur del Ecuador, en las provincias de El Oro, Loja, Zamora Chinchipe y Morona Santiago que contienen bosques húmedos y secos. Esta iniciativa se realizó con el apoyo del Centro Internacional Tropical de Francia (SCET Internacional) y Agrofor del Ecuador (Agrofor, Predesur y SCET Internacional, 1978).

Para complementar el inventario de 1975, el Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) y la Dirección Nacional Forestal (DNF), hoy denominada Dirección de Bosques del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), evaluó los bosques en el centro de la Amazonía ecuatoriana con el apoyo de técnicas de percepción remota como la interpretación de imágenes Landsat y de radar, y análisis de fotografías aéreas (CLIRSEN y DINAF, 1985).

Las experiencias previas de inventarios forestales en el país evidencian los esfuerzos por conocer el estado de sus recursos forestales, las cuales tienen un nivel subnacional con objetivos específicos y sin metodologías estandarizadas.

Por esta razón, a partir del año 2006, la DNF inició un proceso nacional de evaluación de los recursos forestales en tres ámbitos: inventario forestal, análisis socioeconómico y modelamiento de densidades de carbono (Aguirre *et al.*, 2010), que se materializó en el proyecto Evaluación Nacional Forestal (ENF¹). Este proyecto se conceptualizó como un instrumento multipropósito con la capacidad de i) proporcionar datos e información para la toma de decisiones y desarrollo de políticas para el manejo forestal sostenible; ii) responder a los requerimientos para acceder a los mercados internacionales de carbono; iii) ofrecer una periodicidad para el monitoreo a largo plazo; y iv) proporcionar flexibilidad y adaptabilidad para necesidades futuras de información (Aguirre *et al.*, 2010); enmarcado en los ejes de la Gobernanza Forestal

¹ Para efectos de este documento, en el caso de Ecuador la ENF se refiere al Inventario Forestal Nacional (IFN).

del Ecuador relacionado con la “generación de Información Forestal” (MAE, 2013a). La fase de medición se ejecutó el año 2009 con el soporte técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) a través del proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático y el soporte financiero del Gobierno de Finlandia (Aguirre *et al.*, 2010), siguiendo el marco metodológico desarrollado en años anteriores (Cuadro 13.1).

El Ecuador desde el año 2018 inicia su segunda ENF que tiene como marco legal el Código Orgánico Ambiental del Ecuador, publicado el año 2017 en el Suplemento del Registro Oficial N.º 983, que otorga la atribución de realizar y mantener actualizado el inventario forestal nacional (IFN) a la Autoridad Nacional Ambiental. El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente del Suplemento del Registro Oficial N.º 507 del año 2019 lo define como:

un proceso metodológico que genera información de forma periódica a través de observaciones y mediciones en campo, complementadas con procesos de análisis geográfico sobre las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país, como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración, así como el desarrollo de políticas públicas (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente, 2019, art. 347).

En el artículo 348 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente se describen los objetivos del IFN que abarcan, desde el diseño del proceso hasta la generación de indicadores de gestión forestal.



© Jorge Armijos

13.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÚLTIMO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

Los términos y definiciones empleados para el diseño y reporte de la información derivada de la ENF se alinean con la normativa nacional, el informe de Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) y las orientaciones de buenas prácticas del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para incorporar los datos de un IFN a los informes bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC).

El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente menciona al bosque como parte del Patrimonio Forestal Nacional, incluyendo aquellas que bajo mecanismos de restauración ecológica ingresen al patrimonio. Respecto al Patrimonio Forestal Nacional, el Código Orgánico del Ambiente en su artículo 89 indica que este se conforma por los bosques naturales y tierras de aptitud forestal. Incluye áreas bajo la competencia directa del Estado o que sean de dominio público; las formas de vegetación no arbórea asociadas o no al bosque; los bosques intervenidos y secundarios; y las tierras de restauración ecológica o protección.

El Acuerdo Ministerial 116 que expide el Plan de Acción REDD+ *Bosques para el buen vivir* y establece los lineamientos para la implementación del mecanismo REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques) en el Ecuador conceptualiza al bosque como:

Comunidad vegetal natural o cultivada de por lo menos una hectárea, con árboles de al menos cinco metros de altura y con un mínimo de treinta por ciento de cobertura del dosel o capa aérea vegetal. El bosque se puede diferenciar en bosque nativo y plantaciones forestales. Se incluyen las áreas cubiertas de bambú y palmas nativas, siempre que éstas alcancen el límite mínimo establecido en cuanto a área mínima, altura y cubierta de copas. Se excluyen las formaciones de árboles utilizadas en sistemas de producción agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales, plantaciones de palma africana y sistemas agroforestales. Se excluyen también los árboles que crecen en parques y jardines urbanos (MAE, 2016, p. 189).

CUADRO 13.1

Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
ENF 1	2009-2013	Nacional	Doble muestreo sistemático estratificado con arranque aleatorio	630
ENF 2	2018-2023	Nacional	Muestreo sistemático estratificado	1 744 ¹

Nota: ¹ Unidades de muestreo que corresponden solo a cobertura boscosa.

CUADRO 13.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar la Evaluación Forestal Nacional 1

Término	Definición	VARIABLES Y UMBRALES
Bosque	Incluye toda la tierra con vegetación boscosa y sistemas con potencial de alcanzar los umbrales establecidos para identificar un bosque y coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario de gases de efecto invernadero (MAE y Programa ONU-REDD, 2010).	Cobertura mínima dosel: 30% Altura de dosel: desde 5 m Área mínima de mapeo: 1 ha
Otras tierras boscosas	Plantaciones forestales tradicionales con fines productivos y de restauración (MAE y FAO, 2014a).	Cobertura mínima dosel: 30% Altura dosel: desde 5 m Área mínima de mapeo: 1 ha
Otras tierras	Incluye suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en las siguientes categorías: <ul style="list-style-type: none"> – cultivos que contiene tierra cultivada y sistemas agrosilvopastoriles – pasturas zonas con tierras de pastoreo, incluye sistemas de vegetación no arbóreas – cuerpos de agua, incluyendo zonas de extracción de turba y tierra cubierta o saturada de agua – infraestructura, incluyendo infraestructura de transporte y asentamientos humanos (MAE y Programa ONU REDD, 2010; MAE y FAO, 2014a)	Cobertura dosel: < 30% o inexistente Altura de copas: no procede Área mínima de mapeo: 1 ha
Volumen	Volumen comercial de madera con corteza, excluyendo ramas, a partir de fórmula de normativa forestal.	Árboles vivos: ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) Corteza: incluida Ramas: excluidas
Biomasa	Biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo estimada a partir de ecuaciones alométricas de Chave <i>et al.</i> (2005) con variables dasométricas de fácil medición (MAE y FAO, 2014a).	Árbol vivo ≥ 10 cm DAP: Densidad específica en base a tabla de Zanne <i>et al.</i> (2009), estimado para familia, género o especie; en especies no identificadas se usa un promedio ponderado Para palmas con DAP ≥ 10 cm, no se emplea densidad específica; se estima a partir de ecuaciones alométricas Árbol muerto en pie con y sin ramas: Densidad específica promedio ponderado (0,53 g cm ³) Descuento: 50% muertos sin ramas y 25% muertos con ramas (Brown <i>et al.</i> , 1995 y Saldarriaga <i>et al.</i> , 1998, citados por Sarmiento, Pinillos y Garay, 2005) Tocones: Diámetro y altura, con factor de forma de 1, asumiendo un cilindro completo

En relación a los términos y definiciones de FRA 2020 (FAO, 2018), la tierra cubierta con bosque del país se categoriza en i) nativo, que corresponde a "bosque"; ii) plantación, que se considera como "otras tierras boscosas"; y iii) las tierras no forestales se incluyen en la categoría "otras tierras" (Cuadro 13.2).

El bosque nativo del Ecuador se divide en 65 ecosistemas por sus características hidrológicas, geomorfológicas, bioclimáticas y biológicas; para la Evaluación Nacional Forestal se agrupan en nueve estratos boscosos en base a las principales características fisonómicas, geomorfológicas y florísticas de los ecosistemas (Cuadro 13.3).



CUADRO 13.3

Estratos boscosos de la Evaluación Nacional Forestal que corresponden a la categoría bosque de la Evaluación de recursos forestales mundiales 2020

N.º	Estrato	Definición
1	Bosque Seco Pluvioestacional (BSP)	Precipitación menor de 1 600 mm con cinco a seis meses secos Rango altitudinal de 800 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) a 2 600 m s. n. m. Altura dosel de 5 m en adelante Composición florística xerofítica (Aguirre, Linares-Palomino y Kvist, 2006)
2	Bosque Seco Andino (BSA)	Temperatura entre 6 °C y 17 °C Precipitación anual menor de 1 600 mm Rango altitudinal entre 0 m s. n. m. y 700 m s. n. m. (MAE, 2013b; MAE y FAO, 2014a) Dosel entre 5 m y 10 m de altura Existen áreas que por influencia antrópica la vegetación es arbustiva, espinosa, xerofítica, poco densa y con alturas de hasta 4 m. Sin embargo, la diversidad de especies arbóreas es baja (Aguirre, Kvist y Sánchez, 2006)
3	Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (BSVAPM)	Temperatura entre 6 °C y 17 °C Precipitación anual mayor de 3 406 mm Rango altitudinal entre 300 m s. n. m. y 1 500 m s. n. m. (MAE, 2013b; MAE y FAO, 2014a) Dosel alcanza 30 m de altura, sotobosque bastante denso y abundante presencia de epífitas en el estrato bajo (Sierra, 1999; Baquero <i>et al.</i> , 2004)
4	Bosque Siempre Verde Andino Montano (BSVAM)	Temperatura anual entre 15 °C y 24 °C Precipitación anual de 2 449 mm Rango altitudinal entre 1 300 m s. n. m. y 1 800 m s. n. m. Dosel entre 25 m y 30 m (MAE, 2013b; MAE y FAO, 2014a)
5	Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (BSVCA)	Temperatura entre 6 °C y 17 °C Precipitación anual de 922 mm (Baquero <i>et al.</i> , 2004) Rango altitudinal entre 1 500 m s. n. m. y 4 000 m s. n. m. Dosel de los árboles entre 5 m y 10 m de altura (MAE, 2013b; MAE y FAO, 2014a)
6	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia (BSVTBM)	Temperaturas entre 16 °C y 26 °C Precipitaciones superiores a 2 000 mm Por lo general, hay más de 200 especies mayores de 10 cm de DAP en una hectárea (Sierra, 1999; MAE, 2001) Dosel de 30 m a más de 40 m Abundantes epífitas, lianas y trepadoras, y el estrato bajo herbáceo es bastante denso (MAE, 2013b; MAE y FAO, 2014a)
7	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Choco (BSTBCH)	Temperaturas entre 16 °C y 26 °C Precipitación anual promedio de 2 000 mm Dosel se establece a los 30 m Estudios realizados indican que en una hectárea de este tipo de bosque se puede registrar más de 100 especies arbóreas con DAP superiores a 10 cm (Sierra, 1999; MAE, 2001; Boada, 2006)
8	Manglar (M)	Dosel es variable y está generalmente entre 3 m y 12 m, aunque en la costa norte del Ecuador puede alcanzar 25 m o más (Sierra, 1999; Boderó, 2005) Asociaciones anfíbias de plantas leñosas arbóreas o arbustivas, perennifolias
9	Moretales (Mo)	Temperaturas entre 16 °C a 26 °C Precipitaciones superiores a 2 000 mm Vegetación adaptada a zonas inundables Dosel constituido principalmente por las copas de <i>Mauritia flexuosa</i> de más de 20 m

13.3 DISEÑO DE MUESTREO

La primera ENF tuvo un enfoque multipropósito cuyas variables principales se mantienen en el segundo ciclo (Cuadro 13.4). Las variables empleadas para el diseño del inventario forestal son el volumen de madera y biomasa contenida en los estratos donde se estableció un error de 10%; otras variables de análisis están agrupadas por temática.

Como en la práctica la población entera de árboles no puede ser medida directamente, se toman muestras individuales para caracterizar la población. El diseño de muestreo considera categorías de la vegetación en busca del control de la varianza de las estimaciones de interés (Casanoves, Cifuentes y Chacón, 2017).

En la primera ENF se utilizó una malla de 1 kilómetro (km) por 1 km, sobre la cual, con base en un piloto con muestreo doble para estratificación, se estimó la muestra para una distribución proporcional en relación a cada estrato. Debido a factores geográficos y económicos, se planificó un arranque aleatorio para la implementación del inventario (ver el Cuadro 13.5 y la Figura 13.1), bajo la premisa que cada unidad de muestreo tuviera la misma probabilidad de ser seleccionada.

La unidad de muestreo establecida es un conglomerado en forma de "L" compuesto por tres parcelas de 60 metros (m) por 60 m separadas por una distancia de 250 m entre ellas. Cada parcela contiene subunidades de muestreo para las variables evaluadas (Cuadro 13.6).

Sobre la base de la actualización de requerimientos de información a nivel institucional para fortalecer la gestión forestal y los resultados de la primera ENF, se construyó el marco conceptual que rige el diseño de la segunda ENF; existen cambios en la forma de medición de algunas variables que pueden ser comparadas en el Cuadro 13.6. El segundo ciclo de la ENF mantiene el enfoque de población como zonas con bosque y no bosque, y la subpoblación corresponde a las áreas con límites bioclimáticos y geomorfológicos que poseen bosques con una estructura y composición florística característica, denominados estratos (Cuadro 13.3). La información geográfica es generada por el equipo técnico del Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques a escala 1:100 000, y corresponde a las coberturas de bosque y la asignación del atributo estrato a los conglomerados.

El diseño tiene un muestreo sistemático estratificado, que ubica las unidades de muestreo en un patrón regular de 10 km por 10 km en todo el territorio nacional (Figura 13.2), exceptuando las islas Galápagos e islas pequeñas dentro del territorio nacional. La red fija maximiza la distancia promedio entre las mismas, buscando minimizar la correlación espacial entre las observaciones (Czaplewski, McRoberts y Tomppo, 2004).

Para la distribución de la muestra se considera una asignación proporcional al área de cada estrato para asegurar que el error se encuentre en el umbral establecido del 5%. El cálculo considera zonas de bosque y no bosque, sin embargo, en campo solo se

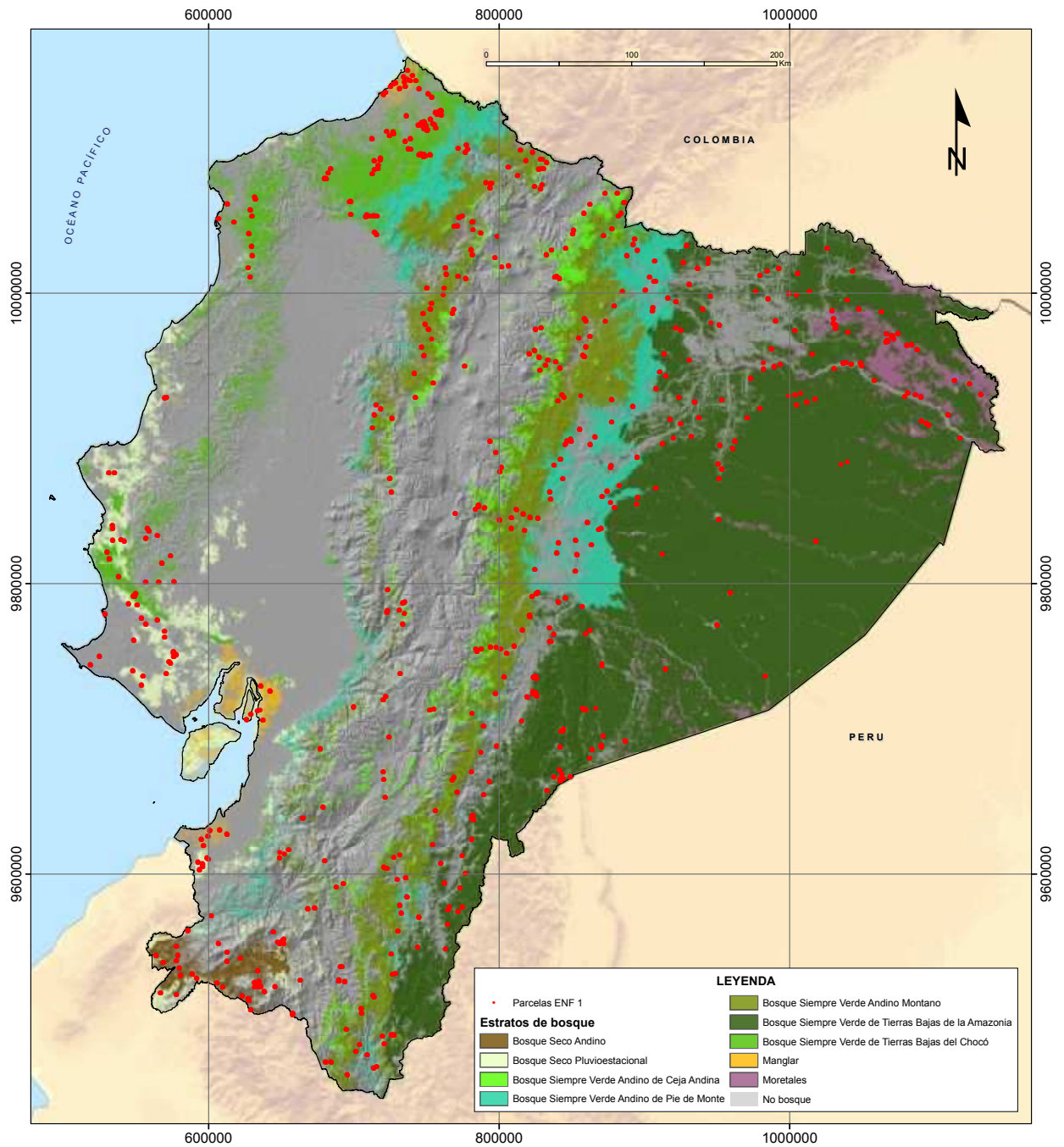
CUADRO 13.4

VARIABLES PRINCIPALES QUE EVALÚA LA SEGUNDA EVALUACIÓN NACIONAL FORESTAL

Temática	Variable	Unidad
Productividad de los bosques naturales	Número de árboles vivos	Número de individuos por hectárea
	Volumen comercial de madera en pie	Metros cúbicos por hectárea por año
	Volumen potencial para aprovechamiento forestal	Metros cúbicos por hectárea por año
	Volumen total de madera en pie	Metros cúbicos por año
Estado del bosque	Accesibilidad de bosques para manejo forestal	Kilómetros hasta las vías
	Área cambio – Mapa	Hectáreas
	Área de bosque y otra cubierta vegetal – Mapa	Hectáreas
Biodiversidad forestal	Riqueza	Número de especies
Contenidos de carbono en biomasa	Carbono por encima del suelo	Toneladas de carbono por hectárea
	Carbono por debajo del suelo	
	Carbono orgánico de suelos	
	Carbono en hojarasca	
	Carbono de madera muerta	

FIGURA 13.1

Mapa de estratos boscosos de la primera Evaluación Nacional Forestal y unidades de muestreo del arranque aleatorio



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MAE y FAO (2014a)

miden los conglomerados con cobertura forestal; las unidades que corresponden a no bosque se inspeccionan con el apoyo de sistemas de información geográfica. Dado que el patrón espacial de los conglomerados es diferente entre el primer y segundo inventario, se requiere evitar la pérdida de información, razón por la cual se plantea una

transición paulatina hacia el arreglo sistemático establecido que permite la intensificación o reducción de unidades de muestreo en zonas de interés. La transición consiste en remuestrear un porcentaje de conglomerados de la primera evaluación e incorporar nuevos conglomerados en dos ciclos de medición.

CUADRO 13.5

Distribución de conglomerados por estrato boscoso

Nombre del estrato	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total número de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Bosque Seco Andino	162,96	41	n/p	n/p	41
Bosque Seco Pluvioestacional	399,32	54	n/p	n/p	54
Bosque Siempre Andino Montano	1 888,67	154	n/p	n/p	154
Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina	502,77	60	n/p	n/p	60
Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte	1 079,7	84	n/p	n/p	84
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia	6 293,51	174	n/p	n/p	174
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	465,71	87	n/p	n/p	87
Manglar	104,57	30	n/p	n/p	30
Moretales	466,07	27	n/p	n/p	27
Total	11 363,28	711	n/p	n/p	711

Nota: El diseño de muestreo de la Evaluación Forestal Nacional 1 (ENF1) consideró un mapa inicial para estimar las muestras con base en superficies por tipo de bosque, que fue construido con información de un mapa del año 1999 realizado por el Dr. Rodrigo Sierra, ya que era la única información de escala nacional existente hasta el 2009. Sin embargo, al momento de presentación de resultados de la ENF1, se empleó los datos de cobertura boscosa provenientes de los mapas oficiales del Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) generados desde el 2010 al 2014 que manejan supuestos diferentes a los del mapa del año 1999; la fuente de los datos de Ecuador reportados a la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) provienen de los mapas oficiales. n/p: no procede.

Fuente: MAE y FAO (2014a).

13.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Los conglomerados poseen tres parcelas con un emplazamiento en forma de letra "L", separados por 250 m entre cada punto de inicio de una parcela.

Las parcelas cuentan con subunidades de muestreo (Figura 13.3) que tienen por objeto recoger información de árboles vivos, muertos en pie y tocones, madera muerta o caída, hojarasca, carbono orgánico del suelo, regeneración, biomasa de surales y guaduales (formaciones con "bambú"). En el Cuadro 13.6 se muestra un resumen de las características de las subunidades de muestreo.

elaborados por el MAATE para los años 1990, 2000 y 2008, e información preliminar del mapa de vegetación del Ecuador a escala 1:100 000 (MAE, 2013a).

El trabajo consistió en diferenciar por características climáticas y fisionómicas relacionadas con áreas homogéneas en términos de biomasa (MAE y Programa ONU REDD, 2010); el ajuste se realizó con técnicas de fotointerpretación sobre una remanencia boscosa de 12 millones de hectáreas.

Volumen

El volumen se estimó con ecuaciones generales (Cuadro 13.7), por la ausencia de fórmulas específicas dada la alta diversidad de árboles en los bosques nativos. El cálculo se realizó a nivel de individuo en base a los diámetros, la altura comercial y un factor de forma de 0,7 que se encuentran en la normativa forestal nacional.

13.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

Superficie

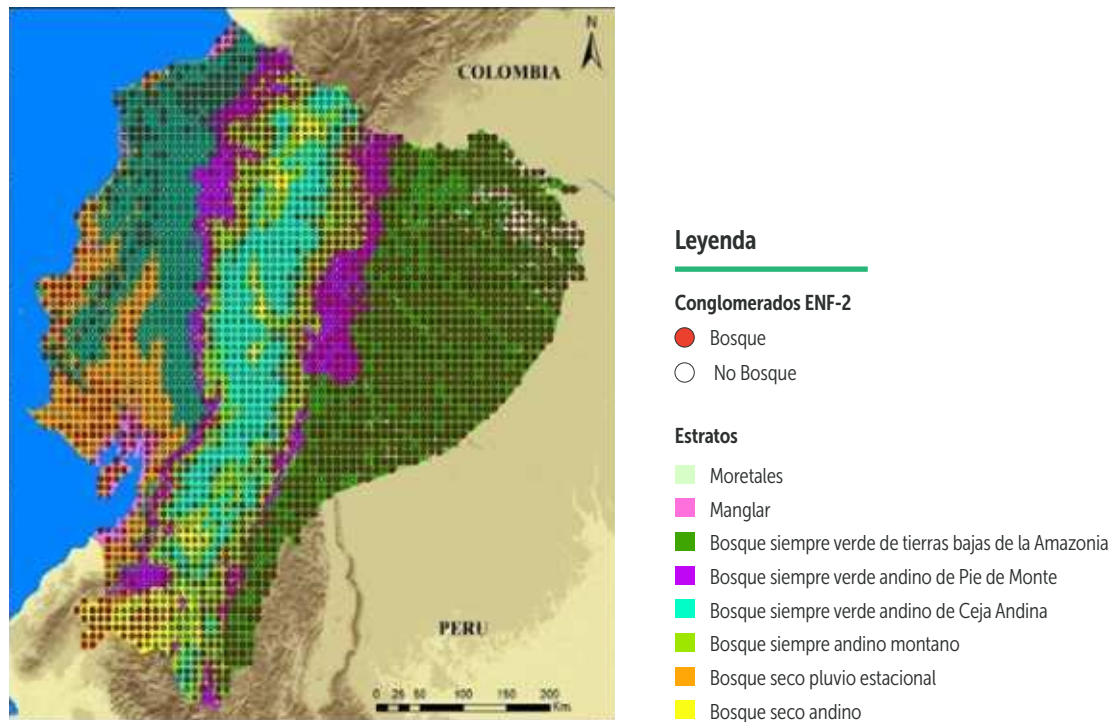
La cobertura de bosque de la primera ENF se estratificó con información disponible al año 2012, que corresponde a formaciones vegetales de Sierra (1999), los mapas históricos de deforestación

Biomasa

La biomasa se calculó a partir de resultados volumétricos (Cuadro 13.7), usando valores de densidad de madera obtenidos a partir de la lista de densidades de madera de la

FIGURA 13.2

Mapa de estratos y distribución de muestras para la segunda Evaluación Nacional Forestal



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MAE (2018).

FAO (Zanne *et al.*, 2009), considerando dos casos: árboles sin identificación botánica ($0,52 \text{ g/cm}^3$ promedio ponderado de todas las especies reportadas para el país); y árboles identificados con algún nivel de identificación (promedio para familia, género o especie). Posteriormente, se agrupó los datos en árboles vivos, muertos en pie (con y sin ramas), palmas y tocones.

En el primer y segundo grupo, se usó las ecuaciones propuestas por Chave *et al.* (2005) clasificando los estratos en función de los tipos de vegetación. Sobre el tercer grupo, se aplicó ecuaciones alométricas regionales para palmas y, en el caso de tocones, se usó una ecuación volumétrica.

© Jorge Armijos



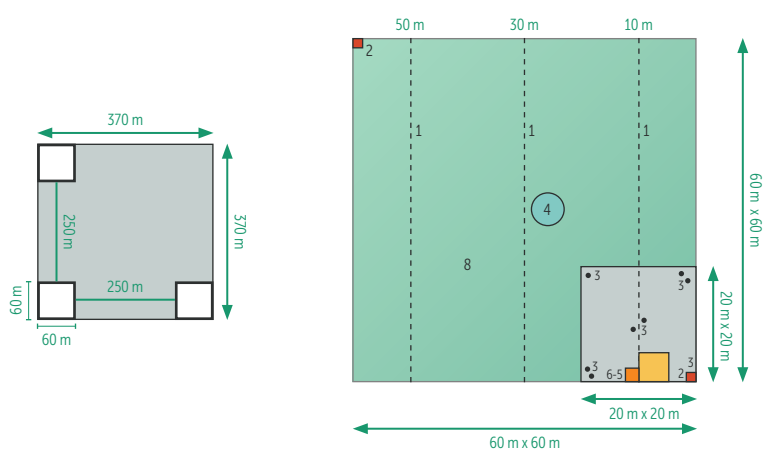
CUADRO 13.6

Características de las subunidades de muestreo

N.º	Variables	Ciclo	Método (réplicas)	Dimensión	Criterio
1	Madera muerta	1	Línea intersección (1)	30 m	≥ 10 cm de diámetro i
		2	Línea intersección (3)	60 m	≥ 10 cm de diámetro i
2	Hojarasca y detritos	1	Cuadrante (2)	50 cm x 50 cm	≤ 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) y > 2 mm de DAP
		2			
3	Carbono orgánico y raicillas Densidad aparente Capacidad de campo	1	Cilindro volumen conocido (5 / 3)	100 cm ³	10 cm, 20 cm, 30 cm y hasta 60 cm de profundidad
		2			
4	Árboles regeneración	1	Parcela circular (1)	3,98 m (radio)	≤ 30 cm alto y ≤ 10 cm DAP (8 estratos)
		2			≤ 30 cm alto y ≤ 5 cm DAP (BSVCA)
5	Biomasa sotobosque y no bosque	1	Parcela destructiva (1)	2 m x 2 m (8 estratos)	≤ 10 cm DAP
		2		5 m x 5 m (bosques secos)	
6	Biomasa surales	1	Cuadrante (1)	2 m x 2 m	Número de tallos
		2			
7	Biomasa guaduales	1	Cuadrante (1)	5 m x 5 m	10 tallos
		2			
8	Árboles vivos, muertos en pie y tocones	1	Parcela (1)	20 m x 20 m	≥ 10 cm DAP
		1	Parcela (2)	60 m x 60 m	≥ 20 cm DAP
		2	Parcela (1)	60 m x 60 m	≥ 10 cm DAP

FIGURA 13.3

Diseño y distribución de parcelas anidadas en segundo ciclo de Evaluación Nacional Forestal



Nota: 1: madera muerta; 2: hojarasca y detritos; 3: carbono orgánico de suelo, densidad aparente, capacidad de campo; 4: árboles regeneración; 5: biomasa sotobosque y no bosque; 6: biomasa surales; 7: biomasa guaduales; 8: árboles vivos, muertos en pie y tocones.

Fuente: MAE (2018).

CUADRO 13.7

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variable	Ecuación	Referencia
Volumen total (m ³ /ha)	$Vol t = \left(\left(\frac{3,1416}{4} \right) \times \left(\left(\frac{DAP}{100} \right)^2 \right) \right) \times H \times 0,7$	MAE y FAO (2014a)
Volumen comercial (m ³ /ha)	$Vol c = \left(\left(\frac{3,1416}{4} \right) \times \left(\left(\frac{DAP}{100} \right)^2 \right) \right) \times Hc \times 0,7$	MAE y FAO (2014a)
Árbol vivo y muerto en pie		
Ecuaciones alométricas de Chave <i>et al.</i> (2005)		
Se aplican descuentos para árboles muertos		
BSA y BSP		
	$B = \rho \times \exp (-1,499 + (2,148 \times \ln (DAP)) + (0,207 \times \ln (DAP)^2) - 0,0281 \times \ln (DAP)^3)$	MAE y FAO (2014a)
BSVAM, BSVCA, BSVTBM y BSTBCH		
	$B = \rho \times \exp (-1,499 + (2,148 \times \ln (DAP)) + (0,207 \times \ln (DAP)^2) - 0,0281 \times \ln (DAP)^3)$	Chave <i>et al.</i> (2005)
BSVAPM y Mo		
	$B = \rho \times \exp (-1,239 + (1,98 \times \ln (DAP)) + (0,207 \times \ln (DAP)^2) - 0,0281 \times \ln (DAP)^3)$	
M		
	$B = \rho \times \exp (-1,349 + (1,98 \times \ln (DAP)) + (0,207 \times \ln (DAP)^2) - 0,0281 \times \ln (DAP)^3)$	
Palmas		
Siete ecuaciones regionales para palmas a nivel género		
Biomasa (kg)	<i>Astrocaryum</i> $BES = 21,302 \times Hc$	
	<i>Attalea</i> $\ln (BES) = 3,2579 + 1,1249 \times \ln (Hc + 1)$	
	<i>Euterpe</i> $BES = -108,81 + 13,598 \times Hc$	
	<i>Iriartea</i> $\ln (BES) = -3,483 + 0,94371 \times \ln (DAP^2 \times Hc)$	
	<i>Mauritia</i> $\ln (BES) = 2,4647 + 1,3777 \times \ln (Hc)$	
	<i>Mauritiella</i> $BES = 2,8662 \times Hc$	Goodman <i>et al.</i> (2013)
	<i>Oenocarpus</i> $\ln (BES) = 4,5496 + 0,1387 \times Hc$	
Ecuación general para <i>Arecaceae</i>		
	$\ln (BES) = -3,3488 + 2,7483 \times \ln (DAP)$	
Tocón		
Ecuación volumétrica para tocones		
	$B = \left(\frac{\pi}{4} \right) \times (DAP \times 0,001)^2 \times H \times \rho \times Fft$	

Nota: B: biomasa; BES: biomasa por encima del suelo; DAP: diámetro a la altura del pecho; H: altura; Hc: altura comercial; Fft: factor de forma igual a 0,7 normativa nacional y 1 para tocones; Vol c: volumen comercial; Vol t: volumen total; ρ: densidad madera; π: valor pi.

Bosque Seco Pluvioestacional (BSP), Bosque Seco Andino (BSA), Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (BSVAPM), Bosque Siempre Verde Andino Montano (BSVAM), Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (BSVCA), Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia (BSVTBM), Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó (BSTBCH), Manglar (M) y Moretales (Mo).

13.6 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN NACIONAL FORESTAL

Los resultados presentados a continuación corresponden al primer ciclo de medición realizado durante el período 2009-2013. El segundo ciclo se encuentra en la fase inicial de medición y los resultados obtenidos no permiten una aproximación estadística de los mismos.

Superficie

La superficie forestal para el reporte correspondiente al mapa bosque y no bosque del 2008 corresponde a 11 363 287 ha.

El 55% de la cobertura boscosa corresponde a bosque amazónico (BSVTBM), seguido de bosque montano (BSVAM) con 16%, y bosque piemontano (BSVAPM) con 9% (Cuadro 13.8).

Volumen

Como se observa en el Cuadro 13.9, en función del diámetro mínimo de corta (DMC), el volumen comercial concentra los mayores volúmenes por hectárea en los estratos Moretal (9), Amazonía (6) y Pie de Monte (4); los menores corresponden a los estratos Bosque Seco (2), Bosque Seco Andino (1) y Ceja Andina (5). Cuando se considera la normativa nacional a nivel de especies y el DMC (Cuadro 13.10), se observa porcentajes de aprovechamiento mayores

de 50% de volumen aprovechable, encima del DMC en relación al volumen comercial total, lo cual sugiere una reducción considerable del volumen aprovechable en el primer ciclo de corte.

Considerando restricciones legales como pendiente, especies amenazadas, y diámetros mínimos de corta, los volúmenes muestran una reducción en el stock aprovechable y pone de manifiesto la necesidad de generar información espacialmente explícita y con resolución muy fina para aplicar un monitoreo óptimo. Los resultados expuestos en el Cuadro 13.8 resumen la información obtenida en el primer ciclo de la ENF.

Biomasa

Los resultados de biomasa para árboles vivos, muertos en pie con ramas y sin raíces y tocones incluyen los valores del carbono por debajo del suelo estimado con la ecuación genérica de Chave *et al.* (2005), multiplicado por el factor 0.24 de Cairns *et al.* (1997). En el caso de palmas se empleó una ecuación genérica y en el caso de tocones se asumió que contaban con la totalidad de sus raíces y se procedió como en árboles vivos. Los valores presentan un gradiente a nivel de estratos con valores de 47,91 t/ha en Bosque Seco Andino, hasta 108,12 t/ha en Bosques Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía (MAE y FAO, 2014a).

CUADRO 13.8

Resultados de la primera Evaluación Nacional Forestal (2009-2013)

Variable	Resultado	Descripción
Superficie (1 000 ha)	Bosque Seco Pluvioestacional (BSP) 399 323 ha (3,5%)	Ensayo con imágenes MODIS 250 m y 500 m y mosaico de imágenes satelitales Landsat desarrollada por la Universidad de Maryland el año 2008 (MAE y FAO, 2014b) En paréntesis: porcentaje respecto al total de bosque del país
	Bosque Seco Andino (BSA) 162 963 ha (1,4%)	
	Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (BSVAPM) 1 888 674 ha (16,6%)	
	Bosque Siempre Verde Andino Montano (BSVAM) 502 770 ha (4,4%)	
	Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (BSVCA) 1 079 697 ha (9,5%)	
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia (BSVTBM) 6 293 513 ha (55,3%)	
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó (BSTBCH) 465 706 ha (4,1%)	
	Manglar (M) 104 572 ha (0,9%)	
	Moretales (Mo) 466 069 ha (4,1%)	

CONTINUA CUADRO 13.8

Variable	Resultado	Descripción
Volumen (m ³ /ha)	Bosque Seco Pluvioestacional (BSP) 33,7	Volumen comercial en m ³ con corteza de árboles desde 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) en adelante
	Bosque Seco Andino (BSA) 5,7	
	Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (BSVAPM) 27,7	
	Bosque Siempre Verde Andino Montano (BSVAM) 26,4	
	Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (BSVCA) 14,5	
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia (BSVTBM) 21,7	
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó (BSTBCH) 28,9	
	Manglar (M) 4,8	
	Moretales (Mo) 19,4	
Biomasa (t/ha)	Bosque Seco Pluvioestacional (BSP) 31,62 ±2,37	Estimaciones y estadísticas e intervalo de confianza para carbono de biomasa por encima del suelo y raíces (t/ha) para árboles vivos, árboles muertos en pie y tocones (incluye palmas)
	Bosque Seco Andino (BSA) 36,56 ±3,20	
	Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (BSVAPM) 96,74 ±5,05	
	Bosque Siempre Verde Andino Montano (BSVAM) 110,03 ±5,55	
	Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (BSVCA) 85,68 ±10,35	
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonia (BSVTBM) 140,93 ±4,26	
	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó (BSTBCH) 68,68 ±3,04	
	Manglar (M) 63,48 ±5,45	
	Moretales (Mo) 64,71 ±6,59	

CUADRO 13.9

Volumen comercial promedio por hectárea

Estrato		Aprovechable (m ³ /ha)	No aprovechable (m ³ /ha)
1	Bosque Seco Andino	39,3	21,6
2	Bosque Seco Pluvioestacional	37,8	15,8
3	Bosque Siempre Verde Andino Montano	56,2	68,2
4	Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte	70,5	134,0
5	Bosque Siempre Verde Andino de la Ceja Andina	31,2	33,4
6	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía	70,9	167,9
7	Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	47,7	97,9
8	Manglar	6,8	129,3
9	Moretal	71,6	215,1

Nota: Aprovechables: individuos pertenecientes a especies mencionadas en la Normativa Forestal (NF), y los individuos de las especies no mencionadas por la NF o no identificados, que se encuentran por encima del diámetro mínimo de corta (DMC).

No aprovechables: se refiere a todos los individuos mencionados y no mencionados en la NF, o no identificados que se encuentran por debajo del DMC.

CUADRO 13.10

Volumen comercial por estrato, en cada una de las categorías identificadas por la Normativa Forestal

Estrato	NE (m ³ /ha)	ND (m ³ /ha)	NE (% del total no especificado)	EE (m ³ /ha)	ED (m ³ /ha)	EE (% del total especificado)
1 Bosque Seco Andino	10,3	8,6	54,5	29,1	13,0	69,1
2 Bosque Seco Pluvioestacional	9,1	3,0	75,2	28,8	12,8	69,2
3 Bosque Siempre Verde Andino Montano	37,0	51,7	41,7	19,3	16,5	53,9
4 Bosque Siempre Verde Andino de Pie de Monte	44,8	104,7	30,0	25,7	29,3	46,7
5 Bosque Siempre Verde Andino de la Ceja Andina	16,5	22,0	42,9	14,6	11,4	56,2
6 Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía	34,6	134,7	20,4	36,3	33,2	52,2
7 Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Chocó	28,0	79,7	26,0	19,6	18,3	51,7
8 Manglar	6,8	128,7	5,0	0,0	0,7	0,0
9 Moretal	34,3	188,7	15,4	37,3	26,4	58,6

Nota: ED: especificado debajo del debajo del diámetro mínimo de corta (DMC); EE: especificado encima del DMC; ND: no especificado debajo del DMC; NE: no especificado encima del DMC.

Respecto a los valores de incertidumbre de las estimaciones (Cuadro 13.8), estos mostraron la necesidad de mejorar en el ciclo dos de la ENF la distribución y tamaño de muestreo, principalmente de los estratos Moretal y Bosque de Ceja Andina, sobre el límite superior del bosque con valores superiores al 20%.

13.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

El levantamiento de información tiene seguimiento a través de un equipo técnico multidisciplinario del MAATE a quien se delega la responsabilidad de analizar las necesidades de información institucional, actualizar la documentación técnica y aplicar los procedimientos que rigen la ENF. Estos procedimientos pueden resumirse en lo siguiente:

- Planificación: incluye la conformación y organización de equipos, establecimiento de contactos civiles, gubernamentales y de seguridad, elaboración de contratos de prestación de servicios, preparación de logística y capacitación.
- Levantamiento de información: corresponde a la recolección de datos y muestras en cada parcela de los conglomerados, siguiendo los

protocolos e instrucciones del manual de campo y aplicando los conocimientos de la capacitación.

- Supervisión: para garantizar que la información generada a raíz de la ejecución de la ENF sea completa, correcta y exacta, se ejecutan tres acciones: i) acompañamiento, que se da desde una Unidad Técnica ENF a los equipos de campo; ii) supervisión de oficina (control en frío), análisis exploratorio de datos recibidos por los equipos de campo que permite establecer alertas e implementar correctivos o remedaciones de ser necesario; y iii) supervisión de campo, que consiste en la remediación del 10% de las unidades de muestreo para verificar, contrastar y calibrar la información recolectada.
- Procesamiento: en esta etapa se aplican criterios estadísticos para limpieza y depuración de datos con el objeto de producir información significativa validando y clasificando los datos.
- Análisis de datos: es la aplicación de estadísticas para estimar los valores de las variables de la ENF, su exactitud y precisión a escala nacional o sobre un conjunto de datos (estrato o dominio), en función del requerimiento de información para la gestión del recurso forestal.

- Reporte y difusión: corresponde a la gestión del conocimiento que busca socializar la información a varios niveles y la disponibilidad de la misma para la toma de decisiones.

El aseguramiento de la calidad de la información tiene como base los protocolos que describen las acciones a realizar en campo y el uso de los instrumentos específicos; queda bajo la responsabilidad de los líderes de cada equipo, quienes custodian los formularios y las muestras producto del trabajo y la coordinación de acciones con la Unidad Técnica ENF.

La capacitación a las brigadas tiene por finalidad estandarizar el conocimiento sobre los métodos y el uso de instrumentos y de los manuales y guías de la ENF.

Respecto a la recolección de datos, una vez registrados en formularios físicos, estos son ingresados a través de digitadores a la base de datos del IFN almacenada en la plataforma Open Foris Collect (OFC), desarrollada por la FAO para inventarios forestales (MAE, 2013b). Esta base de datos contiene integrado validadores y controles para minimizar los errores de tipeo, vacíos y valores fuera de rango. Los digitadores reciben capacitación sobre el uso de la encuesta OFC, un manual de usuario y el acompañamiento de la Unidad Técnica ENF para aplicar correctivos casi en tiempo real.

De acuerdo a la planificación del levantamiento de información, se establecen momentos donde se aplica el proceso de supervisión por parte de la Unidad Técnica con la finalidad de implementar correctivos, de ser necesario, y al final aceptar o rechazar el conjunto de conglomerados asignados a un equipo.

Finalizada la etapa de levantamiento de información, se organiza y depura los datos empleando procedimientos generales para limpieza de datos y definiendo criterios de clasificación, así detectando errores como valores fuera de rango, valores atípicos por relación entre variables, identificación de mala asignación de categorías o relación lógica de variables.

Se respaldan los datos originales y depurados, y se crean expedientes con los informes producto de la ejecución del proceso de supervisión.

© Jorge Armijos



13.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTAN

La ENF posee un enfoque multipropósito que atiende principalmente a temas de productividad de los bosques, su estado, la biodiversidad forestal y la estimación de contenidos de carbono. Tiene como finalidad cumplir con el propósito de generar información de los recursos forestales en forma periódica que sirva para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración, así como el desarrollo de políticas públicas.

En este sentido, la ENF levanta información de 73 variables de respuesta y 21 variables de clasificación. La mayoría de variables corresponde a las que describen la estructura y composición de los bosques; además, se recoge información que apoya la logística, planeación de un ciclo de medición y los procesos de supervisión, regeneración de árboles, presencia de especies exóticas, productividad de especies priorizadas, área de zonas cubiertas por surales y guaduales (bambús), características de suelo, perspectiva local tenencia de la tierra y aprovechamiento de los recursos forestales.

Dada la alta diversidad florística del país, resalta la información taxonómica y las muestras asociadas, las mismas que se encuentran en el Herbario Nacional del Ecuador para su utilización en estudios taxonómicos y ecológicos, entre otros.

De igual forma, los datos obtenidos alimentan al Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques, como lo establece el artículo 342 del Reglamento al Código Orgánico del Ambiente para evaluar el Patrimonio Forestal Nacional; además, aportan en la valoración de los servicios ambientales.

13.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

La implementación de la gobernanza forestal requiere más detalle, exactitud y precisión en los datos, lo cual se convierte en un verdadero reto para incorporar las características de zonas con alta diversidad, el monitoreo de valores de conservación, la medición de cambios en los reservorios de carbono, la dinámica de cambios por uso de la tierra, el impacto de las actividades humanas y de la aplicación de la política pública, entre otros aspectos en la ENF; todo lo anterior con un balance entre el costo y la efectividad.

Esto requiere la inclusión de nuevas tecnologías y enfoques para el levantamiento de datos y, a la vez, mantener la posibilidad de comparar los datos entre inventarios.

Actualmente, se encuentra en ejecución la segunda ENF, en el cual se han incorporado cambios en la forma de medición y clasificación de algunas variables. Se ha intensificado el muestreo en árboles; esto en relación a la necesidad de contar con mayor información acerca de las especies y su clasificación por clase diamétrica para evaluar la productividad de los bosques y la riqueza florística arbórea. Se intensificó también el muestreo de madera muerta con el objetivo de mejorar la incertidumbre de este reservorio y la medición de combustibles relacionados a modelos de incendios. Además, se modificó la ubicación de la parcela de regeneración para vincular de mejor manera la información del sitio de muestreo con el recambio de especies.

A largo plazo, se buscará incorporar nuevas tecnologías para evaluar los bosques y fortalecer los vínculos con el Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques en vista de contar con modelos de variables a nivel de biomasa, volumen, distribución de especies de interés, entre otros, asociados a la información espacial respecto a zonas de uso sostenible, fragmentación, ecosistemas, y otros elementos que orienten la gestión forestal.

Un aspecto importante para especies con alta biodiversidad es la identificación taxonómica de los árboles, dado el gran esfuerzo que requiere para contar con una muestra botánica. A tal efecto, se está evaluando el desarrollo de una metodología para mejorar la calidad de la identidad botánica de los árboles.





REFERENCIAS

- Agrofor, Predesur y SCET International.** 1978. *Inventario y aprovechamiento de los bosques del sur ecuatoriano*. Quito, Ministerio de Agricultura y Ganadería, y Paris, SCET International.
- Aguirre, Z., Kvist, L.P. y Sánchez, O.T.** 2006. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. En M. Moraes R., B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius y H. Balslev, coords. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, pp. 162-187. La Paz, Universidad Mayor de San Andrés. (disponible en: <https://beisa.au.dk/Publications/BEISA%20Book%20pdffer/Capitulo%2011.pdf>).
- Aguirre, Z., Linares-Palomino, R. y Kvist, L.P.** 2006. Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*, 13(2): 324-350.
- Aguirre, N., Añazco, M., Cueva, K., Ordoñez, L., Pekkarinen, A., Ramírez, C., Román, R.M., Sánchez, G. y Velasco, C.** 2010. *Metodología para desarrollar el estudio piloto de la Evaluación Nacional Forestal, en conformidad con el mecanismo REDD+*. Quito, Ministerio del Ambiente del Ecuador y FAO. (disponible en: www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Metodologia-para-el-desarrollo-del-estudio-piloto-de-la-ENF.pdf).
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Tipán, M., Espinosa, L., Rivera M.B. y Soria, P.** 2004. *La vegetación de los Andes del Ecuador: Memoria explicativa de los mapas de vegetación potencial y remanente de los Andes del Ecuador a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras*. Quito, EcoCiencia, CESLA, Corporación EcoPar, MAG SIGAGRO, CDC – Jatun Sacha, División Geográfica – IGM. (disponible en: https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=118747&tab=opac).
- Boada, C.** 2006. El Chocó biogeográfico. *Ecuador Terra Incognita*, 40. (disponible en: www.terraecuador.net/revista_40/40_choco.htm).
- Bodero, A.** 2005. *El bosque de manglar de Ecuador*. Quito, Grupo Majagual. (disponible en: www.rts.ec/difusion_ambiental/manglares_ecuador.pdf).
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. y Baumgardner, G.A.** 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111: 1-11. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s004420050201>).
- Casanoves, F., Cifuentes, M. y Chacón, M., coords.** 2017. *Estimación del carbono a partir de inventarios forestales nacionales: Buenas prácticas para la recolección, manejo y análisis de datos*. Turrialba (Costa Rica), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). (disponible en: <https://labmeh.catie.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Casanoves-et-al-2017-Manual-buenas-pr%C3%A1cticas-INF.pdf>).
- Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos (CLIRSEN) y Dirección Nacional Forestal (DINAF).** 1985. *Inventario forestal de la región amazónica ecuatoriana (sector norte, Provincia de Napo)*. Quito.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., et al.** 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>).
- Czaplewski, R.L., McRoberts, R.E. y Tomppo, E.** 2004. Sample design. En K. Andersson, N. Bhandari, R. Czaplewski, Y. Hussin, K. Janz, C. Kleinn, S. Magnussen, S. et al., coords. *Knowledge Reference for National Forest Assessments*. Roma, FAO.
- FAO.** 2018. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Términos y Definiciones: FRA 2020*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/I8661ES/i8661es.pdf).
- Goodman, R.C, Phillips, O.L., Del Castillo Torres, D., Freitas, L., Tapia Cortese, S., Monteagudo, A. y Baker T.R.** 2013. Amazon palm biomass allometry. *Forest Ecology and Management*, 310: 994-1004 (disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.045>).

- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE).** 2001. *La biodiversidad del Ecuador: Informe 2000*. Quito, Ministerio del Ambiente, EcoCiencia, y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (disponible en: <https://portals.iucn.org/library/node/7992>).
- MAE.** 2013a. *Acuerdo Ministerial No. 114: Expedir la Política Nacional de Gobernanza del Patrimonio Natural para la Sociedad del Buen Vivir 2013-2017*. Quito. (disponible en <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/files/images/articulos/archivos/am114.pdf>).
- MAE.** 2013b. *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito. (disponible en: www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/LEYENDA-ECOSISTEMAS_ECUADOR_2.pdf).
- MAE.** 2016. *Bosques para el buen vivir - Plan de acción REDD+ Ecuador (2016-2025)*. Quito. (disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu179613.pdf>).
- MAE.** 2018. *Evaluación Nacional Forestal: Marco conceptual* (documento interno). Quito.
- MAE y FAO.** 2013. *Evaluación Nacional Forestal: Sistematización de la experiencia*. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático (Proyecto FAO Finlandia Ecuador). Quito. (disponible en: http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/documentos/enf-SistematizacionExperiencia.pdf).
- MAE y FAO.** 2014a. *Resultados de la Evaluación Nacional Forestal*. Quito. (disponible en: http://suiadoc.ambiente.gob.ec/documents/10179/185860/Evaluaci%C3%B3n+Nacional+Forestal_NREFD+1.pdf/955aaa38-34b6-4b4d-9278-8fe915df893f).
- MAE y FAO.** 2014b. *Evaluación Nacional Forestal: Metodología para la generación del mapa de carbono de los bosques nativos del Ecuador continental*. Quito. (disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24472.03842>).
- MAE y Programa ONU-REDD.** 2010. *Metodología para desarrollar el estudio piloto de la ENF en conformidad con el mecanismo REDD+*. Quito. (disponible en: http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/documentos/metodologiaEstudioPilotoENF-REDD.pdf).
- MAE y Programa ONU-REDD.** 2012. *Evaluación Nacional Forestal: Manual de campo*. Quito. (disponible en: http://enf.ambiente.gob.ec/web_enf/documentos/enf-ManualCampo.pdf).
- Reglamento al Código Orgánico del Ambiente.** Presidencia de la República, Quito, Ecuador, 12 de junio de 2019. (disponible en: www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/11732-suplemento-al-registro-oficial-no-507).
- Sarmiento, G., Pinillos, M., y Garay, I.** 2005. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. *Ecotropicos*, 18(1): 1-20. (disponible en: www.saber.ula.edu.ve/bitstream/handle/123456789/25579/articulo1.pdf).
- Sierra, R., coord.** 1999. *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental*. Quito, Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia. (disponible en: <https://ecociencia.org/propuesta-preliminar-de-un-sistema-de-clasificacion-de-vegetacion-para-el-ecuador-continental/>).
- Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C. y Chave, J.** 2009. Data from: Towards a worldwide wood economics spectrum, Dryad Digital Repository. (disponible en: <https://doi.org/10.5061/dryad.234>).

Capítulo



EL SALVADOR

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE EL SALVADOR

Amilcar López, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla, Avenida Las Mercedes, San Salvador, El Salvador

Vinicio López, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Kilómetro 5½ Carretera a Santa Tecla, Avenida Las Mercedes, San Salvador, El Salvador

14.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE EL SALVADOR

Reconociendo la importancia de cuantificar y calificar los recursos forestales de El Salvador, se dio inicio al primer Inventario Forestal Nacional (IFN) el 2 de diciembre de 2002. El proyecto Inventario de los Recursos Forestales de El Salvador contaba con un financiamiento del Fondo Especial de los Recursos Provenientes de la Privatización de ANTEL (FANTEL) (MAG, 2003a).

El proyecto se ejecutó bajo la responsabilidad de la Dirección General de Ordenamiento Forestal, Cuencas y Riego (DGFCR) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Los productos de este inventario fueron un mapa de los tipos de bosque, tablas de volumen sobre las especies principales y la medición de parcelas para desarrollar las estimaciones correspondientes.

Los tres tipos de bosque principales que fueron considerados en el primer IFN fueron bosque salado, bosque latifoliado y bosque de conífera. El bosque latifoliado, a su vez, fue subdividido en seis subtipos: bosque húmedo de los terrenos bajos, bosque húmedo caducifolio, bosque seco, bosque nebuloso, bosque perennifolio o sombra de café y bosque mixto (Cuadro 14.1).

El diseño de dicho inventario fue estratificado con distribución de parcelas al azar en cada estrato. El cálculo del tamaño de la muestra fue proporcional al área de cada estrato (asignación proporcional). Cada estrato correspondía a un subtipo de bosque (MAG, 2003a).

Los límites de cada tipo y subtipo de bosque fueron identificados y delimitados de forma manual en programas de sistemas de información geográfica (SIG), con el uso de imágenes satelitales (IRS pancromáticas del año 2001, de 6 m de resolución espacial, e Ikonos multiespectrales del 2001). Vale aclarar que, para este IFN, no se definió un concepto de bosque.

El diseño de la unidad de muestreo (UM) fue anidado con parcelas circulares en todos los subtipos de bosques. Las UM fueron distribuidas en cada subpoblación en dos fases: la primera, el premuestreo, con 330 UM; y una segunda distribución, el muestreo, con 106 UM, lo que resultó en un total de 436 UM establecidas a escala nacional (Cuadro 14.1).

El inventario forestal citado no se finalizó por diferentes circunstancias. No obstante, el MAG dispone de algunos resultados valiosos para los usos correspondientes.

Entre los años 2016 y 2018, se realizó un segundo proyecto para concretar el Inventario Nacional de Bosques (INB). Dentro de las mejoras, ofreció un concepto de bosque desde su planificación. Este proyecto tuvo como objetivo general cuantificar y evaluar el estado de los tipos de bosques de El Salvador, incluyendo el café bajo sombra, como herramienta para la toma de decisiones para su protección, conservación y/o manejo sostenible.

El alcance territorial del INB lo constituyó la superficie de bosque de El Salvador, dividida durante la Fase I (premuestrero) en seis estratos de vegetación: bosque secundario, bosque perennifolio, bosque caducifolio/semicaducifolio, cafetal bajo sombra, bosque de coníferas y bosque salado/mangle. No obstante, en la Fase II (muestreo) se dividió en cuatro estratos agrupados, por fusión del bosque secundario, bosque perennifolio maduro y bosque caducifolio/semicaducifolio maduro en el estrato de bosque latifoliado (MARN, 2018a).

La población objeto de estudio se consideró estadísticamente infinita (MARN, 2018a), con base en el mapa de bosque con imágenes satelitales RapidEye del año 2011 y con una resolución espacial de 5 m (4,90 m). Aunque las imágenes usadas fueron del año 2011, el mapa de bosque fue elaborado en 2014 y luego corregido y ajustado al concepto de bosque en el 2017.

En el Cuadro 14.1 se presenta un resumen de los inventarios forestales nacionales realizados hasta la fecha.

14.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL DE BOSQUES

El INB utilizó la definición de bosque descrita en la Estrategia Nacional REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques) de El Salvador, la cual fue consultada en varios talleres con instituciones públicas y no públicas en el año 2016. A su vez, se cuenta con la definición de cada tipo de bosque, tales como bosque secundario, bosque perennifolio maduro, bosque caducifolio/semicaducifolio maduro, cafetal bajo sombra, bosque de coníferas y bosque salado o mangle.

En los estratos definidos para el INB, se tomó en cuenta el cafetal bajo sombra, siendo el único estrato considerado como “otras tierras”, como son reportadas en la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Cabe mencionar que no se midió ningún estrato en la categoría “otras tierras boscosas” de FRA.

En el Cuadro 14.2 se detallan las definiciones más importantes usadas en el INB para delimitar los alcances de los productos requeridos.

14.3 DISEÑO DEL MUESTREO

El ámbito de estudio del INB corresponde a la superficie de bosque de El Salvador y el café bajo sombra, sin considerar el territorio de los exbolsones (áreas limítrofes con Honduras que reportan problemas de determinación de la línea de frontera).

Según la cartografía del mapa de coberturas y usos del suelo del año 2011, y estableciendo la superficie mínima de bosque en 0,5 hectáreas (ha), en el país existen un total de 606 541,78 ha de bosque (28,76% del territorio nacional), Una cantidad a la que se debe sumar 174 834 ha de cafetales bajo sombra (8,29% del territorio nacional), alcanzando un total de 781 375,78 ha (37,05% del territorio nacional). Esta última superficie es el ámbito de estudio del INB y el área considerada para el cálculo de los resultados totales del INB (MARN, 2018a).

El diseño del muestreo aplicado es estratificado sistemático no alineado: la distribución de las UM fue balanceada con base en segmentos de igual tamaño definidos por curvas de llenado espacial a partir de fractales (Lister y Scott, 2008).

CUADRO 14.1

Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales de El Salvador

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN	2002-2004	Nacional	Estratificado, con distribución de parcelas al azar en cada estrato y un tamaño de la muestra proporcional al área de cada estrato	436
INB	2017-2018	Nacional	Estratificado, con muestreo sistemático no alineado	319

Nota: Elaboración propia con datos de MAG (2004) y MARN (2018a).



CUADRO 14.2

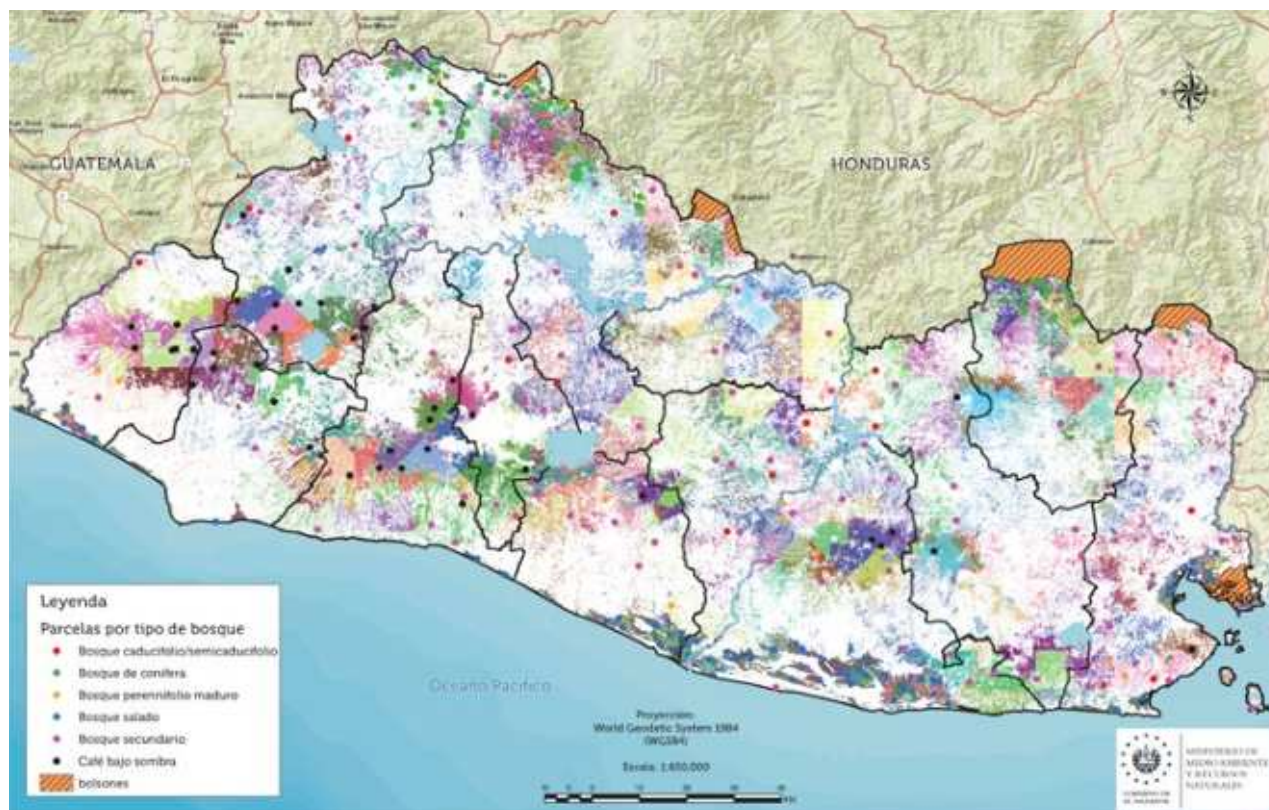
Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional de Bosques

Término	Definición	Variabes y umbrales
Bosque	Área de tierra con un tamaño mínimo de 0,5 ha, con una cobertura de copas igual o mayor de 30%, con árboles con un potencial para alcanzar una altura mínima de 4 m a su madurez <i>in situ</i> . No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.	Superficie mínima: 0,5 ha Cobertura de dosel: $\geq 30\%$ Altura de árbol: ≥ 4 m
Otras tierras	Café bajo sombra: vegetación leñosa con dos pisos: el primero dominado por el cultivo de café (piso inferior), y el segundo dominado por árboles (piso superior), con una cobertura de dosel mayor del 30%. En algunos casos puede presentarse tres pisos, pero normalmente el segundo y tercero pertenecen a la cobertura arbórea.	Superficie mínima: 0,5 ha Cobertura de dosel: $\geq 30\%$ con cobertura arbustiva de cafetales Altura de árbol: ≥ 4 m
Volumen	Volumen total (m ³): árboles vivos y muertos, de árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 2 cm. Incluye corteza.	Diámetro mínimo DAP: ≥ 2 cm
Biomasa	Biomasa por encima del suelo: la biomasa por encima del suelo (kg) seca de los árboles. Incluye biomasa de herbáceas y tocones vivos. Biomasa por debajo del suelo: se estima para los distintos tipos de bosque, utilizando como variable independiente la estimación de la biomasa por encima del suelo. Biomasa de madera muerta: material muerto caído; se incluye tocones y árboles muertos. Biomasa muerta hojarasca: biomasa no leñosa muerta, la cual incluye tanto la hojarasca como componentes subleñosos muertos.	Biomasa por encima del suelo: árboles con DAP ≥ 2 cm Incluye la biomasa de herbáceas Biomasa por debajo del suelo: no se midió de forma directa Biomasa de madera muerta: diámetro mínimo 2 cm Se incluye en este depósito tocones con altura ≥ 50 cm y árboles muertos en pie Biomasa muerta en hojarasca: diámetro máximo de 1,9 cm Materia orgánica del suelo: incluye carbono orgánico a una profundidad de 20 cm, excepto en bosque salado/mangle, que es de 100 cm

Fuente: MARN (2018a, 2020a).

FIGURA 14.1

Mapa de fractales y distribución de las unidades de muestreo



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 14.3

Características del diseño de muestreo del Inventario Nacional de Bosques

Nombre de la región	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo o parcelas			Total número de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Nacional	2 109	279	n/p	40	319

Nota: n/p: no procede.

Fuente: MARN (2018a).

Se seleccionó una UM por segmento de forma aleatoria (Figura 14.1) (MARN, 2018a). Cada estrato corresponde a un tipo de vegetación diferente (MARN, 2018a).

La elección de esta metodología se justifica por la necesidad de atender la representación de las zonas de bosque con menor superficie. El patrón de la superficie forestal del país se caracteriza por su fragmentación y, de este modo, se asegura que cualquier parche de bosque pueda ser elegido como muestreable, independientemente de su tamaño.

El desarrollo del INB de El Salvador se organizó en dos fases. Los objetivos de la Fase I eran disponer de los datos necesarios para el cálculo del tamaño de la muestra, evaluar la logística, validar los protocolos, determinar rendimientos y solucionar contingencias. Posteriormente, en la Fase II, se utilizaron los datos de la Fase I para recalcular el tamaño final de la muestra y cumplir así con el error preestablecido del 15% por estrato. En total, se midieron 319 UM en las dos fases (Cuadro 14.3).

Puesto que no se disponía de un inventario previo, la Fase I fue clave para conocer las características de las masas forestales y tomar decisiones técnicas, como la fusión de los estratos iniciales de bosque secundario, bosque perennifolio maduro y bosque caducifolio/semicaducifolio en un único estrato denominado bosque latifoliado (MARN, 2020c).

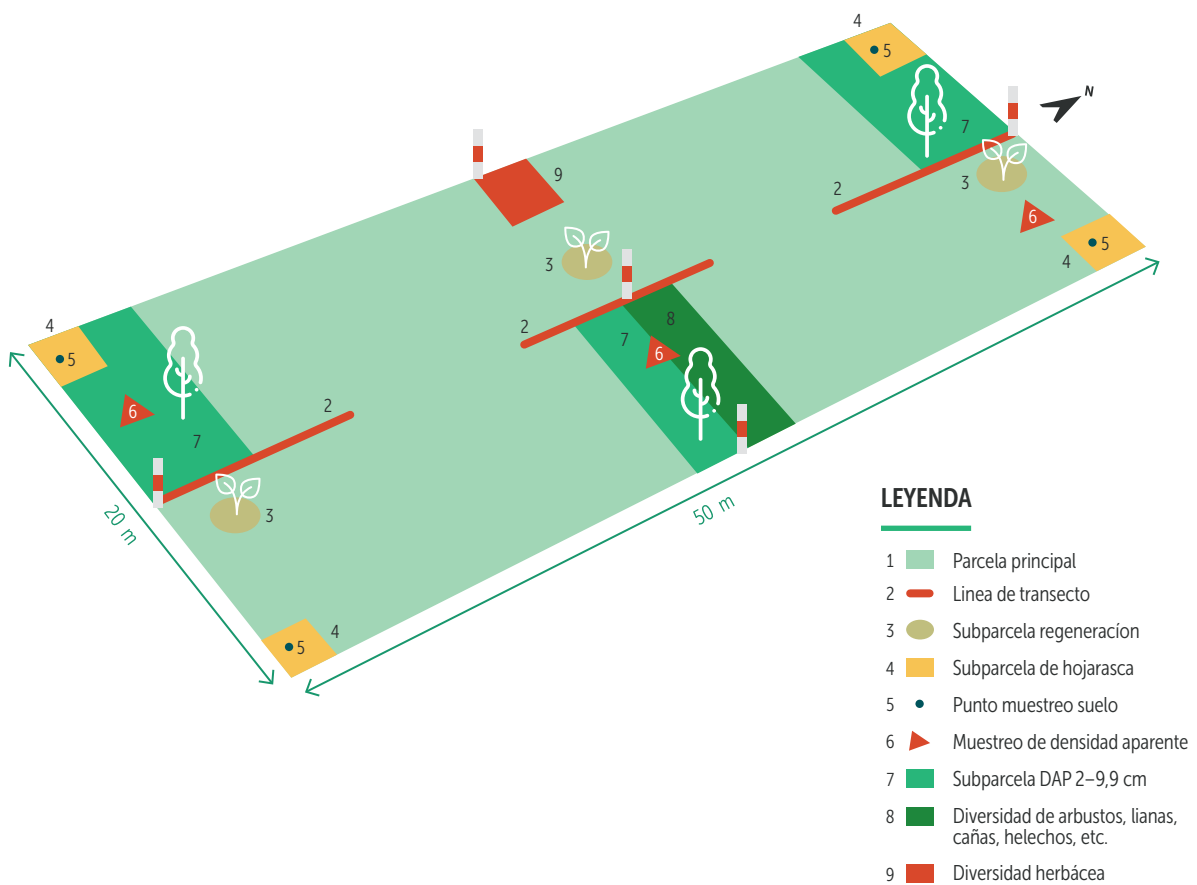
Una zona fronteriza con Honduras denominada exbolsones no se muestreó. Cuando aleatoriamente se ubicaron parcelas en estas zonas, se redistribuyeron de modo que no cayeran en zonas de exbolsones con el fin de evitar incidentes que expusieran la integridad física de las cuadrillas, dado que en dichas zonas existen conflictos limítrofes que requieren presencia militar. Por lo tanto, las estimaciones del INB excluyen estas zonas.

En cuanto al estrato de café bajo sombra, fue incluido en este INB debido a las razones siguientes:

- Cubre una superficie de 8,29% del territorio nacional (según el mapa ajustado en 2017).
- Es uno de los agroecosistemas con mayor aporte en leña y madera comercial para la industria salvadoreña.
- Se ubica en suelos con topografía accidentada y, mayormente en cabeceras de microcuencas, como zonas de recarga hídrica.
- Se considera que las áreas de café sin manejo por más de cinco años se convierten en estructuras de bosques secundarios.

FIGURA 14.2

Diseño de unidad de muestreo anidada 1 para el Inventario Nacional de Bosques de El Salvador



Fuente: MARN (2020a).

14.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

Para el INB de El Salvador se concretaron tres tipos de UM (MARN, 2020a), una para bosque perennifolio, bosque caducifolio, bosque secundario y bosque de coníferas, otra para café bajo sombra y otra para el bosque salado.

La UM de bosque perennifolio maduro, bosque caducifolio maduro, bosque secundario y bosque de conífera consistió en una parcela individual de 1 000 m² (20 m por 50 m) con el eje de simetría mayor orientado de norte a sur (véase la Figura 14.2 y el Cuadro 14.4).

La UM aplicada en el estrato de café bajo sombra fue similar a la anterior, con las siguientes diferencias: i) largo de 125 m; y ii) la subparcela central de latizales, además de medir los árboles con DAP igual o mayor de 2 cm e igual o menor de 9,9 cm, se miden las plantas de cafeto.

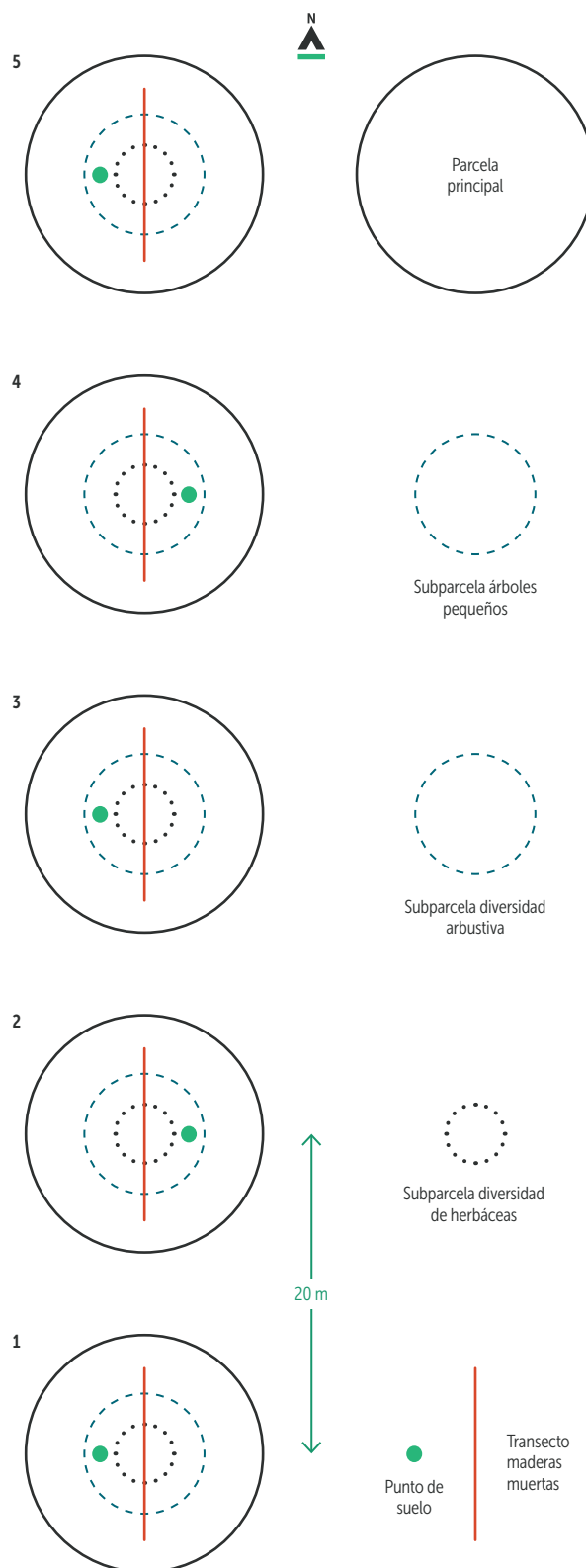
El tercer tipo de UM fue usado solo en el estrato de bosque salado; consistió en cinco parcelas de forma circular de 200 m² y, en su interior, se establecieron las subparcelas descritas en la Figura 14.3 y en el Cuadro 14.5. Las subparcelas circulares fueron separadas entre sí por una distancia de 20 m.



© Alberto Aquino

FIGURA 14.3

Diseño de la unidad de muestreo para bosque salado



Fuente: Adaptado de MARN (2020a).

CUADRO 14.4

Características de la unidad de muestreo rectangular

Nombre	Características	Cantidad de unidades	N.º en Figura 14.2
Parcela principal	Rectangular de 20 m x 50 m (1 000 m ²) y medición de árboles ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)	1	1
Subparcela de árboles pequeños	Rectangular de 5 m x 10 m (50 m ²) y medición de árboles ≥ 2 cm de DAP y $\leq 9,9$ cm de DAP	3	7
Subparcela de regeneración	Circular de 1 m de radio (3,14 m ²) y medición de árboles $\leq 1,9$ cm de DAP y ≥ 30 cm de altura	3	3
Subparcela de diversidad arbustiva, lianas, cañas, helechos y otras	Rectangular de 2,5 m x 10 m (25 m ²); cantidad de arbustos, lianas, cañas, helechos, bambúes y otras	1	8
Subparcela de diversidad de herbáceas	Cuadrada de 1 m x 1 m (1 m ²) y número de ejemplares de herbáceas	1	9
Subparcela de biomasa de hojarasca y herbácea	Marco de muestreo cuadrado de 0,5 m x 0,5 m (0,25 m ²)	4	4
Transecto de biomasa de maderas muertas	Línea de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído	3	2
Punto de muestreo de suelo para carbono	Punto con una profundidad de 20 cm	4	5
Punto de densidad aparente del suelo	Densidad aparente del suelo	3	6

Fuente: MARN (2020a).

CUADRO 14.5

Características de unidades de muestreo para bosque salado

Nombre	Características	Unidades por subparcela	Unidades por parcela
Parcela principal	Circular de 7,98 m de radio (200 m ²) para medición de árboles ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)	1	5
Subparcela de árboles pequeños	Circular 3 m de radio (28,27 m ²) para medición de árboles ≥ 2 cm de DAP y $\leq 9,9$ cm de DAP	1	5
Subparcela de regeneración	Circular de 1 m de radio (3,14 m ²) para medición de árboles $\leq 1,9$ cm de DAP y ≥ 30 cm de altura	1	5
Subparcela diversidad arbustiva, lianas, cañas, helechos y otras	Circular de 3 m de radio (28,27 m ²) para cantidad de arbustos, lianas, cañas, helechos, bambúes y otras; en la misma parcela de UMBA2	1	5
Subparcela de diversidad de herbáceas	Circular de 1 m de radio (3,14 m ²) para contar las herbáceas; en la misma parcela de UMR	1	5
Transecto de maderas muertas	Línea de 10 m de longitud para medir el material muerto caído	1	5
Punto de muestreo de suelo	Profundidad de 100 cm (dos muestras por punto, la primera de 0-50 cm y la segunda de 50-100 cm)	1	5
Punto para densidad aparente de suelo	Dos muestras por punto, la primera de 20-25 cm y la segunda de 70-75 cm)	1	5

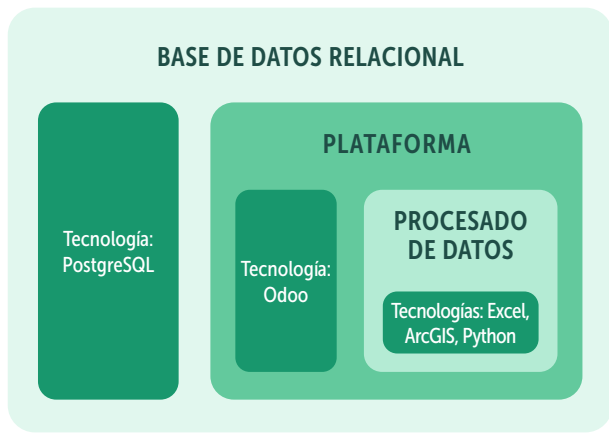
Fuente: MARN (2020a).

14.5 CÁLCULO DE VOLUMEN Y BIOMASA

Para el procesamiento de datos del INB se desarrolló un sistema integral de gestión de datos que permitió un tratamiento ágil y flexible (MARN, 2018a). Este sistema fue formado por los componentes ilustrados en la Figura 14.4.

FIGURA 14.4

Esquema del sistema integral de gestión de datos



Fuente: MARN (2018a).

Para el almacenamiento, procesamiento y análisis de los datos recopilados, se construyó una base de datos relacional en PostgreSQL de acceso libre. Esta tecnología, ampliamente consolidada y empleada a nivel mundial, permitió el proceso de planificación, digitación, revisión, validación, evaluación, finalización y entrega de los datos. Se construyó para proporcionar una gran versatilidad y rapidez en la realización de consultas complejas. Los datos se almacenaron y pueden ser exportados a Excel o Access. La base de datos relacional se gestionó desde el software dBeaver (MARN, 2018a).

La base de datos fue una parte importante del procesamiento para consultas simples. En caso de procesamientos más complejos, se complementaron las consultas con las siguientes tecnologías:

- Excel con el complemento XLSTAT, para el análisis estadístico de errores y la obtención de las relaciones altura-diámetro, cálculos de análisis de varianza (ANOVA), entre otros.
- Python para el desarrollo de los algoritmos de ubicación de las parcelas y otros cálculos de apoyo.
- El paquete ArcGIS para el análisis espacial, en sentido amplio. Las técnicas geoestadísticas

para la interpolación de variables fueron realizadas con la extensión Geostatistical Analyst. También se implementó un modelo con Model Builder para facilitar la ubicación de parcelas de la Fase II, así como para toda la gestión del componente geoespacial en cuanto a la cartografía de campo, reubicaciones de parcela, edición de los mapas, etc.

Por una parte, se dispuso de la plataforma de introducción y organización de datos de campo (realizada con tecnología Odoó). Por otra parte, se desarrolló una segunda plataforma de resultados mediante la tecnología Pentaho (MARN, 2018a).

Se utilizó la plataforma de Pentaho para crear un panel de información con capacidades de inteligencia empresarial en el que se estructuraron los distintos productos generados para el INB. Esta plataforma permitió la consulta, el análisis comparativo y la interpretación de los resultados de forma cómoda. Cabe mencionar que los resultados se generaron en tiempo real a partir de una consulta directa a la base de datos en PostgreSQL. Esto quiere decir que, si los datos se ajustan, se añaden o se complementan en el futuro, los resultados a nivel de parcela y de estrato-parcela se mostrarán automáticamente actualizados, según los nuevos datos introducidos. Sin embargo, los datos a nivel de estrato y de país no se actualizarán automáticamente, porque se han realizado con base en cálculos estadísticos avanzados que no han sido automatizados en Pentaho (MARN, 2018a).

Para dejar constancias del proceso de los datos recolectados en campo y poder aplicar el cálculo de cada variable, se redactó una memoria de cálculo que se puede consultar para obtener más detalles metodológicos (MARN, 2020d). En el Cuadro 14.6, se expone en forma general las ecuaciones usadas para los cálculos de volumen y biomasa.

El cálculo del volumen varió con los diferentes estratos o incluso con las diferentes especies encontradas en las parcelas. Las metodologías del cálculo del volumen que se presentan se dividen en las siguientes (MARN, 2020d):

- metodologías del cálculo de volumen para bosque latifoliado;
- metodologías del cálculo de volumen para bosque de coníferas;
- metodologías de cálculo de volumen para el cafetal bajo sombra;
- metodologías de cálculo de volumen para el bosque salado.

CUADRO 14.6

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variables	Ecuación	Referencia
Volumen total (m³)	Bosque latifoliado: para árboles ≥ 2 cm de DAP $V = AB \times altura \times 0,70$	Fórmula general (Ojeda, 1983)
	Bosque de conífera: la fórmula es la misma que la empleada para el bosque latifoliado, pero varía el factor de forma por especie, como se muestra a continuación: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Cupressus lusitánica</i>: factor de forma 0,47 - <i>Pinus oocarpa</i>: factor de forma 0,56 - <i>Otras coníferas</i>: factor de forma 0,50 - <i>Especies latifoliadas</i>: factor de forma 0,70 	<ul style="list-style-type: none"> - Johnson (2000) - Castaneda y Jelvez (1985) - Sánchez Páez <i>et al.</i> (2004) - Ojeda (1983)
	Bosque salado: se calcula de forma equivalente al resto de estratos de latifoliado, pero teniendo en cuenta los siguientes factores de forma: <ul style="list-style-type: none"> - <i>Rizophora sp.</i>: factor de forma 0,50 - <i>Avicennia germinans</i>: factor de forma 0,46 - <i>Laguncularia racemosa</i>: factor de forma 0,45 - <i>Especies latifoliadas</i>: factor de forma 0,70 	<ul style="list-style-type: none"> - Sánchez-Páez <i>et al.</i> (2004) - Vásquez (2000) - Vásquez (2000) - Ojeda (1983)
	Café bajo sombra: la fórmula es la misma que la empleada para el bosque latifoliado. Donde: <i>AB</i> : área basal <i>altura</i> : calculada desde la base al ápice <i>DAP</i> : diámetro a la altura del pecho <i>V</i> : volumen (m ³)	
Biomasa (kg)	Biomasa por encima del suelo (kg) de los árboles ≥ 2 cm de DAP Bosque latifoliado: $B = 0,0509 \times \rho \times DAP^2 \times altura$	
	Donde: <i>B</i> : biomasa en kg <i>ρ</i> : gravedad específica en g/cm ³ <i>DAP</i> : diámetro a la altura del pecho en cm <i>altura</i> : altura total en m	Chave <i>et al.</i> (2005)
	Bosque de conífera: <i>Cupressus lusitánica</i> : $B = 0,5266 \times DAP^{1,7712}$	FAO (2013)
	Otras coníferas: $Ln B = -2,18352102 + 0,85091168 \times Ln (DAP^2 \times H)$	Alberto y Elvir (2005)
Café bajo sombra: En el caso de los árboles mayores ≥ 2 cm de DAP se usó la misma función del bosque latifoliado. Debido a que los árboles en cafetales se ven afectados por podas para regular la entrada de luz, se realizó un porcentaje de reducción de la biomasa de la copa. El porcentaje de copa respecto de la biomasa total fue analizada bibliográficamente, donde resultó en promedio el 48,3%. Para el caso de la biomasa del café con tocón y recepa (retoño), se usaron las siguientes funciones: $B (tocones) = 0,1124 \times (DAB^2 \times h)^{0,5435}$	Castellanos, Quilo y Pons (2010)	
Donde: <i>B</i> : biomasa de tocones en kg <i>DAB</i> : diámetro a la base en cm <i>h</i> : altura total		

CONTINUA CUADRO 14.6

Variables	Ecuación	Referencia
Biomasa (kg)	$B \text{ (retoños)} = 0,1955 \times DAB^{1,648}$	Castellanos, Quilo y Pons (2010)
Donde:		
<i>B</i> : biomasa de retoños en kg		
<i>DAB</i> : diámetro a la base en cm del retoño y/o recepa		
Bosque salado:		
Se usaron dos funciones:		Howard et al. (2014)
Ecuación para las especies del género <i>Rhizophora spp.</i>	$B = 0,0375 \times (DAP^2 \times h)^{0,98626} \times \rho$	
Otras especies (ecuación general)	$B = 0,168 \times \rho \times DAP^{2,471}$	
Donde		
<i>B</i> : biomasa en kg		
ρ : gravedad específica en g/cm ³		
<i>DAP</i> : diámetro a la altura del pecho (1,3 m)		
<i>altura</i> : altura total en m		

Fuente: MARN (2020d).

En el Cuadro 14.7 se presentan las ecuaciones para el cálculo de altura basado en el diámetro según los estratos de bosque.

CUADRO 14.7

Ecuaciones empleadas para el cálculo de la relación altura-diámetro

Estrato	Ecuación prevista	Coefficiente de determinación (R ²)
Bosque latifoliado	$altura (m) = 1,3 + \frac{DAP}{(1,21914 + 0,0446 \times DAP)}$	0,825
Bosque de coníferas (solo coníferas)	$altura (m) = -0,0015 \times DAP^2 + 0,3499 \times DAP + 4,8565$	0,719
Bosque coníferas (solo latifoliadas)	$altura (m) = 1,3 + \frac{DAP}{1,46490 + 0,0417 \times DAP}$	0,849
Bosque salado con raíces fúlcreas	$altura (m) = -0,0056 \times DAP^2 + 0,7284 \times DAP + 1,9545$	0,890
Bosque salado sin raíces fúlcreas	$altura (m) = 3,886 \times \ln (DAP) - 0,5259$	0,790
Cafetal bajo sombra, árboles latifoliados de sombra	$altura (m) = 1,3 + \frac{DAP}{1,43025 + 0,0440 \times DAP}$	0,830
Donde:		
<i>DAP</i> : diámetro a la altura del pecho		

Fuente: MARN (2020d).

14.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO NACIONAL DEL BOSQUE

En el informe final del INB (MARN, 2018a), se presentan los resultados más relevantes, con base en la cartografía del mapa de bosque elaborado en el año 2014 y con precisión del 91%. Mediante el uso de imágenes satelitales RapidEye de 2011, se aplicó el concepto de bosque validado a escala nacional, sin considerar los exbolsones, con un total de 606 541,78 ha de bosque (28,76% del territorio nacional); a esta cantidad se debe sumar 174 834,00 ha de cafetales bajo sombra (8,29% del territorio nacional), alcanzando un total de 781 375,78 ha, equivalente al 37,05% del territorio nacional.

Tal superficie de bosque, en la Fase II o de muestreo del INB, fue conformada por tres estratos y/o tipos de bosque (ver la Figura 14.5): bosque latifoliado con 551 729,63 ha (26,16%), bosque de conífera con 17 715,01 ha (0,84%) y bosque salado/mangle con 37 097,13 ha (1,76%).

En el Cuadro 14.8, se detallan la superficie de bosque, volumen y biomasa como resultados del INB (MARN, 2018a), sin contar con la superficie de los exbolsones y con los estratos definitivos.

CUADRO 14.8

Resultados del Inventario Nacional de Bosques de El Salvador

Variable	Resultado	Descripción
Superficie de bosque (bosque latifoliado, bosque de conífera y bosque salado)	606,5 (28,76%)	Superficie (1 000 ha) Área \geq 0,50 ha, con 91% de precisión
Superficie de otras tierras/ otras tierras con cubierta de árboles (café bajo sombra)	174,8 (8,29%)	Porcentaje del país entre paréntesis
Volumen del bosque	162,97 (\pm 9,0)	Volumen (m ³ /ha) Árboles \geq 2 cm diámetro a la altura del pecho (DAP)
Volumen de café bajo sombra	133,50 (\pm 11,1)	Límites de confianza entre paréntesis a un nivel de confianza del 95%
Biomasa en bosque (biomasa por encima del suelo)	93,94 (\pm 9,8)	Biomasa (t/ha) Árboles \geq 2 cm DAP
Biomasa de café bajo sombra	78,05 (\pm 11,4)	Límites de confianza entre paréntesis a un nivel de confianza del 95%

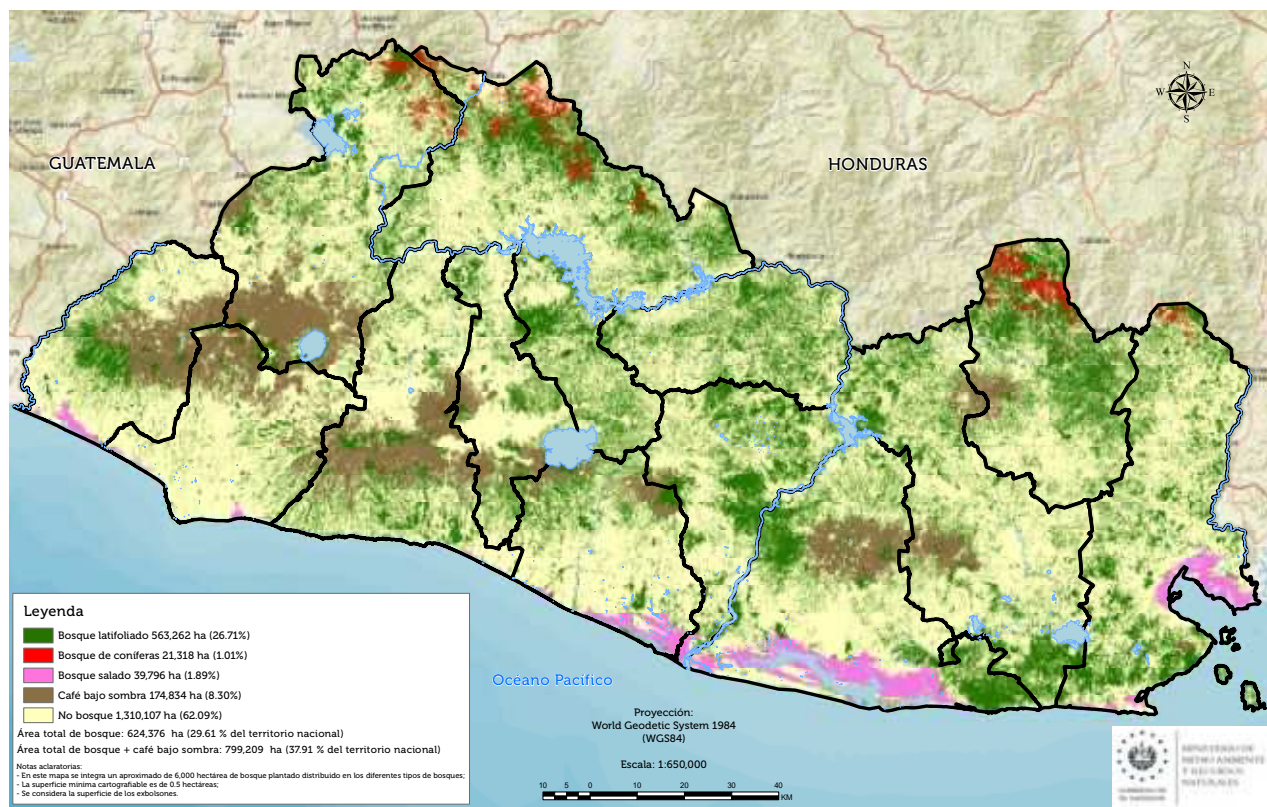
Fuente: MARN (2018a).

© Alberto Aquino



FIGURA 14.5

Mapa nacional de distribución de tipos de bosque de El Salvador



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo.

Fuente: Elaboración propia.

14.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

La implementación del control y evaluación de calidad se fundamentó en la elaboración de los protocolos y metodología desarrollados, antes y durante la ejecución del INB del 2018, siendo los siguientes:

- Manual de campo: diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas;
- Protocolos de control y evaluación de calidad;
- Protocolo para la recolección, identificación de especies vegetales y conservación de muestras botánicas;
- Protocolos de medición de carbono en suelo, hojarasca y herbáceas;
- Protocolos de seguridad y logística de la cuadrilla;
- Metodología para la Fase I (premuestrío) y la Fase II (muestreo);
- Memoria de cálculo del INB de El Salvador 2018.

En el INB del 2018, se contrataron cuatro cuadrillas y una adicional de control de calidad. Todas las cuadrillas recibieron una capacitación intensiva de ocho días, donde se enfatizó la comprensión y uso de los primeros seis protocolos y/o metodologías antes descritas.

El control de calidad consistió en las siguientes modalidades:

- Verificación directa en campo con el objetivo de validar las mediciones de las cuadrillas de campo y proporcionar una respuesta inmediata. Se planificó realizar el 3% del total de UM y se cumplió un 3,2% (MARN, 2018b, 2020b).
- Verificación indirecta con datos con el objetivo de medir la precisión de las mediciones de las cuadrillas de campo y proporcionar una respuesta posterior. Se planificó realizar el 2% del total de UM y se logró un 2,2% (MARN, 2018b, 2020b).

Adicionalmente, se realizó una evaluación de la calidad de los datos de manera objetiva y cuantitativa.

La meta propuesta fue del 5% adicional del total de las UM medidas y aprobadas por la cuadrilla de control de calidad (MARN, 2020b). Estas UM fueron seleccionadas de forma aleatoria. En esta modalidad se logró realizar un 2,8%.

En resumen, se realizó un 8,2% del 10% planificado en control y evaluación de calidad de las UM medidas en el INB (MARN, 2018b).

Otro control de calidad que no se ha mencionado y que fue puesto en práctica es el realizado por el coordinador del INB del 2018, donde cada dato de parcela digitado en la plataforma Odoos se iba comparando con la descripción de los formularios de campo. De tal manera, si se identificaban inconsistencias, se devolvía los datos de la parcela para su corrección, hasta que fuesen superados antes de aprobar la parcela.

En la implementación del INB participaron 26 personas (campo y gabinete). De este personal, únicamente cuatro fueron mujeres, equivalente al 15,4%.

14.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTARON

Aunque para efectos de esta publicación se expusieron las variables forestales (volumen y biomasa), cabe mencionar que el INB de 2018 fue más amplio, calculándose variables relacionadas con el carbono y la diversidad (regeneración, biodiversidad y estado fitosanitario).

El estrato de café bajo sombra, aunque no es bosque, tiene una importancia económica, social y ambiental para el país, al cubrir el 8,29% del territorio nacional; en ese estrato, se midieron las mismas variables del bosque, pero con una diferencia positiva al cuantificar árboles de café con todas sus variables.

14.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

Se espera que el Estado salvadoreño, a través de las instituciones correspondientes, retome la planificación para actualizar el siguiente inventario forestal nacional. Por ello, se propone:

- Integrar dos estratos adicionales a los cuatro ya considerados:
 - árboles fuera de bosque, es decir, aquellos árboles ubicados en suelos dedicados a la agricultura y ganadería (pasto);
 - plantaciones forestales, mediante la disponibilidad de un inventario nacional de plantaciones forestales, pues en las imágenes satelitales son de difícil identificación y separación de los otros estratos de bosques y/o formaciones arbóreas.
- Ajustes pertinentes al diseño del INB, sin perder la relación metodológica (comparativa) propia de un inventario forestal nacional, con base en una selección de parcelas permanentes, tanto en bosque como fuera de este. Dicha selección deberá hacerse sobre la malla sistemática de parcelas (21 103 parcelas) que actualmente se están usando para determinar la dinámica del uso y cobertura del suelo, incluyendo el bosque.
- Institucionalizar el inventario forestal nacional, es decir, que las instituciones gubernamentales asuman el rol de actualizar el inventario forestal nacional.
- Crear mecanismos que mejoren la calidad de procesos de recolección de datos en campo.
- Implementar tecnología de recolección de datos en campo mediante el uso de formularios digitales y no formularios en papel.

REFERENCIAS

- Alberto, D.M. y Elvir, J.A.** 2005. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en bosques naturales de Cabañas, La Paz. *Tatascán*, 17(2): 1-12.
- Castaneda, F. y Jelvez, A.** 1985. Altura total, diámetro altura de pecho y factor de forma para *Pinus oocarpa* Shi en Siguatepeque, Honduras. *Turrialba*, 35(2): 151-154. (disponible en: <http://hdl.handle.net/11554/276>).
- Castellanos, E., Quilo, A. y Pons, D.** 2010. *Estudio de la línea base de carbono en cafetales*. Ciudad de Guatemala, Centro de Estudios Ambientales, Universidad del Valle de Guatemala. (disponible en: www.uvg.edu.gt/investigacion/publicacionesceab/).
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., et al.** 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>).
- Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Pidgeon, E., Telszewski, M., coords.** 2014. *Coastal blue carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrass meadows*. Arlington (Estados Unidos), Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO y Union Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (disponible en: www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BMurdiyarso1401.pdf).
- FAO.** 2013. GlobAllomeTree: Assessing volume, biomass and carbon stocks of trees and forests – Allometric equations. (disponible en: www.globallometree.org/data/allometric-equations/). Acceso: 8 de noviembre de 2021.
- Johnson, H.** 2000. Funciones volumétricas para árboles en pie de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en sistema de plantación pura. Valle Central, Costa Rica (tesis). Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional de Costa Rica. (disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A11566e/A11566e.pdf>).
- Lister, A.J. y Scott, C.T.** 2009. Use of space-filling curves to select sample locations in natural resource monitoring studies. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149: 71-80. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0184-y>).
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).** 2003a. *Informe Segundo Trimestre: Inventario de los Recursos Forestales de El Salvador*. Proyecto FANTEL/FORESTAL-001/2002. San Salvador.
- MAG.** 2003b. *Informe del Primer Trimestre: Inventario de los Recursos Forestales de El Salvador*. Proyecto FANTEL/FORESTAL-001/2002. San Salvador.
- MAG.** 2004. *Informe del Sexto Trimestre: Inventario de los Recursos Forestales de El Salvador*. Proyecto FANTEL/FORESTAL-001/2002. San Salvador.
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).** 2018a. *Inventario Nacional de Bosques de El Salvador (INB) 2018*. Preparación de la propuesta Readiness de El Salvador para el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. San Salvador. (disponible en: <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/inventario-nacional-de-bosques/>).
- MARN.** 2018b. *Informe final del control y evaluación de calidad del INB. Preparación de la propuesta Readiness de El Salvador para el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques*. San Salvador.
- MARN.** 2020a. *Manual de campo: diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas*. San Salvador.
- MARN.** 2020b. *Protocolo de Control y Evaluación de Calidad*. San Salvador.
- MARN.** 2020c. *Metodología para la Fase I (premuestrío) y la Fase II (muestrío)*. San Salvador.
- MARN.** 2020d. *Memoria de cálculo del Inventario Nacional de Bosque de El Salvador 2018*. San Salvador.
- Ojeda, W.** 1983. Factor de forma preliminar para seis familias de especies forestales tropicales. *Revista Forestal del Perú*, 11(1-2): 1-6.
- Sánchez Páez, H., Ulloa Delgado, G.A. y Tavera Escobar, H.A.** 2004. *Manejo integral de los manglares por comunidades locales: Caribe Colombiano*. Doc. N.º 20678. Bogotá, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) y Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT).
- Vásquez, J.L.** 2000. *Estructura de los bosques de mangle del Valle de los Cangrejos y el Riíto, delta del río Ranchería, Caribe Colombiano* (trabajo de grado). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.



SIGUIENTE CAPÍTULO
GUATEMALA

Capítulo



GUATEMALA

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA

Oscar de León Sánchez, Instituto Nacional de Bosques, 7ª Avenida 6-80 Zona 13, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Carla Ramírez Zea, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 7ª Avenida 12-90, Zona 13, Interior Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Edificio FAO, Ciudad de Guatemala, Guatemala

José López Par, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 7ª Avenida 12-90, Zona 13, Interior Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Edificio FAO, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Luisa Palacios, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 7ª Avenida 12-90, Zona 13, Interior Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Edificio FAO, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Carlo Paredes, Instituto Nacional de Bosques, 7ª Avenida 6-80 Zona 13, Ciudad de Guatemala, Guatemala

15.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE GUATEMALA

Guatemala es un país de América Central; su nombre náhuatl es *Quauhtlemallan*, el cual significa “lugar de muchos árboles”, y cuenta con una gran riqueza de flora y fauna. Los tipos de bosque que se clasifican en el país para las estimaciones son bosque latifoliado, bosque mixto, bosque de coníferas, bosque de mangle y bosque seco (Ramírez y Rodas, 2004; Aguilar, 2005; MAGA, 2015).

El país ha realizado múltiples esfuerzos para conocer el estado actual de los bosques a nivel nacional. En los años 1960, se realizó el inventario forestal del departamento de Petén, por parte de la Empresa Nacional de Fomento y Desarrollo Económico del Petén (FYDEP), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (Gobierno de Guatemala, 1969). En los años 1990, 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). Entre los años 2009 y 2010, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) desarrolló el Inventario de Cedro (*Cedrela odorata*), Caoba (*Swietenia macrophylla*) y Rosul (*Dalbergia spp.*), las cuales se encontraban enlistadas dentro de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) (NPV, 2010).

Desde 1998, se comenzó a desarrollar los mapas de cobertura forestal y a partir de 1991 se realizaron mapas de la dinámica de la cobertura forestal, en específico, durante los años 1991, 1996 y 2001 (UVG *et al.*, 2006), 2001-2006 (Castellanos *et al.*, 2011), 2006-2010 (INAB *et al.*, 2012), 2010-2016 (INAB *et al.*, 2019). En todos estos procesos participaron instituciones de gobierno y academia. En la página web del Sistema de Información Forestal de Guatemala (SIFGUA) se pueden consultar detalles sobre el desarrollo de cada uno de los mapas (www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx).

Entre los años 2002 y 2003, se realizó el primer Inventario Forestal Nacional (IFN) de Guatemala a través de una iniciativa conjunta entre el Instituto Nacional de Bosques (INAB) y el Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG) con el apoyo de la FAO. El objetivo fue la recopilación de información sobre los bosques y los árboles fuera del bosque para la toma de decisiones y seguimiento de las políticas relativas al sector forestal. El diseño de muestreo del primer IFN fue sistemático estratificado y se registraron datos de 108 unidades de muestreo (UM). Se recopiló información sobre la extensión de la superficie forestal por tipo de bosque, el potencial productivo de los bosques y recursos arbóreos fuera del bosque, el estado y manejo de los bosques, y los usos de productos y servicios que benefician a las comunidades que dependen de los bosques (Ramírez y Rodas, 2004).

Desde el año 2020, INAB y CONAP están implementando el segundo IFN. El objetivo principal es determinar el estado de los bosques y de los árboles fuera del bosque a nivel nacional, a través de una evaluación integral y multipropósito, que sea replicable y aporte información estratégica al país. El diseño de muestreo es sistemático con selección no alineada proporcional al territorio nacional y se está registrando información de 715 UM (INAB y CONAP, 2020). En el Cuadro 15.1, se presentan las características de los dos ciclos del IFN de Guatemala.

La información recolectada en ambos inventarios responde a la existencia de volumen maderable, la calidad de la madera, la existencia de biomasa y carbono forestal, la estructura de los bosques, la composición de los bosques, la existencia y estado de material combustible, el estado de salud, el manejo actual, información de los poblados o comunidades con influencia y el potencial productivo de bienes y servicios (INAB y CONAP, 2020).

15.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA

La Ley Forestal de Guatemala (Decreto N.º 101-96) define bosque como “el ecosistema en donde los árboles son las especies vegetales dominantes y permanentes” (Decreto N.º 101-96, 1996). Esta es una definición poco operativa para las mediciones de campo, razón por la cual durante el primer IFN de Guatemala se utilizó una definición basada en la utilizada para la Evaluación de recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) del 2000 (FAO, 1998): “tierras forestales o sin ningún uso que se extiende por más de 0.5 hectáreas dotadas de árboles que alcanzan una altura superior a 5 m y una cubierta de copas superior al 10%”. El término excluye de manera específica las formaciones de árboles utilizados en sistemas de producción

agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales y sistemas agroforestales. El término también excluye los árboles que crecen en parques y jardines urbanos (FAO, 1998; Ramírez y Rodas, 2004). Durante el primer IFN (2002-2003) se implementaron las definiciones de otras tierras boscosas y otras tierras y se definieron los términos de volumen total, comercial y biomasa por encima del suelo, descritos en el informe de resultados (Ramírez y Rodas, 2004).

Después del primer IFN, la definición nacional de bosque fue discutida y acordada por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBUT) de la siguiente manera: superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa de 30% que forma una masa continua de al menos 0,54 hectáreas (ha), con un ancho mínimo de 60 metros. El término incluye las plantaciones forestales, de hule (*Hevea brasiliensis* [Willd. ex A. Juss.]), bosques secundarios y el bosque semi estacionalmente seco (INAB y CONAP, 2020; INAB *et al.*, 2012).

Esta definición ha sido utilizada para el nivel de referencia de emisiones forestales presentado en el Programa de reducción de emisiones ante el Fondo del Carbono (Gobierno de Guatemala, 2019) y es la definición que se aplica en el segundo Inventario Forestal Nacional (INAB y CONAP, 2020).

También se estableció una definición de los árboles fuera de bosque, término que se ha utilizado debido a la importancia de conocer el estado de los árboles en todos los usos de la tierra. El término se encuentra definido en la Resolución No. JD.02.12.2016 (Reglamento de la Ley PROBOSQUE) como:

árboles dispersos en un área determinada, donde no hay una estructura horizontal definida, no hay regeneración natural, ni estado sucesional del bosque, con área basal no superior a los cuatro (4) metros cuadrados por hectárea; el conjunto de estos árboles no se considera bosque de ningún tipo (Resolución No. JD.02.12.2016, 2016, art. 5).

CUADRO 15.1

Diseños de muestreo de los dos Inventarios Forestales Nacionales de Guatemala

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Cantidad de unidades de muestreo
Primer IFN	2002-2003	Nacional	Estratificado sistemático	108
Segundo IFN	2021-2022	Nacional	Aleatorio con selección balanceada en el territorio	715

Posteriormente, en el marco metodológico del segundo IFN, se define como:

formaciones de árboles ubicadas en áreas no consideradas como bosque 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 (INAB y CONAP, 2020, p. 25).

Otra definición importante para operativizar la definición de bosque es el término “árbol”, que se define como una planta leñosa con fuste y copa definida, con crecimiento secundario que en su estado de madurez alcanza una altura mínima de 5 metros

y un diámetro mínimo a la altura del pecho de 10 centímetros (INAB y CONAP, 2020; INAB *et al.*, 2012).

En relación a los informes al FRA, operativamente se utiliza la definición de bosque desarrollada por el GIMBUT debido a que las fuentes de datos han sido los mapas de dinámica de la cobertura forestal (Gobierno de Guatemala, 2019). Sin embargo, recientemente se han detectado algunas dificultades operativas en el mapa de cobertura del 2016 (Duarte *et al.*, 2019). Por esta razón, con el objetivo de una armonización entre las instituciones del GIMBUT, recientemente se ha trabajado con los criterios y umbrales para mejorar la aplicación de la definición de bosque, otras clases de vegetación y otras clases de uso de la tierra (Saput *et al.*, en prensa).

CUADRO 15.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional de Guatemala

Término	Definición	VARIABLES Y UMBRALES
Bosque	Primer Inventario Forestal Nacional (IFN), 2002-2003 Tierras forestales que se extienden por más de 0,5 hectáreas, con árboles que alcanzan 5 metros y cubierta de copas de 10%. Excluye: árboles en agricultura, agroforestería, árboles en parques y jardines urbanos.	Superficie mínima: 0,5 ha Cobertura de copa: 10% Altura de árboles: 5 m Ancho mínimo: sin definir Excepciones: agroforestería y árboles en parques y jardines urbanos
	Segundo IFN, 2021-2022 Es una superficie cubierta por árboles con un mínimo de cobertura de copa del 30%, formando una masa continua de un mínimo de 0,5 hectáreas con un ancho mínimo de 60 metros. El término incluye las plantaciones forestales, bosques secundarios y el bosque semi-estacionalmente seco.	Superficie mínima: 0,5 ha Ancho mínimo: 60 m Cobertura de copas: 30% Altura de árboles: 5 m Excepciones: sin definir Incluye: plantaciones forestales, bosques secundarios y bosque seco
Otras tierras boscosas	Primer IFN 2002-2003 Tierra que no es bosque, con extensión superior a 0,5 ha con cobertura de copas de árboles capaces de alcanzar 5 m entre 5% y 10%	Superficie mínima: 0,5 ha Altura de árboles: 5 m Cobertura de copas: 5% a 10% Exclusiones: sin definir
Otras tierras	Primer IFN 2002-2003 Tierra no clasificada como bosque u otras tierras boscosas. Incluye tierras agrícolas, praderas naturales sin árboles, potreros, terreno construido.	Superficie mínima: sin definir Cobertura de copas: sin definir Exclusiones: bosque u otras tierras boscosas
Volumen	Primer IFN 2002-2003 Existencia total: volumen con corteza de todos los árboles vivos mayores a 20 centímetros de diámetro normal (diámetro a la altura del pecho [DAP]) desde la base hasta la altura total reportada. Excluye ramas, incluye corteza. Existencias con potencial comercial: volumen sin corteza de especies reportadas con potencial comercial para los árboles mayores a 20 cm DAP desde la base hasta la altura comercial reportada.	Existencias totales y comerciales: DAP mínimo: 20 cm Altura total: de la base a la altura de la última rama Corteza incluida Altura comercial: sin definir Especies existencia totales: todos las de árboles vivos Especies con potencial comercial: árboles vivos de especies con mercado establecido y para construcción doméstica
Biomasa y carbono	Primer IFN 2002-2003 Biomasa por encima del suelo: biomasa arbórea sobre la superficie del suelo de árboles mayores de 10 cm DAP.	DAP mínimo: 10 cm

En el Cuadro 15.2 se presentan las definiciones de bosque del primero y segundo ciclo del IFN de Guatemala. Además, se presentan las definiciones de otras tierras boscosas, otras tierras, volumen y biomasa utilizadas por el IFN 2002-2003. Estas últimas definiciones no han sido discutidas hasta el momento para el IFN 2021-2022.

15.3 DISEÑO DE MUESTREO

15.3.1 PRIMER INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA

El diseño de muestreo fue estratificado sistemático con una distribución de 108 unidades de muestreo (UM) en toda la superficie del país con intensidad diferente en cada estrato. Los estratos dividieron el país en tres regiones (norte, centro y sur) y se construyeron con base en las divisiones naturales según parámetros fisiográficos, edáficos y climáticos (Figura 15.1) (Ramírez y Rodas, 2004).

15.3.2 SEGUNDO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA

El diseño del segundo IFN se ajustó con base en información y experiencias del primer inventario. El nuevo diseño es sistemático no alineado con asignación proporcional de la muestra en todo el territorio nacional. La selección de la muestra se realizó a través de una malla cuadrangular de 12,4 kilómetros (km) por 12,4 km. En el interior de cada celda de la malla se seleccionó un punto al azar donde se ubica la UM (Figura 15.2) (INAB y CONAP, 2020).

Para determinar el tamaño de la muestra, se utilizaron los datos del primer ciclo del IFN, y con ellos, se establecieron los coeficientes de variación de tres variables principales: área basal, volumen y biomasa.

Esos coeficientes fueron combinados con datos de costos, resultando así un diseño óptimo según el tamaño, cantidad y distancia entre UM y parcelas. Por lo tanto, para el segundo ciclo del inventario forestal nacional se seleccionaron 715 UM, con las cuales se espera alcanzar un error de muestreo cercano al 11%, a 95% de confianza (INAB y CONAP, 2020).

El inventario está diseñado para proporcionar datos a nivel nacional. Sin embargo, se reconoce que puede haber interés en recolectar información a una menor escala; por ejemplo, a nivel regional, departamental, municipal, áreas protegidas o ecosistemas específicos (manglar, bosque seco, humedales, etc.). Por esta razón, la malla de muestreo del IFN se intensificó 4, 16 y 64 veces, resultando en los niveles de intensificación proporcionados en el Cuadro 15.3.

En el Cuadro 15.4, se muestra un resumen de la cantidad de muestras de los dos IFN de Guatemala, así como la distribución de UM en bosque y fuera de bosque, según las definiciones utilizadas en cada caso.

CUADRO 15.3

Niveles de intensificación de las mallas de muestreo del Inventario Forestal Nacional para generar datos a menor escala

Nivel de intensificación	Dimensión de la malla (kilómetros cuadrados)	Cantidad de unidades de muestreo
1	12,4	715
2	6,2	2 860
3	3,1	11 369
4	1,55	45 426

Fuente: INAB y CONAP (2020).

CUADRO 15.4

Distribución de las unidades de muestreo en los dos inventarios forestales nacionales de Guatemala

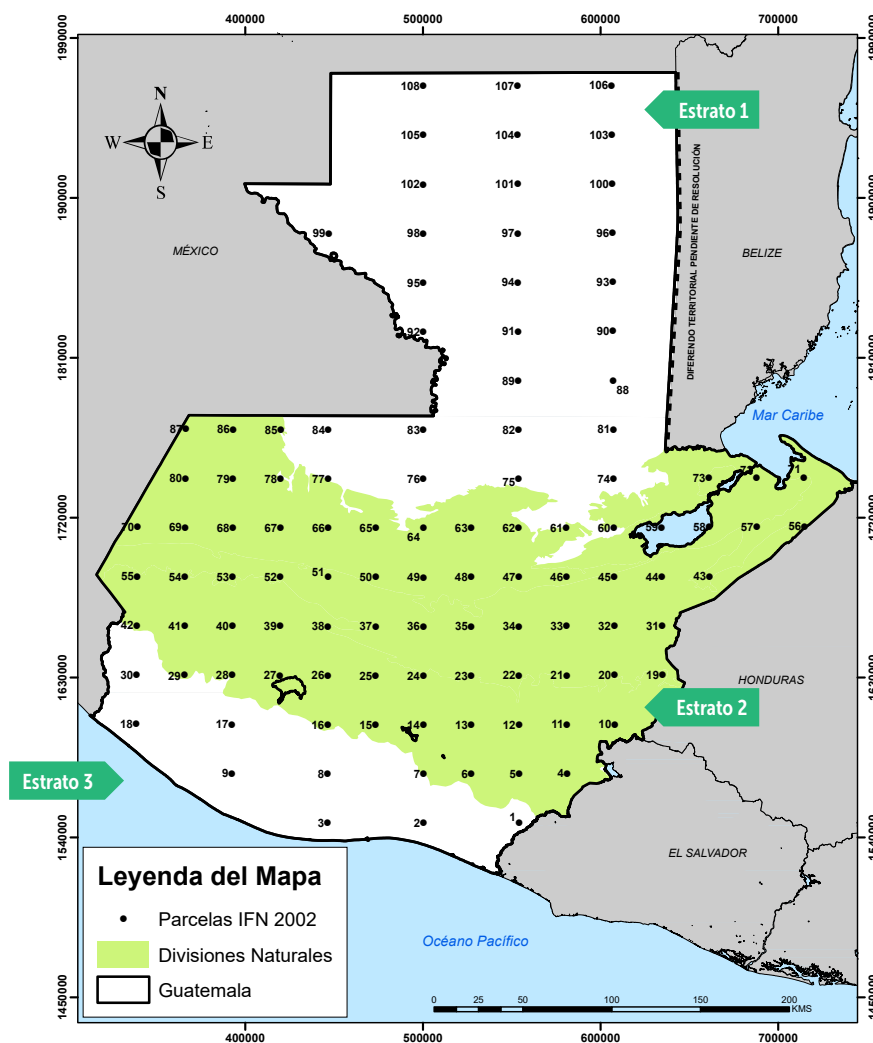
Nombre	Superficie total (1 000 ha)	Cantidad de unidades de muestreo			Total
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Primer IFN, 2002-2003	10 889	39,6	17,9	45,4	108 ¹
Segundo IFN, 2021-2022	10 889	231		484 ²	715

Nota: ¹ De los cuales 2,8 unidades de muestreo fueron desconocidos y 2,4 correspondieron a agua interior.

² Esta cantidad corresponde a parcelas que no son "bosque", y aún se desconoce si pertenecen a "otras tierras boscosas" u "otras tierras" porque el segundo IFN está en ejecución.

FIGURA 15.1

Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional 2002-2003 de Guatemala



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: Estrato 1: norte; Estrato 2: centro; Estrato 3: sur.

Fuente: Ramírez y Rodas (2004).

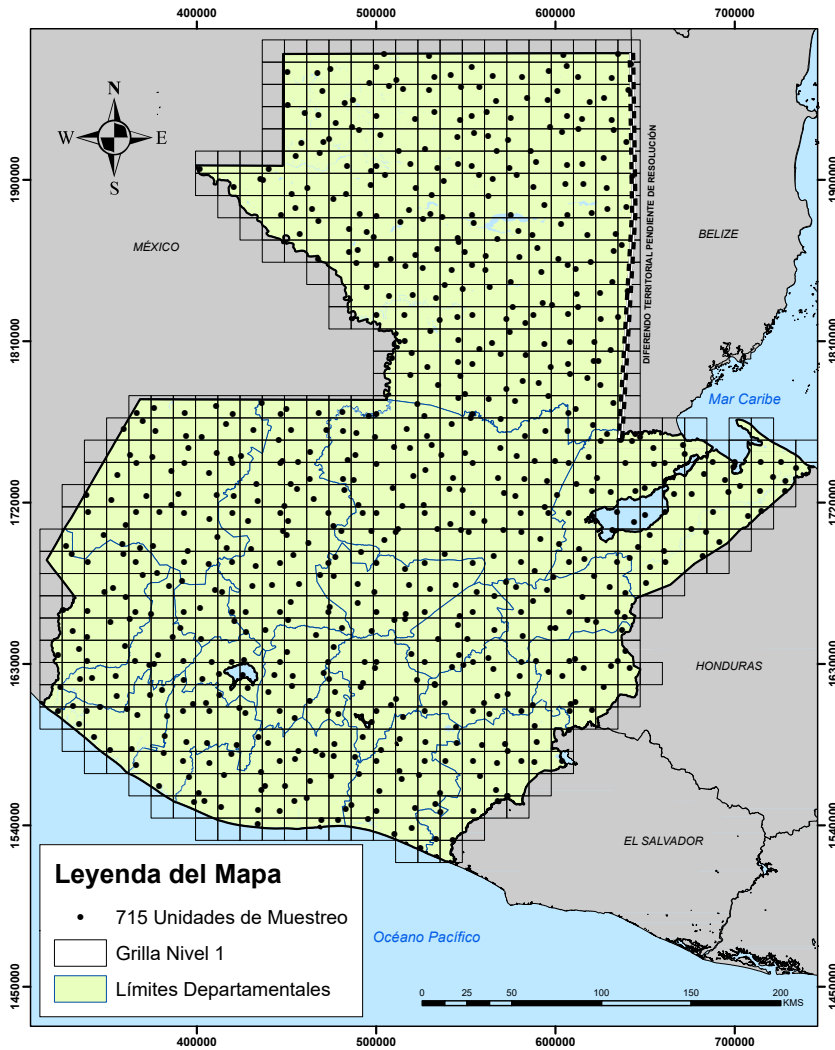
15.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

15.4.1 PRIMER INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA

El diseño de UM del primer IFN (2002-2003) se muestra en la Figura 15.3. Cada UM tenía una dimensión de 2 ha distribuidas en cuatro parcelas rectangulares de 250 metros (m) por 20 m (0,5 ha). Para la medición de variables se utilizaron diferentes dimensiones de subparcelas anidadas configuradas en la parcela principal. Se levantó información sobre la superficie por tipo de bosque, la superficie según el régimen de propiedad y designación de uso, existencias de volumen en bosques y de árboles fuera de bosque, estado y salud de los bosques, existencias de tres productos forestales no maderables (xate, bayal y mimbre) e información sobre el uso de productos y servicios de los bosques; esta última información se recolectó por medio de entrevistas socioeconómicas (Ramírez y Rodas, 2003).

FIGURA 15.2

Distribución y localización espacial de las unidades de muestreo del segundo ciclo del Inventario Forestal Nacional de Guatemala



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: INAB y CONAP (2020).



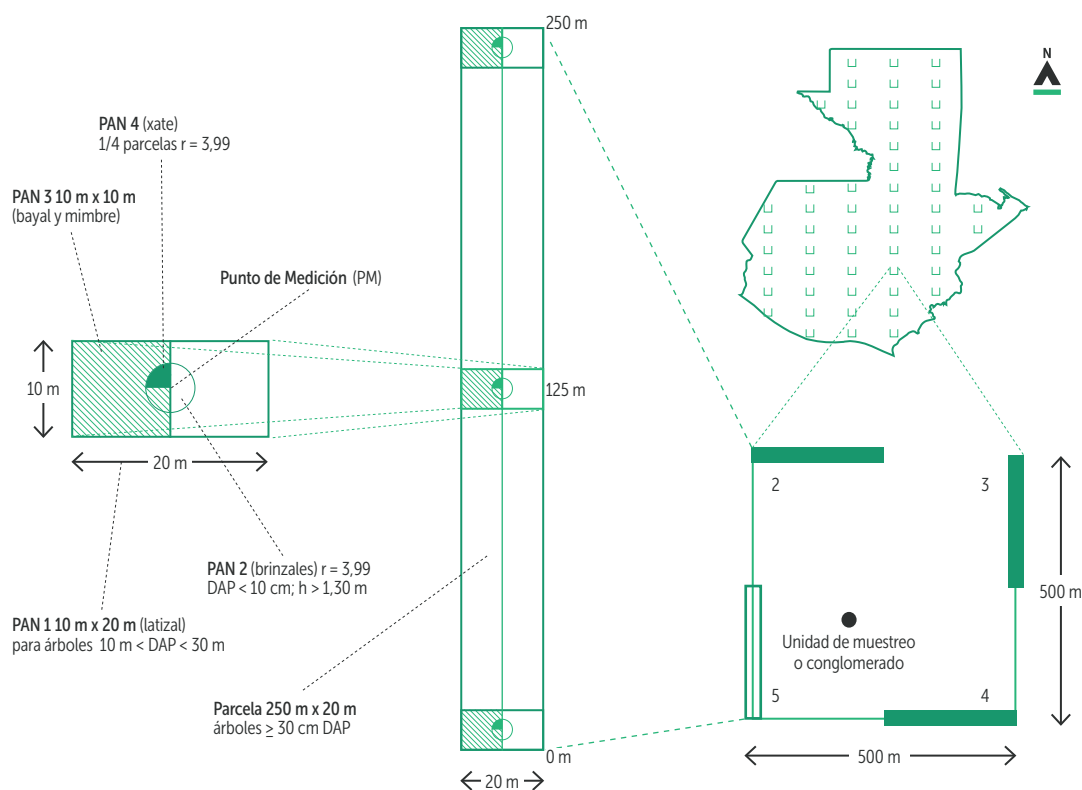
© Luisa Palacios



© Carlo Paredes Valiente

FIGURA 15.3

Diseño de la unidad de muestreo del primer Inventario Forestal Nacional (2002-2003)



Fuente: Ramírez y Rodas (2003).

15.4.2 SEGUNDO INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE GUATEMALA

La UM del segundo inventario está conformada por tres parcelas circulares, alineadas de sur a norte (Figura 15.4). Cada una de ellas tiene un diámetro de 30 m, están separadas por 10 m entre bordes y 40 m entre el centro de cada una. Abarcan un área total de 2 120,58 metros cuadrados (m²) (INAB y CONAP, 2020). El cambio en el tamaño de la UM fue parte del análisis de costos y variabilidad, para el cual también se consideraron dos criterios fundamentales: el primero fue un criterio administrativo, ya que para facilitar el proceso de institucionalización del IFN se determinó que el tiempo de levantamiento de campo debería ser en promedio un día de 8 horas, incluyendo el transporte. El segundo criterio, por el cual se definió el levantamiento de parcelas circulares, fue la facilidad y calidad de las remediciones de los árboles, ya que solo se dependerá de un punto de referencia central en cada parcela, a diferencia de las parcelas

rectangulares que dependen de las variaciones angulares en las mediciones de línea que se debe trazar para ubicar los árboles.

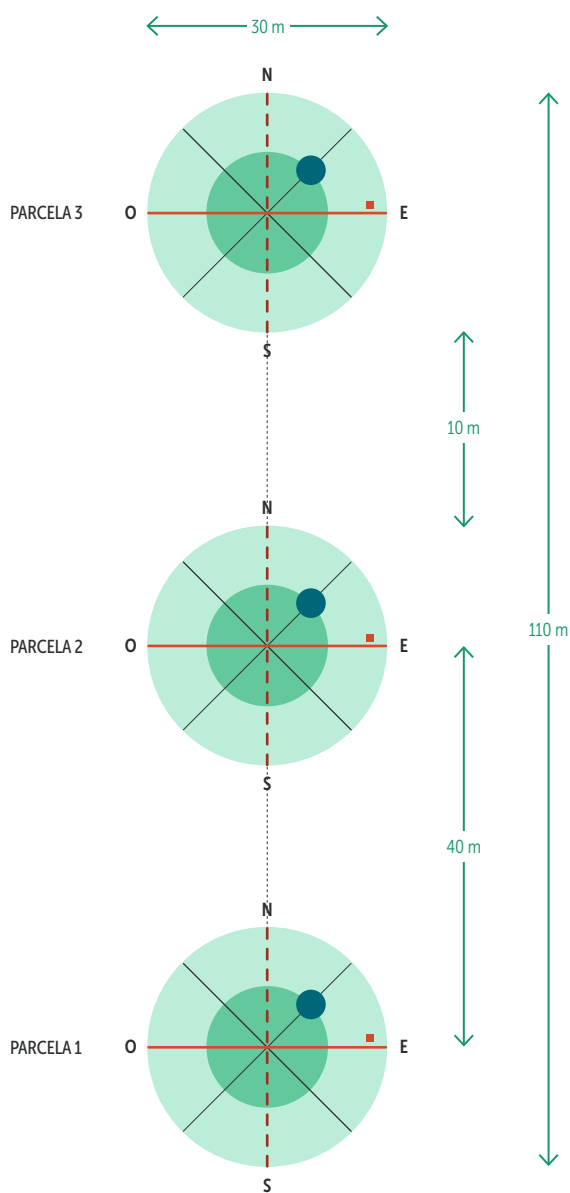
Las parcelas son circulares y anidadas con el propósito de evaluar distintos componentes: árboles (distintos diámetros), regeneración, productos no maderables, madera muerta, hojarasca, suelo y características generales del sitio. En la Figura 15.5, se muestra el diseño de cada parcela y en el Cuadro 15.5, se muestran las dimensiones de cada sección de la parcela según el tamaño de los elementos a medir (INAB y CONAP, 2020).

15.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

La superficie de bosque del país se ha estimado a través de los mapas de cobertura forestal que se han realizado en los años 1991, 1996 y 2001 (UVG *et al.*, 2006), 2006 (Castellanos *et al.*, 2011), 2010 y 2016

FIGURA 15.4

Diseño de la unidad de muestreo utilizada para recabar los datos del Inventario Forestal Nacional



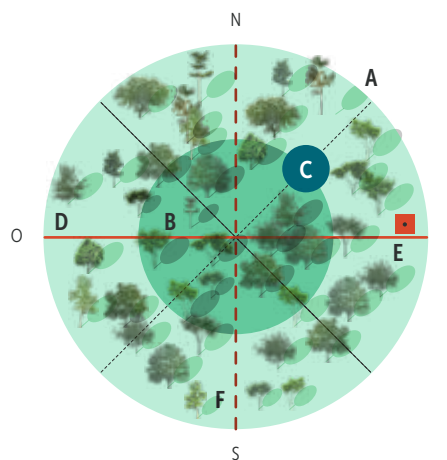
Fuente: INAB y CONAP (2020).

(INAB *et al.*, 2019) utilizando imágenes Landsat. En el primer ciclo del IFN (2002-2003) también se estimó el área de bosque, tipos de bosque (latifoliado, coníferas, mixto y manglar) y otros usos de la tierra con base en los datos recolectados en las UM (Ramírez y Rodas, 2004). Para el cálculo de áreas se utilizaron estimadores de razón (Cochran, 1977).

Para los cálculos de volumen del primer ciclo del IFN (2002-2003), se utilizaron ecuaciones elaboradas por Peters (1977) para las especies de coníferas.

FIGURA 15.5

Diseño de parcela utilizada para recabar los datos del Inventario Forestal Nacional



Fuente: INAB y CONAP (2020).

CUADRO 15.5

Configuración de las parcelas según los elementos de medición

Sección	Dimensión	Elementos de medición
A	R = 15 m (707 m ²)	Árboles ≥ 20 cm DAP y tocones
B	R = 10 m (314 m ²)	Árboles 10 cm-19,9 cm DAP y productos no maderables
C	R = 3 m (28 m ²)	Árboles ≤ 9,9 cm de diámetro
D	30 m	Madera muerta caída MMC: ≥ 5 cm de diámetro
E	0,25 m ²	Hojarasca y suelo
F	30 m	Estructura del bosque (sur-norte)

Nota: DAP: diámetro a la altura del pecho; MMC: madera muerta caída; R: radio.

Para especies latifoliadas se utilizó una fórmula general elaborada en Quintana Roo, México por la Dirección General de Inventario Nacional Forestal, citada en el *Manual Técnico Forestal de INAB* (1999). Debido a los límites de diámetro de las fórmulas mencionadas, para los diámetros mayores de 90 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) se utilizó la fórmula general del cilindro multiplicado por un factor de forma de 65% (Ramírez y Rodas, 2004).

Para la estimación de la biomasa arriba del suelo, se realizó una estimación con las ecuaciones de Brown (1997), debido a que no existían ecuaciones alométricas de biomasa propias para el país.

Para el segundo IFN se están desarrollando los protocolos de estimación de variables, los cuales considerarán los procedimientos del primero ciclo para realizar estadísticas comparativas. Debido a que el diseño de las UM es diferente entre ambos ciclos, las estimaciones de cambios tendrán ciertas restricciones.

15.6 RESULTADOS DEL PRIMER INVENTARIO FORESTAL NACIONAL, 2002-2003

Se presentan únicamente los resultados del primer IFN (Cuadro 15.7), debido a que el segundo IFN se encuentra en la fase de levantamiento de campo.

La superficie de bosque estimada con los datos del primer ciclo del IFN fue de 4 046 015 ha, que corresponden al 37,2% de la superficie del

CUADRO 15.6

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

VARIABLES	ECUACIÓN	REFERENCIA
Volumen total (m³)	<i>Cupresus lusitanica</i> $V = 0,013451922 + 0,0000289134 DAP^2 H$	<i>Manual Técnico Forestal (INAB, 1999)</i>
	<i>Pinus ayacahuite</i> $V = 0,0197725259 + 0,0000288708 DAP^2 H$	
	<i>Pinus caribaea</i> $V = 0,0684728026 + 0,0000309465 DAP^2 H$	
	<i>Pinus montezumae</i> $V = 0,0229946375 + 0,0000277515 DAP^2 H$	
	<i>Pinus oocarpa</i> $V = 0,0268287659 + 0,0000287215 DAP^2 H$	
	<i>Pinus pseudostrobus</i> $V = 0,0050811768 + 0,0000286052 DAP^2 H$	
	<i>Pinus rudis</i> $V = 0,0179835819 + 0,0000283104 DAP^2 H$	
	<i>Latifoliadas</i> $V = 0,0197725259 + 0,0000288708 DAP^2 H$	
	Árboles mayores de 90 cm DAP $V = \text{Área basal} \times H \times 0,65 \text{ (factor de forma)}$	
	Donde: DAP: diámetro a la altura del pecho H: altura V: volumen	
Biomasa (t)	<i>Coníferas</i> $Y = \text{Exp} (-1,170 + 2,119 \times \text{Ln } DAP)$	Brown (1997)
	<i>Latifoliadas</i> $Y = 42,69 - 12,8 (DAP) + 1,242 (DAP^2)$	
	Donde: DAP: diámetro a la altura del pecho Y: biomasa	

territorio nacional. Los bosques se dividen en 82% latifoliados, 10% coníferas y 8% mixtos. Los bosques de manglar fueron contabilizados dentro de la categoría de latifoliados y las plantaciones forestales correspondieron a menos del 1%. Según la tenencia de la tierra, se estimó que los bosques correspondían a un 38% privado, 34% público nacional, 8% público municipal, 15% comunal y 5% no determinado (Ramírez y Rodas, 2004).

15.7 OTRAS VARIABLES RELEVANTES

Durante el primer IFN, también se proporcionaron estadísticas sobre el volumen potencial de productos maderables, el potencial de tres productos forestales no maderables (*xate* [*Chamaedorea sp.*, bayal [*Desmoncus ferox* Bartlett] y mimbre [*Monstera pertusa* (L.) de Vriese]), el volumen potencial de la leña y el uso de las especies forestales.

El potencial de productos maderables se calculó para todas las especies de coníferas encontradas. En el caso de especies latifoliadas, se seleccionaron las especies según el desarrollo de mercado: totalmente desarrollado, potencialmente desarrollado y especies con potencial comercial.

La estimación de leña es de mucha importancia para Guatemala, ya que ocupa un valor muy alto en la economía rural. En áreas fuera de bosque es un recurso que podría manejarse mejor para proveer de combustible a las comunidades rurales y disminuir la presión en los bosques. También se seleccionaron especies latifoliadas con valor comercial para las concesiones forestales de la Reserva de la Biosfera Maya, ubicada en el estrato norte (Ramírez y Rodas, 2004).

En cuanto a los productos forestales no maderables, se mostró el potencial que tienen los bosques de proveer estos productos, indicando cuál es la prioridad que merecen tener en el desarrollo

CUADRO 15.7

Resultados del primer Inventario Forestal Nacional, 2002-2003

Variable	Resultados	Descripción
Superficie (1 000 ha)	Bosque 4 046,02 (18%)	Superficie total (% error de muestreo) Superficie por tipo de bosque (% error de muestreo) Superficie por tipo de tenencia (% error de muestreo) Superficie por estatus de protección (% error de muestreo)
	Latifoliado 3 336,44 (22%)	
	Coníferas 396,94 (46%)	
	Mixto 312,64 (46%)	
	Público nacional 1 367,73 (34%)	
	Público municipal 341,75 (96%)	
	Comunal 592,88 (59%)	
	Privado 1 531,13 (30%)	
	No determinado 212,52 (143%)	
	Dentro de áreas protegidas 1 643,14 (44%)	
Fuera de áreas protegidas 2 402,88 (26%)		
Volumen (m ³ /ha)	Bosque 141,3 (20%)	Promedio de volumen total por hectárea para árboles registrados mayores de 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP) (% error de muestreo)
	Latifoliado 143,2 (22%)	
	Coníferas 98,9 (40%)	
	Mixto 77,1 (37%)	
Biomasa (t/ha)	Bosque 124,0 (17%)	Promedio de biomasa arriba del suelo en toneladas por hectárea para todos los árboles registrados mayores de 10 cm DAP (% error de muestreo)
	Latifoliado 123,5 (19%)	
	Coníferas 88,5 (32%)	
	Mixto 87,5 (31%)	

de estrategias de manejo a fin de conservar los recursos, además de sostener y promover la subsistencia de las poblaciones que dependen de ellos. La información se recolectó desagregada por género y juventud para productos tales como madera comercial, leña, madera para construcción, caza de animales silvestres y recolección de alimentos vegetales (Ramírez y Rodas, 2004).

Otra información relevante fue la caracterización de los bosques según su origen, composición, estructura horizontal y vertical, función, tipo y objetivo del aprovechamiento de productos maderables, tecnología para el aprovechamiento, perturbaciones, condición fitosanitaria, problemas ambientales e intensidad de uso del suelo (Ramírez y Rodas, 2004).

Además, se describieron las comunidades cercanas a las UM según grupos étnicos, actividades productivas y dinámica migratoria. Se realizó también un análisis sobre el uso de productos y servicios de los recursos forestales, para lo cual se priorizaron los productos como madera, leña, materiales de construcción, animales silvestres, alimentos vegetales que se describieron según el objetivo de uso, oferta y demanda, frecuencia de extracción, tipo de extractor dividido por género, adultos y niños, el tipo de transporte de la extracción, derechos de uso y conflictos (Ramírez y Rodas, 2004).

Todas las variables mencionadas anteriormente también se evalúan en el segundo IFN. Pero, existen variantes; por ejemplo, para los ecosistemas de bosque seco es necesario medir los árboles a partir de 5 cm de DAP, ya que comparados con bosques de coníferas y latifoliados el crecimiento en diámetro es menor. Otras variables relevantes que se registran en el segundo IFN son el carbono orgánico de suelos, la madera muerta caída y la hojarasca, que servirán para completar las estadísticas sobre las reservas de carbono forestal del país.

15.8 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD DEL PRIMER INVENTARIO FORESTAL NACIONAL 2002-2003

El primer IFN contó con el apoyo técnico y financiero de la FAO. Para su ejecución se conformó un Comité Directivo interinstitucional formado por INAB, CONAP, la Universidad del Valle de Guatemala (UVG), la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) y la FAO. Se contrató una unidad técnica que se encargó de

coordinar la implementación del levantamiento de campo, el cual se organizó en seis regiones operativas determinadas con base en las condiciones administrativas, topográficas y socioeconómicas. En cada región operativa, se contrató una empresa o consultores independientes que debía demostrar experiencia en inventarios forestales, capacidad operativa y conocimiento de la región. La selección de las empresas fue realizada por el Comité Directivo (Ramírez y Rodas, 2004).

Para obtener la mejor calidad de datos, se desarrollaron capacitaciones para las brigadas de campo y los supervisores técnicos de INAB y CONAP. El contenido de las capacitaciones incluyó la metodología del IFN y los procedimientos para la planificación y levantamiento de datos que se describen en el Manual de Campo del IFN (Ramírez y Rodas, 2003). Se realizaron prácticas sobre el uso de instrumentos de medición, ubicación y marcación permanente de las parcelas y árboles sin evidencias físicas, clasificación de los tipos de bosque y usos de la tierra, medición de árboles y otros elementos del sitio, observaciones cualitativas, llenado de formularios, técnicas para solicitud de permisos, desarrollo de las entrevistas socioeconómicas y entradas a la base de datos (Ramírez y Rodas, 2003).

Las brigadas de campo desarrollaron informes de cada UM donde describían el acceso a la UM, contacto con propietarios, establecimiento de la marca permanente, descripción de los usos de la tierra, y limitantes en la recopilación de datos. Estos informes acompañaban la entrega de los formularios de campo en papel, las muestras botánicas, la base de datos y fotografías.

Los supervisores de la unidad técnica participaron en el levantamiento de la primera UM de cada brigada con el objetivo de resolver dudas sobre la metodología y clasificación de tipos de bosque, y además observar la buena ejecución, medición y registro de datos en los formularios. Las brigadas de campo debían entregar una planificación detallada del levantamiento de datos y la unidad técnica acompañaba el proceso para apoyar la solicitud de permisos, solución de dudas técnicas y cualquier problema que limitaba la buena ejecución. Con el apoyo de varios técnicos regionales de instituciones administradoras de los bosques en el país y municipalidades, se supervisaron y acompañaron el levantamiento de datos en 28 UM (26% del total de 108 UM). Como método de evaluación y control en las mediciones, se midieron nuevamente 9 UM; esto también permitió obtener la experiencia de reubicación de las parcelas con la información proporcionada en los informes de campo. Al finalizar

la mitad de los levantamientos de campo, se realizó una reunión intermedia con todas las brigadas en donde se intercambiaron experiencias, buenas prácticas, dudas técnicas y oportunidades de mejora. Todas las UM pasaron por diferentes filtros de control desde la ubicación de la marca permanente, revisión de informes, supervisiones directas en campo, revisión de especies reportadas, revisión de la base de datos en relación a los formularios en papel, hasta que fueran aprobadas para ingresar a la base de datos final. Posterior a ello, se realizaron rutinas de limpieza de datos y reuniones técnicas para la toma de decisiones sobre el manejo de los datos inconsistentes, las cuales fueron documentadas en una bitácora de análisis.

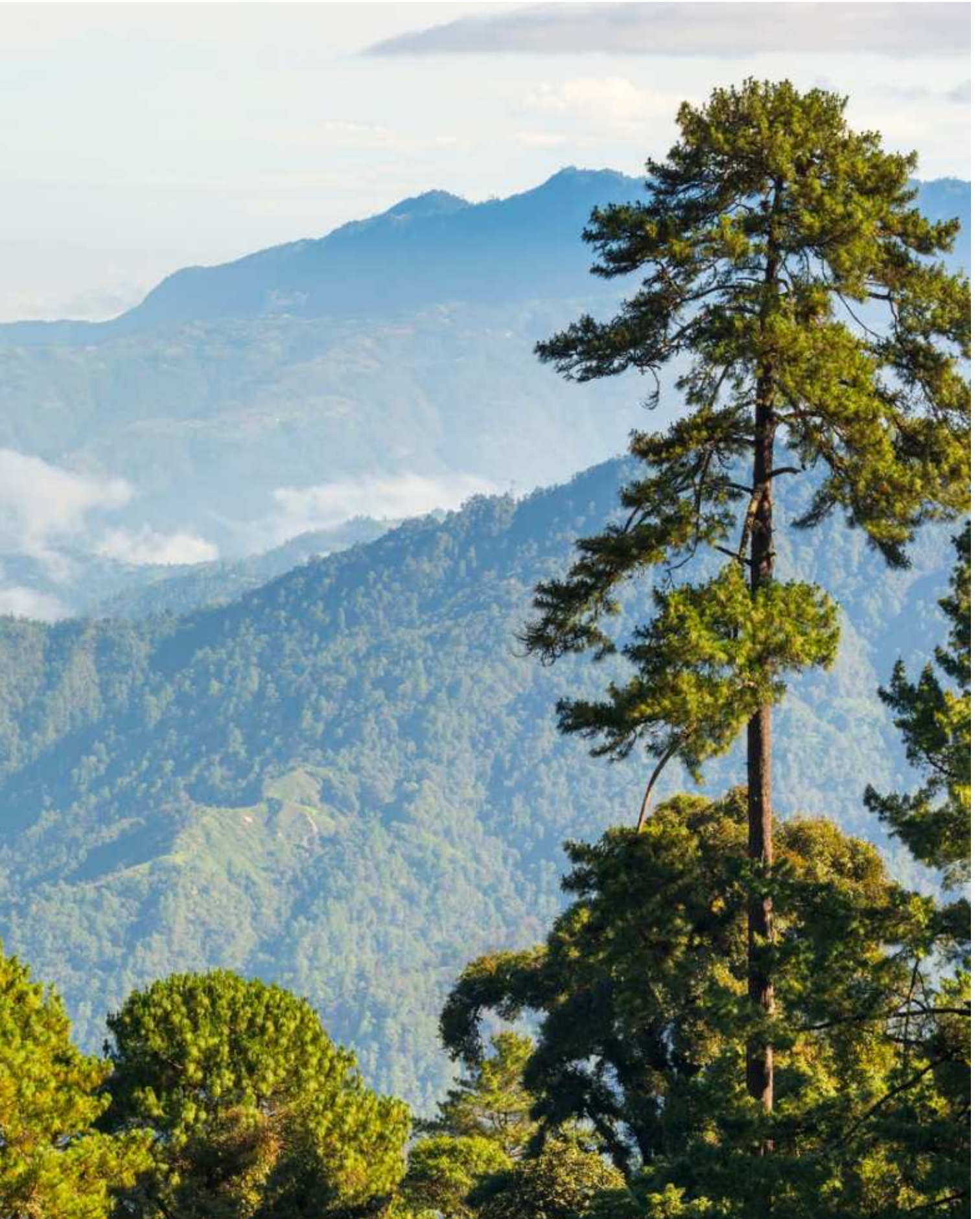
Respecto al segundo IFN, se han iniciado acciones hacia una institucionalización de las mediciones de campo; actualmente, INAB y CONAP actúan como entes rectores en el tema forestal fuera y dentro de áreas protegidas respectivamente, y coordinan conjuntamente la ejecución de la fase de campo. El INAB ha incluido este proceso como parte de su plan operativo anual 2021 y se está trabajando para que, basado en la experiencia de los dos inventarios, se pueda crear el mecanismo para que ambas instituciones incluyan la actualización –tanto de datos como de variables de medición– en su marco de planificación estratégica y operativa anual, así como en su ejecución presupuestaria.

Ambos procesos, tanto la ejecución como el proceso de institucionalización, tienen diferencias entre el primer y segundo IFN, ya que el involucramiento de INAB y CONAP se ha materializado en actividades concretas. En el caso de INAB, se han realizado mejoras en la planificación institucional operativa y se espera que también se puedan incluir en la planificación estratégica y quinquenal. Además, ambas instituciones han asumido la responsabilidad de liderar la implementación de las mediciones de campo con personal interno como principal mecanismo de ejecución. Uno de los principales pasos a seguir es finalizar la estrategia de institucionalización que oriente las acciones de cada institución, a fin de tener lineamientos técnicos y estratégicos definidos para la ejecución de un tercer inventario.

Para implementar el segundo IFN, también se conformó un Comité Directivo para la implementación, liderado por INAB y CONAP. El Comité se dividió en subcomités para atender temas específicos como capacitación, gestión y cooperación externa, comunicación, repositorio y análisis de datos; cada subcomité trabaja paralelamente y en coordinación para orientar la ejecución o fase de campo del



© Envato / THP-Creative



inventario. La implementación se está desarrollando a través de dos mecanismos: el primer mecanismo es por medio del personal interno de ambas instituciones, el cual es responsable directo de establecer las UM, lo que garantiza una participación activa del personal técnico en todas las regiones; el segundo mecanismo es a través de la cooperación externa, quien contrata consultores para establecer las UM. Para el segundo caso, el rol institucional es brindar toda la información necesaria para la ubicación de las áreas, acompañamiento y asesoría para la correcta aplicación de la metodología.

Para la implementación también han sido de vital importancia las alianzas estratégicas con autoridades locales, organizaciones comunitarias de segundo nivel y la academia, ya que el objetivo multipropósito permitirá generar información de interés para todos los actores del sector forestal; por lo tanto, se resalta la importancia de su vinculación y participación en el proceso de recolección de datos a fin de obtener los primeros resultados durante el año 2022.

En este segundo inventario se espera establecer 715 UM, tomando en cuenta que medirán áreas de bosque y otros usos de la tierra con cobertura de árboles, ya que se pretende a futuro monitorear el comportamiento del uso actual del suelo.

Para el control de calidad de los datos, se desarrollan capacitaciones del personal; además, existe una brigada con el personal más capacitado a nivel nacional. Se ha planificado implementar tres controles: *ex ante*, que consiste en el acompañamiento en el establecimiento de la primera UM; *ex post*, a través de una corroboración de datos registrados; y auditoría interna, a través de la comparación de datos tomados de manera independiente, es decir, estableciendo UM con la brigada de control de calidad para luego realizar la evaluación de estas.

15.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

La expectativa al completar el segundo IFN de Guatemala es, entre otras, actualizar y comparar las existencias de volumen maderable comercial y no comercial, la leña y algunos productos forestales no maderables en los bosques y árboles fuera de bosque, la dinámica de crecimiento y mortalidad, composición florística, capacidad de regeneración del bosque, distribución de especies, densidad de los bosques y su variación en el tiempo, grado y tipo de manejo al que están sometidos los bosques, contenidos de carbono

almacenado en la biomasa en diferentes depósitos de los bosques. Se espera además actualizar los datos sobre aspectos socioeconómicos que ayuden a realizar un análisis para comprender las dinámicas sociales sobre el uso de los recursos forestales.

Respecto al proceso de institucionalización del IFN, se espera establecer un proceso continuo de recolección, análisis y reporte de información sobre el progreso de los indicadores de las políticas públicas nacionales relativas al sector forestal y a la conservación de áreas protegidas.

El segundo IFN permitirá responder de mejor manera a los compromisos de reporte que tiene el país en el contexto de las iniciativas para concretar incentivos por la reducción de emisiones de dióxido de carbono, bajo el mecanismo de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+), y ser la fuente de datos primaria para el Inventario de Gases de Efecto Invernadero (IGEI) y para el informe del progreso de indicadores nacionales sobre la Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal.

De igual manera, se espera que la información contribuya 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 las Naciones Unidas, cuyo propósito general es analizar las relaciones recíprocas entre la economía y el medio ambiente. 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 datos de existencias y del uso de diferentes productos y subproductos del bosque, evaluados directamente en campo.

En el contexto nacional, se espera que la información actualizada sobre el estado actual de los bosques y árboles fuera de bosque permita hacer un vínculo con los resultados de las estrategias e instrumentos de política que se han generado para promover el manejo forestal sostenible durante los últimos 15 años y con la importancia que representa para el sector forestal la actualización constante de la información.

REFERENCIAS

- Aguilar, K.** 2005. *Evaluación del sistema de clasificación de tipos de bosque del inventario forestal nacional 2002-2003* (tesis). Universidad de San Carlos de Guatemala. (disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2164.pdf).
- Brown, S.** 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forest: A primer*. FAO Forestry Paper 134. Roma, FAO. (disponible en: www.fao.org/3/w4095e/w4095e00.htm).
- Castellanos, E., Regalado, O., Pérez, G., Montenegro, R., Ramos, V. e Incer, D.** 2011. *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y dinámica de la cobertura forestal 2001-2006*. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar. (disponible en: www.sifgua.org.gt/Documentos/Cobertura%20Forestal/Cobertura%202010/Memoria%20Tecnica%20Completa.pdf).
- Cochran, W.G.** 1977. *Sampling Techniques, 3rd Ed.* Nueva York (Estados Unidos), John Wiley and Sons.
- Decreto N.º 101-96.** Ley Forestal. Congreso de la República de Guatemala, Ciudad de Guatemala, Guatemala, 31 de octubre de 1996. (disponible en: www.sice.oas.org/investment/NatLeg/GTM/Forestal_s.pdf).
- Duarte, E., Emanuelli, P., Montenegro, R., Casco, F., Gonzalez, O., Saput, C., Orozco, R. y Armas, U.** 2019. *Estimación de la precisión. Mapa de dinámica de la cobertura forestal para el período 2006- 2010 y período 2010-2016 de la República de Guatemala*. Santiago de Chile, Consorcio Sud-Austral Consulting-GOPA-CALMECAC-ForestFinest.
- FAO.** 1998. *FRA 2000: Términos y definiciones*. Evaluación de Recursos Forestales Mundiales WP-1. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ae217s/ae217s00.htm).
- Fundación Naturaleza para la Vida (NPV).** 2010. *Inventario nacional de caoba, cedro y rosul como una herramienta para fortalecer el manejo sustentable y comercialización de estas especies*. Informe final de proyecto CITES No. S-340. Ciudad de Guatemala. (disponible en: <https://cites.org/sites/default/files/common/com/pc/19/S19i-05.pdf>).
- Gobierno de Guatemala.** 1969. *Organización administrativa del sector agropecuario de Guatemala*. Tomo 3. Proyecto 80, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. Turrialba (Costa Rica), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. (disponible en: <https://books.google.co.cr/books?id=eSwOAAIAAJ&pg=PA307&dq=FYDEP%20FAO%20GUATEMALA&hl=es&pg=PA183#v=onepage&q&f=false>).
- Gobierno de Guatemala.** 2019. *Emission Reductions Program Document (ER-PD): Programa Nacional de Reducción y Remoción de Emisiones de Guatemala*. Forest Carbon Partnership Facility Carbon Fund. (disponible en: www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/Final%20ERPD%20280519V2clean%20b.pdf).
- Instituto Nacional de Bosques (INAB).** 1999. *Manual Técnico Forestal*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.scribd.com/document/452657558/Manual-Tecnico-Forestal-INAB-pdf).
- INAB y Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP).** 2020. *Marco metodológico para el segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal de Guatemala*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.portal.inab.gob.gt/images/inventario-forestal/Marco%20Metodologico%20IFN%202020.pdf).
- INAB, CONAP, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), Universidad del Valle de Guatemala (UVG) y Universidad Rafael Landívar (URL).** 2019. *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2016 y dinámica de la cobertura forestal 2010-2016*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.sifgua.org.gt/Documentos/Cobertura%20Forestal/Cobertura%202016/Memoria%20Tecnica%20Mapa%20Cobertura%20Forestal%202016.pdf).
- INAB, CONAP, MARN, UVG y URL.** 2012. *Mapa de dinámica de la cobertura forestal 2006-2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.sia.marn.gob.gt/publicaciones/otros/Memoria%20Tecnica%20Completa%202010.pdf).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).** 2015. *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra a escala 1:50,000 de la República de Guatemala, año 2010. Memoria técnica y descripción de resultados*. Ciudad de Guatemala.
- Peters, R.** 1977. *Tablas de volumen para especies de coníferas de Guatemala*. Documento de trabajo No. 17. Ciudad de Guatemala, Instituto Nacional Forestal.
- Ramírez, C. y Rodas, R.** 2003. *Inventario Nacional Forestal: Manual de Campo*. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales. Ciudad de Guatemala, FAO.
- Ramírez, C. y Rodas, R.** 2004. *Evaluación Nacional Forestal. Inventario Forestal Nacional 2002-2003*. Roma, FAO. (disponible en: www.fao.org/forestry/23224-015b0b120eb03aa8b646ce6e3095c7a6a.pdf).
- Saput, C., Armas, U., López, J., y Ramírez, C.** En prensa. *Refinamiento de las clases de cobertura vegetal y uso de la tierra de Guatemala*. Proyecto Readiness del Fondo Verde del Clima. Ciudad de Guatemala, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- UVG, INAB y CONAP.** 2006. *Dinámica de la cobertura forestal de Guatemala durante los años 1991, 1996 y 2001 y mapa de cobertura forestal 2001*. Ciudad de Guatemala. (disponible en: www.sifgua.org.gt/Cobertura.aspx).

Capítulo



**GUAYANA FRANCESA,
GUADALUPE Y MARTINICA**

HACIA UN INVENTARIO FORESTAL NACIONAL EN LOS TERRITORIOS FRANCESES DE ULTRAMAR EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: GUAYANA FRANCESA, GUADALUPE Y MARTINICA

François Morneau, Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal, Servicio de Información Estadística, Forestal y Medioambiental, Château des Barres, 45290 Nogent-sur-Vernisson, Francia

Stéphane Guitet, Oficina Nacional de Bosques, Dirección Territorial, 541 Route de Montabo, 97300 Cayena, Guayana Francesa

Olivier Brunaux, Oficina Nacional de Bosques, Departamento de Investigación, Desarrollo e Innovación, 541 Route de Montabo, 97300 Cayena, Guayana Francesa

16.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES

El Inventario Forestal Nacional (IFN) francés se estableció en 1958 y ha contribuido con estimaciones desde 1960. Para el quinquenio comprendido entre 2014 y 2018, la superficie forestal y las existencias en crecimiento —con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o superior a 7,5 centímetros (cm)— totalizaban 16,8 millones de hectáreas (ha) y 2 800 millones de metros cúbicos (m³), respectivamente. Sin embargo, estas estimaciones solo se refieren a la Francia metropolitana (Francia continental y Córcega) y no a los territorios de ultramar.

En 2014, la Ley N.º 2014-1170 añadió un nuevo artículo al código forestal existente. En él se establece que el IFN “contempla las particularidades de los bosques con mayor cobertura de copa y aquellos con menor cobertura de copa situados en Guadalupe, Guayana Francesa, Martinica, Reunión, Mayotte, San Bartolomé, San Martín (parte francesa) y San Pedro y Miquelón” (artículo L. 151-3, Ley N.º 2014-1170, 2014). La mayoría de estos territorios se encuentran en América del Sur (Guayana Francesa) y en el Caribe (Guadalupe, Martinica, San Bartolomé y San Martín [parte francesa]).

La Guayana Francesa (4°13'N, 52°59'W) abarca una superficie de aproximadamente 8,2 millones de hectáreas y se ubica en la parte oriental del Escudo Guayanés. El clima es ecuatorial, con una pluviosidad anual que oscila entre los 2 000 milímetros (mm) (al sur y al oeste) y los 4 000 mm en el norte. La selva amazónica cubre más del 97% de la superficie y se extiende por casi todo el territorio. La densidad demográfica es muy baja (menos de tres personas por kilómetro cuadrado) y los asentamientos humanos se encuentran dispersos sobre todo en la parte norte del territorio y a lo largo de los dos principales ríos fronterizos.

Las islas del Caribe, sin embargo, son más pequeñas. El clima es tropical con algunas estaciones contrastantes. En el presente capítulo solo se consideran los dos territorios más extensos (Guadalupe, con 169 000 ha, y Martinica, con 106 000 ha).

En conjunto, estos territorios representan más de un tercio de todos los bosques franceses. Guayana Francesa cuenta con más de 8 millones de hectáreas de bosques y representa más del 97% de todos los bosques de ultramar, según el Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal (IGN, por sus siglas en francés) (IGN, 2018).

Sin embargo, aunque está estipulado por ley, todavía no se ha iniciado ningún inventario forestal con base en muestreo en estos territorios. La razón principal es la falta de recursos humanos y financieros destinados a ello. No obstante, aunque no

existe un inventario propiamente tal, se han llevado a cabo intentos parciales y en paralelo para mejorar el conocimiento sobre los recursos forestales y la biodiversidad (ver resumen en el Cuadro 16.1).

En las dos islas del Caribe, la situación de monitoreo forestal es similar. La cubierta forestal solo se puede interpretar a partir de mapas elaborados a intervalos irregulares y es difícil realizar comparaciones entre períodos de tiempo. Los primeros mapas de uso de la tierra de Guadalupe y Martinica datan de 1950 y 1951, respectivamente (Guitet *et al.*, 2017). El último mapa se elaboró en 2019 a partir de un reconocimiento aéreo realizado en 2017 en Martinica (Figura 16.1) y se basa en imágenes de 10 cm de resolución. En Guadalupe aún no se ha elaborado un mapa detallado y se han realizado trabajos específicos (IGN, 2018).

En Guayana Francesa se han puesto en marcha varias iniciativas históricas para evaluar los recursos forestales. Debido a la dificultad para acceder a la zona interior del territorio, se centraron primero en la parte norte del país, sometida a la explotación forestal. Así, entre 1962 y 1970, la Oficina Nacional de Bosques (ONF, por sus siglas en francés) llevó a cabo el inventario conocido como “au millième” (a la milésima) a lo largo de transectos norte-sur de hasta 145 km. Solo se midieron los árboles de especies comerciales con un DAP superior a 10 cm y se organizaron en 27 grupos de especies. Este inventario está parcialmente digitalizado.

La segunda iniciativa destacable es el llamado inventario “papetier” (inventario de papeleras) financiado por la industria papelera y realizado por el Centro Técnico Forestal Tropical (CTFT), actualmente conocido como el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD, por sus siglas en francés), y la ONF entre 1972 y 1976. Se verificó la variación estándar relativa del volumen y se estimó entre un 3% y un 6%. Una estratificación posterior llevada a cabo en tres tipos de bosque —“bosque de tierra firme”, “bosque pantanoso” y “bosque secundario”— mejoró la precisión.

Más recientemente, el inventario denominado “de los hábitats”, llevado a cabo entre 2006 y 2014 (el cual aún está en ejecución) por un grupo de instituciones compuesto por la ONF, el Parque Amazónico de Guayana (PAG), la Oficina Francesa de Biodiversidad (OFB), el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, por sus siglas en francés) y el CIRAD, tiene como objetivo elaborar modelos de estimación de las variables forestales a nivel “nacional”,

utilizando métodos de evaluación rápida y a un costo relativamente bajo (Guitet, Brunaux *et al.*, 2015). Este enfoque basado en un modelo dispone de un muestreo anidado a diversas escalas, donde las parcelas se han distribuido según una estratificación previa basada en las características de la cubierta elaborada mediante el procesamiento de imágenes satelitales obtenidas con SPOT Vegetation (Gond *et al.*, 2011) y en los tipos de paisaje geomorfológicos (Guitet *et al.*, 2013), considerados como indicadores de la variabilidad regional de los ecosistemas forestales (Guitet, Hérault *et al.*, 2015).

Por otra parte, el inventario denominado “Kyoto” tenía como objetivo proporcionar información sobre los cambios de uso de la tierra entre 1990, 2008 y 2012. Llevado a cabo en 2014 por la ONF y el IGN (Lefèbvre y Verger, 2014), se trata de un inventario sistemático estratificado de una sola fase, que emplea únicamente la fotointerpretación de imágenes satelitales de Landsat y SPOT.

Por último, el IGN elaboró un mapa de vegetación de la Guayana Francesa muy detallado, con una resolución de 0,5 ha (IGN, 2018; Guitet, 2018). Este mapa se elaboró mediante la fusión de diferentes productos temáticos de la misma época y obtenidos a partir de imágenes de SPOT-6 y -7 (mapa de manglares, mapa de uso de la tierra y mapa de hábitats no forestales). Ha sido procesado a posteriori mediante fotointerpretación sobre la base de un mosaico de SPOT-7 y Pléiades del año 2015 para distinguir los diferentes tipos de bosque, según la tipología desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).



© ONF, Francia

CUADRO 16.1

Descripción histórica de los distintos inventarios realizados

Territorio	Inventario	Período de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
Guadalupe	Mapa de vegetación	2017	Nacional	Ninguno; mapa de uso de la tierra <i>wall-to-wall</i> basado en teledetección y fotointerpretación	No procede
Martinica	Mapas de uso de la tierra	2017	Nacional	Ninguno; mapa forestal <i>wall-to-wall</i> basado en teledetección (imágenes aéreas de 10 cm de resolución) y fotointerpretación	No procede
Guayana Francesa	Inventario "au millième"	1962 a 1970	Subnacional	Transectos lineales espaciados regularmente de norte a sur desde la zona costera hasta 145 km hacia el interior, abarcando 3 053 800 ha	25 transectos lineales temporales de longitud variable y divididos irregularmente respecto al basamento geológico Tasa de muestreo 0,1%
	Inventario "papetier"	1972 a 1976	Subnacional	Muestreo sistemático a lo largo de transectos regularmente espaciados en 14 bloques independientes de 20 000 ha a 78 000 ha, abarcando 546 900 ha	Parcelas de 0,5 ha de 25 m por 200 m, espaciadas cada 200 m a 400 m a lo largo del transecto Tasa de muestreo del 0,2% al 0,8%
	Inventario "de los habitats"	2006 a 2014	Nacional	Diseño estratificado basado en un modelo y a múltiples escalas	3 132 parcelas de 0,2 ha en 111 transectos lineales en 33 sitios Tasa de muestreo 0,013 %
	Inventario "Kyoto"	2014	Nacional	Muestreo sistemático estratificado de una sola fase limitado a los datos de teledetección en tres años diferentes (1990, 2008 y 2012)	20 500 parcelas circulares fotointerpretadas de 0,5 ha
	Mapa forestal	2018	Nacional	Ninguno; mapa forestal <i>wall-to-wall</i> basado en teledetección y fotointerpretación (Pléiades y SPOT-7)	No procede

16.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para la presentación de informes a la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés), se han armonizado las definiciones y los umbrales entre los territorios de ultramar y la Francia metropolitana (ver el Cuadro 16.2). Sin embargo, en Francia metropolitana, el umbral mínimo de DAP es inferior (7,5 cm); y lo que es más importante, a diferencia de la Guayana Francesa, Martinica y Guadalupe, la evaluación de FRA se basa en un diseño de muestreo en dos fases que utiliza mediciones sobre el terreno.

Superficie

Según los criterios internacionales de FRA, "bosque" se define como tierras que se extienden por más de 0,5 ha, con una cobertura de copas superior al 10% y árboles de una altura superior a 5 m (FAO, 2018). Incluye las plantaciones y el rebrote natural en

minas clausuradas (donde la reconstitución forestal es una obligación jurídica). Esta definición excluye el rebrote de especies leñosas en zonas de agricultura tradicional y convencional (ya que la agricultura local incluye los barbechos), que constituyen "otras tierras". "Otras tierras boscosas" incluye la vegetación arbustiva natural, pero también las zonas no boscosas de las minas abandonadas (Guayana Francesa). La información respecto a las superficies solo procede de mapas en los que no se pueden evaluar adecuadamente todos los criterios necesarios para definir el bosque. Se desconoce la incertidumbre de los valores generados y los probables sesgos.

Volumen

El volumen se define como volumen del tronco de todos los árboles vivos con un diámetro superior a 10 cm a la altura del pecho o por encima de los contrafuertes si éstos son más altos (relevante sobre todo para la Guayana Francesa). Incluye el volumen del tronco desde el nivel del suelo o a la altura del

tocón, hasta los 7 cm de diámetro (parte superior del tronco). En la Guayana Francesa, el volumen de los troncos entre 10 cm y 17,5 cm de diámetro se estima a partir del inventario “papetier” como una fracción constante del 15% del volumen de los troncos superior a 17,5 cm, que se calcula a nivel del árbol gracias a modelos de volumen (Gazel, 1983) y se añade como corresponde. En el Caribe, la estimación es aún menos precisa y se lleva a cabo de acuerdo con las decisiones de los expertos.

Biomasa

La biomasa corresponde a la biomasa por encima del suelo de todos los árboles vivos con un diámetro superior a 10 cm a la altura del pecho. En la Guayana Francesa, se ha utilizado la ecuación global de Chave *et al.* (2014). En las islas del Caribe, la biomasa se estima a partir de valores inciertos proporcionados por expertos (Durrieu de Madron, 2008).

16.3 DISEÑO DEL MUESTREO PARA LA GUAYANA FRANCESA

La evaluación actual de los recursos forestales de la Guayana Francesa y el Caribe no se basa en inventarios diseñados mediante muestreo. De hecho, las últimas superficies forestales reportadas se basan en enfoques de mapeo simples basados en los mejores datos de teledetección disponibles. La Figura 16.1 ilustra los mapas obtenidos siguiendo este enfoque en Martinica.

Las estrategias de muestreo para los territorios franceses de ultramar aún se deben definir, examinar y contrastar una vez que se haya tomado una decisión respecto de su aplicación.

Los diseños de muestreo como tales solo se han empleado en la Guayana Francesa; estos se han limitado en espacio o se han restringido a una única fase fotointerpretada sin evaluación de campo (ver la Figura 16.2).

FIGURA 16.1

Mapa de la cobertura vegetal de Martinica



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 16.2

Definiciones utilizadas para aplicar el informe de Evaluación de los recursos forestales mundiales en 2020

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Tierras que se extienden por más de 0,5 hectáreas dotadas de árboles de una altura superior a 5 metros y una cobertura de copa superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura <i>in situ</i> . No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.	Superficie \geq 0,5 ha Cobertura de copa \geq 10% Altura del árbol \geq 5 m
Volumen	Volumen del tronco de todos los árboles vivos con un diámetro superior a 10 cm a la altura del pecho (DAP) o por encima de los contrafuertes si éstos son más altos. Esto incluye el volumen del tronco desde el nivel del suelo o a la altura del tocón, hasta los 7 cm de diámetro (parte superior del tronco).	DAP \geq 10 cm Límite superior del tronco: 7 cm
Biomasa	Biomasa por encima del suelo de todos los árboles vivos de más de 10 cm de DAP	DAP \geq 10 cm

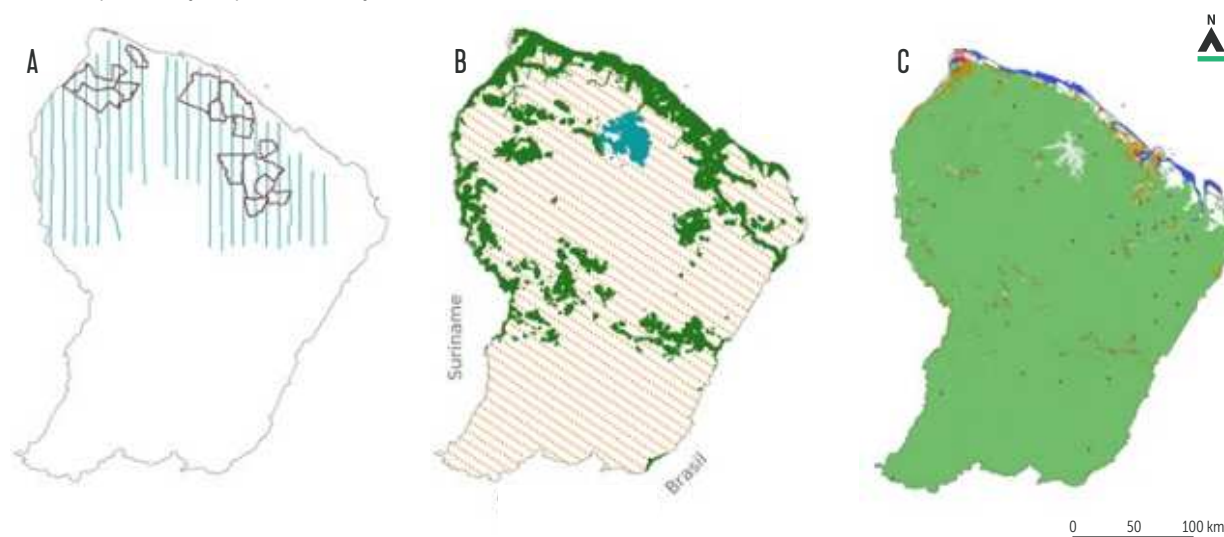
Fuente: FAO (2018).

A continuación, se presenta una breve descripción de las últimas evaluaciones:

- Inventario “papetier” (Figura 16.2, mapa A): Un total de 14 bloques independientes que van de 20 000 ha a 78 000 ha y que en conjunto abarcan 546 900 ha. En cada bloque se estableció y organizó un muestreo sistemático regular gracias a transectos regularmente espaciados, a lo largo de los cuales también se instalaron parcelas de manera regular. La distancia entre los transectos (1 050 m, 1 550 m, o 3 100 m) y entre las parcelas a lo largo de los transectos (200 m o 400 m) varió entre los bloques, pero se mantuvo fija para uno determinado. Se han elaborado estimaciones posestratificadas (Guitet *et al.*, 2014).
- Inventario “Kyoto” (Figura 16.2, mapa B): Las estimaciones basadas en el diseño (totales e intervalo de confianza) se calcularon mediante un muestreo sistemático estratificado en una sola fase (solo fotointerpretado). El territorio se dividió en tres estratos con dos intensidades de muestreo basadas en una malla cuadrada común de 466 m. En dos de estos estratos (R, para reforzado donde se esperan cambios importantes, y P, para Petit Saut, una zona de amortiguación alrededor de la gran cuenca de la presa hidroeléctrica de Petit Saut), se seleccionó un punto de cada cuatro, resultando en una malla cuadrada de 932 m, mientras que en el otro (N, para el estrato normal), la malla era rectangular, con unas dimensiones de 8 388 m por 4 194 m. La interpretación se realizó sobre la misma muestra durante tres años diferentes (1990, 2008 y 2012) para calcular los cambios de uso de la tierra. Este trabajo se realizó utilizando las mejores fuentes de teledetección disponibles en las diferentes fechas. Por lo tanto, la interpretación se realizó sucesivamente con Landsat Thematic Mapper en 1990, SPOT-2, -4 y -5 en 2008, y SPOT-5 en 2012. En total, se seleccionaron 20 499 puntos y la fotointerpretación se llevó a cabo en parcelas circulares de 5 000 metros cuadrados (m²) (Lefèbvre y Verger, 2014).
- Inventario “de los hábitats” (Figura 16.2, mapa C): Un total de 33 sitios distribuidos por todo el territorio después de una estratificación, los cuales no fueron seleccionados al azar. Se eligieron de dos a cuatro transectos que partían del punto escogido en diferentes direcciones para representar mejor la variabilidad local (Guitet, Brunaux *et al.*, 2015).

FIGURA 16.2

Inventarios parciales y mapas en la Guayana Francesa



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Notas: A: Antiguos inventarios, donde las líneas azules corresponden al inventario “au millièbre” y los polígonos de color café son los bloques de los inventarios “papetier”. B: En el inventario “Kyoto”, los colores diferencian los tres estratos (normal en naranja, reforzado en verde y específico del Petit Saut en azul). C: En el mapa de vegetación de 2018, los puntos del inventario “de los hábitats” aparecen en color violeta. Los bosques están en verde; los manglares en azul; el rojo corresponde a las cubiertas artificiales; y el naranja a las tierras agrícolas

Fuente: Elaboración propia.

16.4 DISEÑO DE LA UNIDAD DE MUESTREO

En esta sección se describen las diferentes parcelas de campo utilizadas en los inventarios con base en muestreo de la Guayana Francesa, que fueron enumeradas en la sección anterior:

- Inventario “papetier”: parcelas rectangulares de 0,5 ha de 25 m de ancho y 200 m de largo, ubicadas cada 200 m a 400 m a lo largo de transectos (Guitet *et al.*, 2014); ver la Figura 16.3.
- Inventario “de los hábitats”: parcelas rectangulares de 0,2 ha no permanentes pertenecientes a los 33 sitios distribuidos por todo el territorio. En cada sitio se abrieron de dos a cuatro transectos de 3 km de longitud en diferentes direcciones para representar la diversidad geológica y topográfica del lugar. Cada transecto de 20 m de ancho se dividió en segmentos de 100 m, de modo que las unidades básicas de muestreo fueron parcelas de 0,2 ha, anidadas dentro de los transectos, que a su vez estaban anidados dentro de los sitios. Se identificaron todos los árboles (incluidas las palmeras) de más de 17,5 cm de DAP (a una altura de 1,3 m o por encima de los contrafuertes) utilizando una nomenclatura vernácula estandarizada y perfeccionada para que correspondiera con especies, géneros o familias botánicas (Guitet *et al.*, 2014).

Esta nomenclatura demostró tener un 83% de precisión a nivel de familia y un 74% de precisión a nivel del equivalente botánico más preciso de los nombres vernáculos (es decir, el nivel de especie, género o familia) dependiendo de la precisión alcanzada para el nombre vernáculo (Guitet *et al.*, 2014).

Los diámetros se midieron por clases de 5 cm (por ejemplo, 20 cm para diámetros entre 17,5 y 22,5, etc.). La altura y el diámetro exacto se estimaron mediante alometrías calibradas en parcelas de investigación permanentes (Guitet, Hérault *et al.*, 2015).

- Inventario “Kyoto”: parcelas circulares de 0,5 ha. No se realizaron mediciones sobre el terreno.

16.5 CÁLCULO DE LA SUPERFICIE, EL VOLUMEN Y LA BIOMASA

Con respecto a los cálculos empleados para la superficie, el volumen y la biomasa, la situación difiere ampliamente entre las dos principales regiones examinadas aquí (ver el Cuadro 16.3).

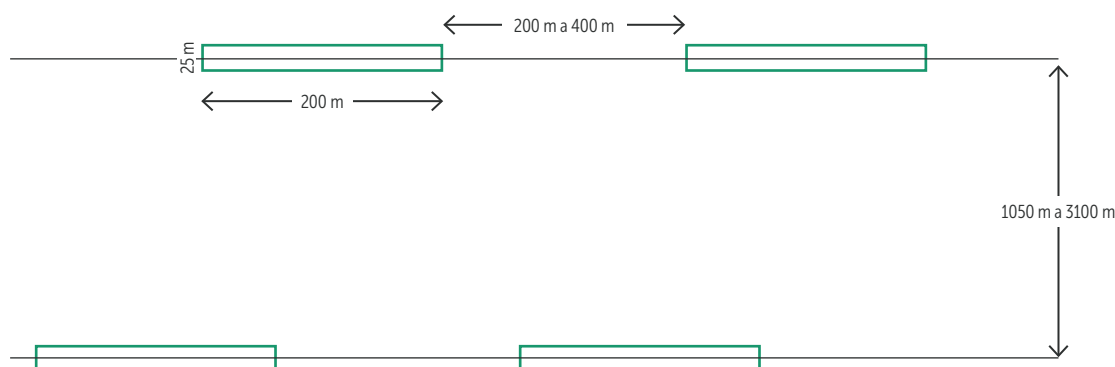
16.5.1. CÁLCULO DE LA SUPERFICIE

Islas del Caribe

El cálculo de la superficie forestal en las islas del Caribe está basado en un enfoque cartográfico. Los diferentes mapas elaborados han aplicado la definición internacional de bosques de FRA

FIGURA 16.3

Configuración de la unidad de muestreo del inventario “papetier”



Nota: Parcelas rectangulares de 25 metros por 200 metros ubicadas cada 200 a 400 metros a lo largo de un transecto lineal.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 16.3

Ecuaciones empleadas para calcular el volumen y la biomasa/carbono

País/región	Variable	Fuente de información	Referencia
Guadalupe y Martinica	Volumen total (m ³)	Valor constante por tipo de bosque (seis categorías)	Durrieu de Madron (2008)
	Biomasa (kg)	Biomasa por encima del suelo: valor constante por tipo de bosque (73 t/ha)	Durrieu de Madron (2008)
Guayana Francesa	Volumen total (m ³)	Estimación en base a un modelo	Ecuaciones para calcular el volumen de los árboles: Gazel (1983) Estimación: Guitet, Hérault <i>et al.</i> (2015)
	Biomasa (kg)	Estimación en base a un modelo (mapa)	Ecuación alométrica para estimar la biomasa: Chave <i>et al.</i> (2014) Estimación: Guitet, Hérault <i>et al.</i> (2015)
Todos	Carbono	Fración constante del 47% o 47,5% de la biomasa	Elección de los expertos

de la FAO, por cuanto este trabajo es posible gracias a la fotointerpretación y a la utilización de diversas fuentes de teledetección. Para Martinica y Guadalupe, al menos, se han realizado algunas operaciones de control terrestre para validar los cálculos de superficie con mayor incertidumbre. Hasta la fecha, no se dispone de ningún error de estimación.

Guayana Francesa

En este territorio, las superficies se han evaluado solo una vez aplicando un enfoque de muestreo (Lefebvre y Verger, 2014). Sin embargo, a efectos de la presentación de informes a FRA, se ha optado por hacer referencia a un mapa de vegetación del año 2015 (Guitet, 2018).

16.5.2. VOLUMEN Y BIOMASA**Islas del Caribe**

El volumen y la biomasa se han obtenido a partir de los valores promedio por unidad de superficie propuestos por Durrieu de Madron (2008) y basados en un conjunto limitado de parcelas experimentales. El cálculo fue realizado por expertos locales, por lo que representa una primera aproximación a los recursos forestales y no se puede considerar una estimación adecuada.

En relación con la biomasa, los valores aproximados de Durrieu de Madron están potencialmente sobreestimados si se comparan con los de otro estudio local. No obstante, estos valores se conservaron en este documento para mantener la coherencia con los informes de FRA.



© ONF, Francia

En conclusión, para todas las islas del Caribe, los valores informados se obtienen de forma simple, a través de conjuntos de coeficientes proporcionados por expertos a partir de una superficie forestal cartografiada. Ninguno de estos enfoques constituye un proceso de estimación fiable, robusto y confiable.

Guayana Francesa

Para inferir el volumen y la biomasa de los bosques de la Guayana Francesa, se han utilizado dos fuentes de datos de campo:

- El inventario “papelier”, realizado por el CTFT entre 1972 y 1976, constituye un diseño de muestreo sistemático estratificado con parcelas de 0,5 ha (25 m por 200 m) ubicadas cada 200 m o 400 m a lo largo de transectos a intervalos de 1 050 m, 1 550 m o 3 100 m. La región de muestra, de 546 900 ha, fue situada en el norte del territorio, a lo largo de la línea costera. El umbral del DAP varió entre los estratos de 10 cm a 20 cm. Se han distinguido un total de 290 especies o grupos de especies. Los modelos de volumen se ajustaron a partir de 534 árboles cortados (de 10 cm a 80 cm de DAP).
- El inventario “de los hábitats” (2006-2014) fue realizado por la ONF en 33 sitios repartidos por todo el territorio, estratificados por unidades geomorfológicas. Las posiciones de los sitios se seleccionaron de ese modo para que sean representativas y accesibles. El volumen calculado en estos sitios se ha inferido a partir de un conjunto de cálculos locales (Gazel, 1983). El volumen se calcula para todos los árboles con un DAP de 17,5 cm o superior como el volumen del tronco por encima del tocón. Se excluye la parte superior del tronco (que mide menos de 7 cm).

La biomasa forestal se estimó en el año 2015 empleando un enfoque basado en un modelo en dos estudios específicos (Guitet, Hérault *et al.*, 2015) que combinan las mediciones sobre el terreno de los dos inventarios mencionados anteriormente y los datos de teledetección. El mapa obtenido abarca todo el territorio. La biomasa arbórea utilizada para ajustar los modelos se calculó utilizando la ecuación alométrica para bosques tropicales de Chave *et al.* (2014). El mapa de biomasa, combinado con el mapa de tipos de bosque, contribuyó a proporcionar los valores promedio de biomasa (toneladas por hectárea) utilizados en el informe FRA 2020 y transformados posteriormente en toneladas de carbono por hectárea.

16.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL MÁS RECIENTE

Tal como se explicó en el apartado 16.1, ninguno de los territorios ha contado con un inventario forestal adecuado. Los resultados que se presentan aquí son los proporcionados para FRA 2020 y se han elaborado mediante la combinación de múltiples enfoques. En las islas del Caribe, las superficies forestales se obtienen directamente de los mapas y posteriormente se transforman en volumen, biomasa y carbono gracias a conjuntos de coeficientes constantes. No se proporcionan estimaciones de error, ya que no se pueden inferir a partir de estos enfoques no estadísticos.

En consecuencia, los resultados que se muestran en el Cuadro 16.4 no son totalmente fiables. Representan un primer intento aproximado de proporcionar órdenes de magnitud, pero ciertamente no son estimaciones.

CUADRO 16.4

Resultados del ciclo de inventarios forestales más reciente

País/región	Variable	Resultado	Descripción
Guadalupe	Superficie (1 000 ha)	72,1	Valores de 2017
	Volumen (millones de m ³)	26,5	
	Biomasa (t/ha)	347	Biomasa por encima del suelo
	Carbono (t/ha)	165	47,5% de la biomasa
Martinica	Superficie (1 000 ha)	51,7	Valores de 2017
	Volumen (millones de m ³)	14,4	
	Biomasa (t/ha)	306	Biomasa por encima del suelo
	Carbono (t/ha)	145	47,5% de la biomasa
Guayana Francesa	Superficie (1 000 ha)	8 020	Valores de 2015
	Volumen (millones de m ³)	2 646	
	Biomasa (t/ha)	365	Biomasa por encima del suelo
	Carbono (t/ha)	171,6	47% de la biomasa por encima del suelo

16.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Hasta la fecha no se ha realizado ningún control de calidad. Sin embargo, las nuevas misiones realizadas entre 2015 y 2022 como seguimiento del inventario “de los hábitats” facilitarán la evaluación de la exactitud de las predicciones dentro de unos años, especialmente para las estimaciones de la biomasa.

16.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES RECOLECTADAS

En la Guayana Francesa se han realizado trabajos significativos para describir los tipos de bosque, los hábitats y la fauna que habita en ellos en el inventario “de los hábitats” recientemente llevado a cabo y el que está en curso, incluyendo:

- propiedades físicas y químicas medidas en muestras de suelo y canteras;
- vegetación del sotobosque muestreada en parcelas de 25 m²;
- índice kilométrico de abundancia para determinar la cantidad de grandes mamíferos y aves calculado en transectos lineales;
- parámetros del dosel (apertura, altura, huecos) y estructuras del sotobosque (densidad de las palmeras).

Este trabajo ha generado un catálogo de hábitats forestales (Guitet, Brunaux *et al.*, 2015) y el mapa correspondiente, que se utilizó además para obtener el mapa de biomasa (Guitet, Hérault *et al.*, 2015).

El carbono del suelo se evaluó mediante muestras de suelo y análisis de canteras en el laboratorio. Se ha producido una estimación basada en un modelo a nivel de territorio (Guitet, 2015). También se han elaborado mapas de carbono del suelo en Martinica utilizando un mapa vectorial de suelos y usos de la tierra con resoluciones no especificadas (Blanchard y Bernoux, 2005).

16.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

Como se explica en la introducción, actualmente no existe ningún inventario forestal con base estadística en los territorios franceses de América

Latina y el Caribe, a pesar de que la implementación de dichos inventarios está prevista por la ley desde 2014.

En 2018, un estudio específico del IGN describió los posibles enfoques que se podrían implementar. El informe (IGN, 2018) propone una respuesta en tres pasos:

1. mapa con curvas de nivel del bosque con la posible identificación de los diferentes tipos de bosque;
2. mapa completo de uso de la tierra que abarque no solo los bosques, sino todo el territorio;
3. inventario forestal con base en muestreo.

En todos los territorios examinados en este capítulo, la primera fase se ha completado al menos una vez y, en algunos casos, se ha llevado a cabo con mayor frecuencia. El segundo paso se ha llevado a cabo en Martinica y está en curso en Guadalupe. Sin embargo, el tercer paso, correspondiente a un IFN propiamente tal, todavía no existe en todos los territorios y aún no se ha iniciado.

No obstante, la situación difiere notablemente entre las regiones. En el Caribe, la realización de un inventario forestal no es un tema relevante, ya que la superficie forestal está delimitada y la mayoría de las zonas son fácilmente accesibles, aunque a veces sean muy escarpadas. De este modo, se puede prever un plan de muestreo sistemático clásico en dos fases, comparable a lo que se hace en la Francia metropolitana. Su aplicación práctica pasa principalmente por una decisión política a fin de poder disponer de los recursos financieros necesarios para su realización.

En la Guayana Francesa, la situación es mucho más compleja, como bien se sabe en los países vecinos que ya han iniciado dicho inventario. En efecto, la gran diversidad y la escasa accesibilidad a los bosques amazónicos conducirán sin duda a un número limitado de parcelas de mayor tamaño y generalmente organizadas en grupos. El enfoque clásico basado en el diseño de los inventarios forestales puede no ser aplicable en este territorio. Todavía no se ha iniciado ningún estudio específico, pero la valiosa experiencia de los otros países será esencial para trabajar en el plan de muestreo, armonizar los métodos y garantizar la comparabilidad de los resultados que se obtengan.

REFERENCIAS

- Blanchard, E. y Bernoux, M.** 2005. *Déterminants des stocks de carbone des sols des petites Antilles (Martinique, Guadeloupe). Alternatives de séquestration du carbone et spatialisation des stocks actuels et simulés*. París, Instituto Francés de Investigación para el Desarrollo. (disponible en: <https://librairie.ademe.fr/produire-autrement/576-determinants-des-stocks-de-carbone-des-sols-des-petites-antilles-martinique-guadeloupe.html>).
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A. et al.** 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10): 3177-3190. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>).
- Durrieu de Madron, L.** 2008. *Expertise sur les références dendrométriques nécessaires au renseignement de l'inventaire national de gaz à effet de serre pour les forêts de la Guadeloupe, de la Martinique et de la Réunion*. Nogent-sur-Marne (Francia), ONF International.
- FAO.** 2018. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2020: Términos y Definiciones*. Documento de Trabajo No. 188 de la Evaluación de Recursos Forestales. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/I8661Es/i8661es.pdf).
- Gazel, M.** 1983. *Croissance et productivité des peuplements en forêt dense équatoriale en Guyane*. París, Oficina Nacional de Bosques.
- Guitet, S.** 2015. *Diversité des écosystèmes forestiers de Guyane française : distribution, déterminants et conséquences en termes de services écosystémiques* (tesis de doctorado). Biodiversité et Écologie, Université de Montpellier. (disponible en: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01233446>).
- Guitet, S.** 2018. *Production de données forestières sur les territoires ultramarins. Constitution de la Brique 1 Guyane – Etude technique de faisabilité*. Saint-Mandé (Francia), Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal.
- Guitet, S., Brunaux, O., de Granville, J.-J., Gonzales, S. y Richard-Hansen, C.** 2015. *Catalogue des habitats forestiers de Guyane*. Cayena, DEAL Guyane. (disponible en: https://inpn.mnhn.fr/docs/ref_habitats/Catalogue_des%20habitats_forestiers_de_Guyane%202015.pdf).
- Guitet, S., Cornu, J.-F., Brunaux, O., Betbeder, J., Carozza, J.-M. y Richard-Hansen, C.** 2013. Landform and landscape mapping, French Guiana (South America). *Journal of Maps*, 9(3): 325-335. (disponible en: <https://doi.org/10.1080/17445647.2013.785371>).
- Guitet, S., Héroult, B., Molto, Q., Brunaux, O. y Couteron, P.** 2015. Spatial structure of above-ground biomass limits accuracy of carbon mapping in rainforest but large scale forest inventories can help to overcome. *PLOS One*, 10(9): e0138456. (disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138456>).
- Guitet, S., Riera, B., Jallais, A., Kemavo, A., Mobaied, S., Rudant, J.-P. y Lalanne A.** 2017. *CARTHAFORUM: Mission sur la faisabilité d'une cartographie régulière des habitats forestiers ultramarins et du suivi des évolutions*. París, GIP ECOFOR y Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. (disponible en: <http://docs.gip-ecofor.org/public/RapportCarthaforum.pdf>).
- Guitet, S., Sabatier, D., Brunaux, O., Héroult, B., Aubry-Kientz, M., Molino, J.-F. y Baraloto, C.** 2014. Estimating tropical tree diversity indices from forestry surveys: A method to integrate taxonomic uncertainty. *Forest Ecology and Management*, 328: 270-281. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.05.045>).
- Gond, V., Freycon, V. Molino, J.-F., Brunaux, O., Ingrassia, F., Joubert, P., Pekel, J.-F. et al.** 2011. Broad-scale spatial pattern of forest landscape types in the Guiana Shield. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(3): 357-367. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.01.004>).
- Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal (IGN).** 2018. *Production de données forestières sur les territoires ultramarins – Rapport final d'exécution*. París, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt.
- Ley N.º 2014-1170.** Asamblea Nacional y Senado, París, Francia, 13 de octubre de 2014. (disponible en: www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000029573022/).
- Lefèbvre, J.-P. y Verger, G.** 2014. *Suivi de l'occupation du sol et des changements d'occupation du sol en Guyane française entre 1990 et 2012*. Saint-Mandé (Francia), Instituto Nacional de Información Geográfica y Forestal, y Cayena, Oficina Nacional de Bosques.



SIGUIENTE CAPÍTULO
HONDURAS

Capítulo



HONDURAS

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE HONDURAS

Betina Elizabeth Salgado Hernández, Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Colonia Brisas de Olancho, Comayagüela, Francisco Morazán, Honduras

Fernando Danilo Padilla Duarte, Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre, Colonia Brisas de Olancho, Comayagüela, Francisco Morazán, Honduras

17.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE HONDURAS

A mediados de la década de 1960, se inició el primer Inventario Nacional Forestal, apoyado técnica y financieramente por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El enfoque principal de dicho inventario fue la evaluación del recurso forestal en función de las existencias de madera, con fines principalmente industriales (ICF, 2017a). Posteriormente, en Honduras se realizaron varios inventarios forestales incluyendo algunas regiones administrativas de interés para el desarrollo productivo; entre ellos están los realizados en 1983 por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en la región de La Mosquitia y el Inventario Forestal Nacional (INFONAC) de 1981, ejecutado con la colaboración de la Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI). Este último proyecto se realizó en la región central del país, donde además de desarrollar los modelos de volumen para bosque de coníferas y de algunas especies de latifoliadas, se cuantificó la producción forestal de esta región (AFE-COHDEFOR, 2005).

En el año 2005, Honduras fue uno de los países seleccionados para instalar un inventario forestal de ámbito nacional que combinara aspectos biofísicos y socioeconómicos sobre el uso de los bosques, impulsada por la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés) de la FAO. Este primer ciclo de medición fue denominado Evaluación Nacional Forestal de Honduras (ENF), ejecutado por la Asociación Forestal del Estado, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR), que en la actualidad se denomina Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF). Dicho proceso fue realizado en coordinación con la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG). La ENF culminó en el año 2006, dejando como resultado el *Manual para el levantamiento de campo de la Evaluación Nacional Forestal* (AFE-COHDEFOR, 2005), que sirvió de base para los siguientes manuales de campo y, en general, para los posteriores ciclos de medición. Además, se generó el *Informe de resultados del inventario de bosque y árboles 2005-2006* (AFE-COHDEFOR, 2006), documentando todo el proceso de desarrollo metodológico, la operación y ejecución de la ENF, dando a conocer el estado de los ecosistemas de Honduras de acuerdo con los criterios, indicadores y variables establecidos para la ENF.

En el año 2010, se inició la planificación y ejecución del segundo ciclo de medición denominado Evaluación Nacional Forestal y de Biodiversidad (ENFB), liderado por el ICF, con el apoyo financiero de la Unión Europea a través del proyecto “Fortalecimiento de la gestión local de los recursos naturales en las cuencas de los Ríos Patuca, Choluteca y Negro” (FORCUENCAS) y del proyecto “Modernización del sector forestal de Honduras” (MOSEF), con la asistencia técnica de la oficina de Programas Internacionales del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América.

La ejecución de la ENFB se concluyó en el año 2015, generando productos de importancia para el país, tales como el *Manual de campo para el establecimiento de las unidades de muestreo y parcelas 2014-2015* (ICF, 2014a) y el instructivo de

procesamiento y análisis de datos denominado *Procedimientos de cálculos en la base de datos INF de Honduras* (ICF, 2016). Se generaron también informes de diferentes regiones del país sobre la biodiversidad evaluada. Finalmente, se elaboró el documento *Resultados de la Evaluación Nacional Forestal de Honduras* (ICF, 2017a), que permitió calcular las variables que evaluó la ENFB y también generar las tendencias para el periodo 2005-2015, considerando los resultados del primer y segundo ciclo de medición. En general, los resultados reflejaron el estado de los ecosistemas y sirvieron como insumos de apoyo en la toma de decisiones del sector forestal del país.

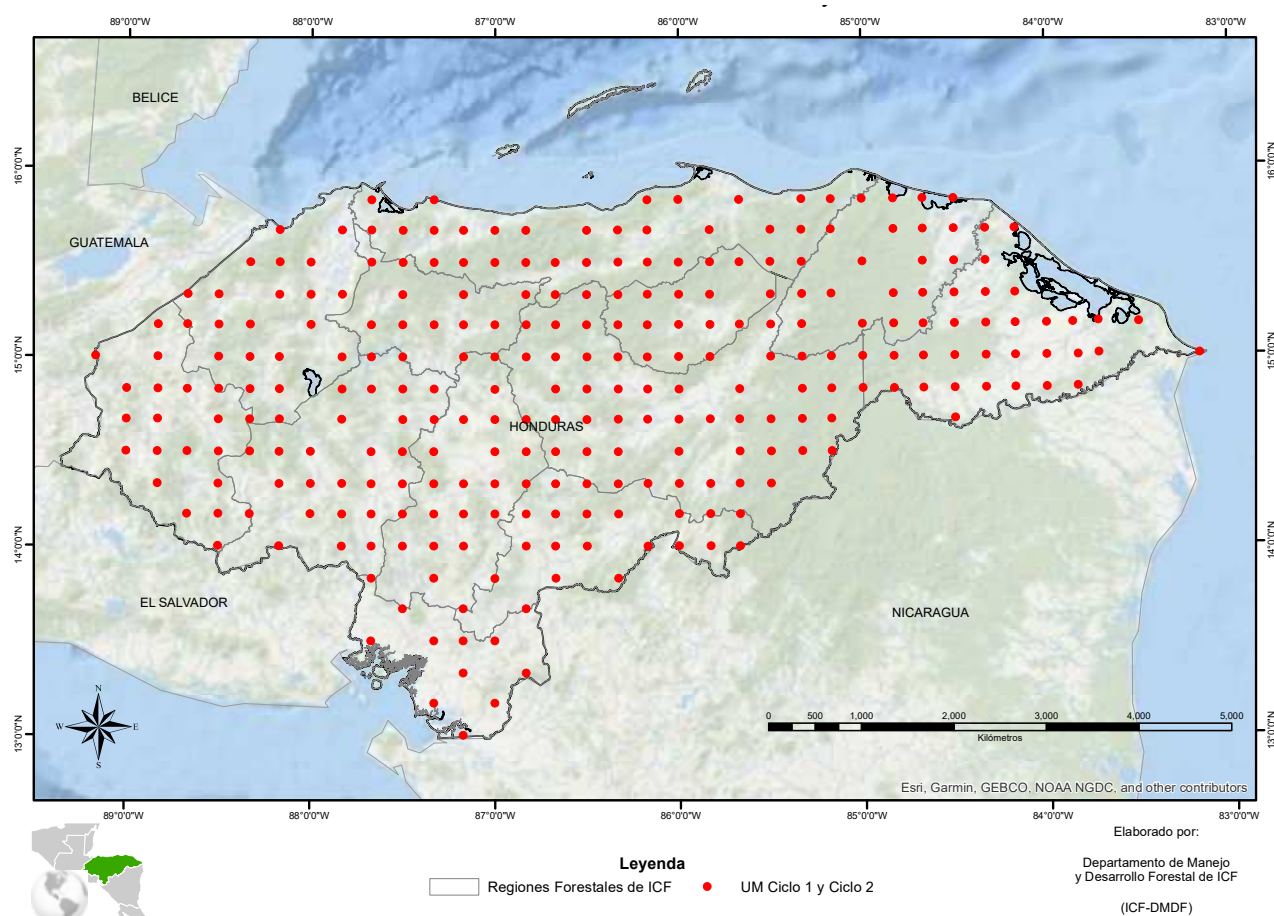
En ambos ciclos de medición, los resultados fueron enfocados en el cálculo de las variables establecidas para la ENF y la ENFB, las cuales están asociadas

a sus respectivos criterios e indicadores, que fueron adoptados del Proceso Centroamericano de Lepaterique desarrollado para la ordenación forestal sostenible (CCAD, 2004). De manera resumida, el inventario forestal nacional pretende evaluar los ecosistemas del país considerando criterios principales como su cobertura forestal, sanidad y vitalidad, funciones productivas, servicios ambientales, biodiversidad, mejoramiento de los beneficios sociales, económicos y culturales, así como el estado de plantaciones forestales y sistemas agroforestales.

Los resultados generados con los primeros dos ciclos de medición (ENF y ENFB) también formaron parte de las iniciativas y compromisos internacionales que tiene Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre

FIGURA 17.1

Mapa de unidades de muestreo de los ciclos 1 y 2 del Inventario Nacional Forestal



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia con base en ICF (2020).

el Cambio Climático (CMNUCC). Específicamente, las estimaciones de biomasa, carbono y dióxido de carbono (CO₂) fueron incluidas en la sección de factores de emisión del documento Nivel de Referencia Forestal de Honduras, presentado como documento de país en el marco de las acciones del mecanismo Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal (REDD+). Además, dicha información fue incluida para el sector del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS) del informe generado a través del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Honduras (INGEI).

El tercer ciclo de medición fue denominado Inventario Nacional Forestal (INF), liderado por el ICF. El INF fue planificado a desarrollarse entre los años 2017 y 2021; esto incluyó el establecimiento de un nuevo diseño de la metodología del INF, cuya base fue la actualización de las necesidades y demandas de información para el sector forestal. Este nuevo diseño tomó como base los datos de los dos ciclos de medición anteriores (ENF y ENFB). Para ello, se realizaron análisis estadísticos por parte de Programas Internacionales del Servicio Forestal de los Estados Unidos de América, referentes a los costos, tiempos y precisión del INF. Dichos análisis establecieron como recomendación el cambio de forma y tamaño de las parcelas que conformaban la unidad de muestreo (UM); asimismo, se redujo el número de variables asociadas a los criterios e indicadores del INF, debido a la dificultad que representa su colecta y análisis.

Pese al cambio generado, el tercer ciclo de medición contempla la evaluación de la mayor parte de las variables del Proceso Lepaterique, exceptuando las relacionadas a la biodiversidad de especies de fauna, tipificación de propietarios y comunidades, así como las técnicas y tecnologías en el aprovechamiento forestal. El nuevo diseño contempla el aumento del número de muestras a nivel nacional, incluyendo la remediación de las UM inventariadas en el primer y segundo ciclo de medición (Figura 17.1), a fin de poder monitorear la dinámica de cambios entre mediciones.

Para este tercer ciclo de medición, se logró la institucionalización del levantamiento, procesamiento, análisis y generación de reportes del INF; dicho proceso consiste en la coordinación y ejecución de actividades por parte del personal técnico del ICF. Parte de las ventajas de la nueva metodología incluye la reducción significativa de los costos de levantamiento de campo, considerando

que los dos ciclos de medición anteriores fueron ejecutados por consultores externos, lo que representaba una mayor inversión económica.

Por otra parte, durante el tercer ciclo, disminuyeron los tiempos de levantamiento de campo, hubo un aumento en la intensidad de muestreo, y se generó un sistema de monitoreo continuo, contribuyendo al desarrollo de capacidades del personal técnico de ICF. Además, ha sido posible generar reportes anuales, considerando que el proceso consiste en la recolección anual del 20% de la totalidad de UM durante los cinco años de duración del ciclo (2017-2021). En la Figura 17.2, se visualiza la distribución a nivel nacional de las UM para el tercer ciclo de medición.

Finalmente, el tamaño y forma de las UM permite la integración de la información de campo a los modelos basados en sistemas de información geográfica (SIG) y teledetección, generando productos de mayor precisión que incluyen estimaciones estadísticas a partir de datos de campo y el cálculo de superficies con su ubicación espacial a partir de imágenes satelitales. De manera general, estos cambios aportan en dar respuesta a las necesidades de información para la planificación estratégica a nivel nacional.

Además, permiten la integración de resultados en los procesos y compromisos internacionales que se tienen como país, tales como las Comunicaciones Nacionales (CN), INGEl, Informes Bienales de Actualización (IBA), contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), iniciativas en materia del mecanismo REDD+ (Nivel de Referencia Forestal y Sistema Nacional de Monitoreo de Bosques) y sus respectivos módulos de Medición, Reporte y Verificación (MRV).

En el Cuadro 17.1, se describen las principales características de los ciclos de medición de los inventarios nacionales forestales desarrollados en Honduras, así como los cambios que se han generado en el transcurso del tiempo.

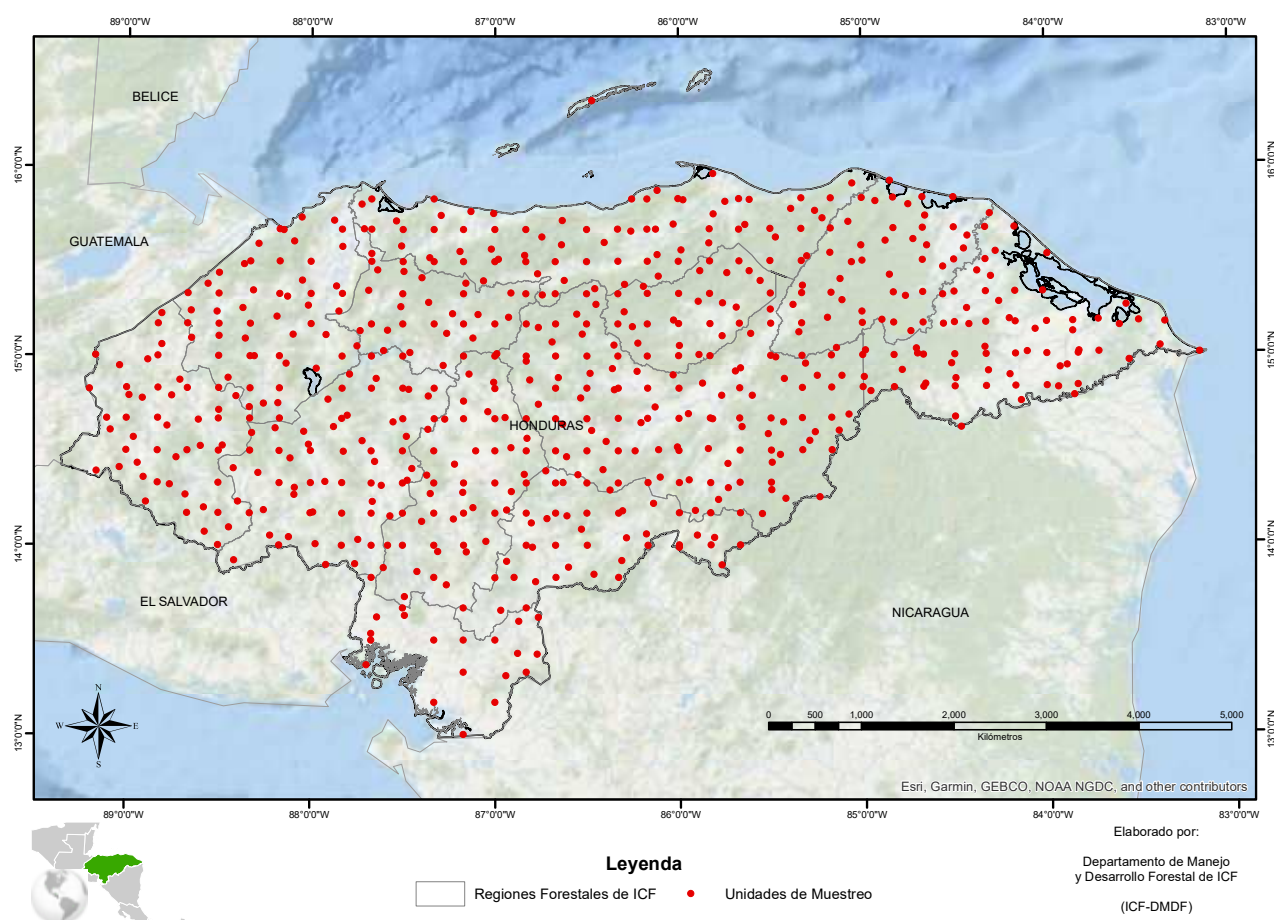
CUADRO 17.1

Descripción histórica de los inventarios nacionales forestales de Honduras

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo	Número de parcelas
ENF (ciclo 1)	2005-2006	Nacional	Sistemático	181	724
ENFB (ciclo 2)	2011-2015	Nacional	Sistemático	263	1 052
INF (ciclo 3)	2017-2021	Nacional	Aleatorio/balanceado	635	1 905

FIGURA 17.2

Mapa de la malla de unidades de muestreo del tercer ciclo de medición del Inventario Nacional Forestal



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia con base en ICF (2020).

17.1 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE HONDURAS

La definición de bosques para el Inventario Nacional Forestal de Honduras está adaptada de FRA 2000 (FAO, 1998), la cual ha sido utilizada desde el primer ciclo de medición en el año 2005.

También se desarrolló una clasificación más específica de los tipos de bosques, basada en estas clases globales de la FAO y en otras clases utilizadas en el país por instituciones públicas, privadas y proyectos. En el Cuadro 17.2, se muestran los términos y definiciones para bosque, árboles fuera de bosque, tipos de bosque, otras tierras boscosas y otras tierras.

CUADRO 17.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal de Honduras

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	<p>Es una asociación vegetal natural o plantada, en cualquier etapa del ciclo natural de vida, con árboles que alcanzan una altura superior a 5 metros (m), con una cobertura de dosel mayor del 10%, que se extienden por más de 0,5 hectáreas (ha) y un mínimo de 20 m de ancho, que con o sin manejo es capaz de producir bienes y servicios, ejercer influencias sobre el régimen de aguas, el suelo, el clima y proveer hábitat para la vida silvestre (FAO, 1998).</p> <p>El término excluye de manera específica las formaciones de árboles utilizados en sistemas de producción agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales y sistemas agroforestales. El término también excluye los árboles que crecen en parques y jardines urbanos. Nota: el ancho de 20 m debe cumplirse como distancia a la base de los árboles y no a las copas.</p> <p>Es importante también resaltar que para los fines del Inventario Nacional Forestal (INF) el área mínima de 0,5 ha debe estar conformada por un solo tipo de bosque (coníferas, latifoliado húmedo, seco, mixto, etc.). Por ejemplo, si se tiene un área con 0,6 ha en donde la mitad está formada por bosque de coníferas y la otra mitad por bosque latifoliado, estas áreas no se consideran bosque, sino áreas arboladas.</p>	<p>Superficie mínima: 0,5 ha</p> <p>Altura de árbol: ≥ 5 m</p> <p>Cobertura de dosel: $\geq 10\%$</p>
Bosque latifoliado siempreverde	Bosque en el que más del 75% de la cubierta arbórea está compuesta por especies de hoja ancha (FAO, 1998). Las hojas en los árboles se mantienen verdes durante todo el año y no presentan ningún grado de caducifolia o su caducifolia es mínima.	
Bosque seco	Son bosques con presencia de especies caducifolias y con espinas, existencia de cactus y especies como carbón, jícaros, guayacán, guanacaste entre otras. El régimen de lluvias está bien marcado con períodos prolongados de sequía y las temperaturas son altas (ICF, 2017b).	
Bosque de coníferas	Bosque en el que más del 75% de la cubierta arbórea consiste en especies de coníferas (FAO, 1998). Son áreas de bosque dominadas por pinos en diferentes estados de madurez.	
Bosque mixto	Bosque compuesto de especies latifoliadas y coníferas donde ninguna de ellas sobrepasa el 75% de la cobertura arbórea (FAO, 1998). Son áreas en donde se encuentra una combinación del pino con otras especies de hoja ancha, como robles, encinos, nance de montaña, etc. Debe tomarse en cuenta todos los estratos del bosque para identificar la dominancia de coníferas o latifoliadas. Pueden ser jóvenes o adultos.	
Bosque manglar	Bosque dominado por un grupo de especies típicamente arbóreas y arbustivas, que han desarrollado adaptaciones fisiológicas, reproductivas y estructurales que les permite colonizar sustratos inestables y áreas anegadas; sujetas a los cambios de las mareas en las costas tropicales y subtropicales protegidas por el oleaje (ICF, 2017b).	
Otras tierras boscosas	Terreno natural no clasificado como "bosque", de extensión superior a 0,5 ha; con árboles de más de 5 m de altura y/o capaces de alcanzar esta altura en la madurez, con una cubierta de copas del 5% al 10%; o pueden ser combinaciones de árboles, arbustos y matorrales (FAO, 1998).	<p>Superficie mínima: 0,5 ha</p> <p>Altura de árbol: ≥ 5 m</p> <p>Cobertura de dosel: entre 5% y 10 %</p>
Otras tierras	La tierra que no ha sido clasificada como bosque u otras tierras arboladas. Incluye tierras agrícolas, praderas naturales, terrenos con construcciones, tierras improductivas, etc. (FAO, 1998).	
Volumen	<p>Volumen sobre la corteza de todos los árboles vivos con un diámetro mínimo de 10 centímetros (cm) a la altura del pecho (o por encima del contrafuerte/soporte si este es más alto). Esto incluye el tronco desde el nivel del suelo hasta un diámetro mínimo de la parte superior de 0 cm, excluyendo las ramas (FAO, 1998). Honduras genera cálculos de volumen total de árboles por encima del suelo.</p> <p><i>Nota: Se realizan otros cálculos cuando es requerido, como el volumen comercial (hasta altura comercial), de tocones (altura ≤ 3 m) y madera muerta caída.</i></p>	<p>Diámetro a la altura del pecho (DAP) equivalente a 1,3 m sobre el nivel del suelo: ≥ 10 cm</p> <p>Diámetro superior: 0 cm.</p> <p>Incluye árboles vivos y muertos. Excluye ramas, ramillas, hojas, flores, semillas y raíces</p>
Biomasa	<p>La masa de la parte maderera (tallo, corteza, ramas) de los árboles, vivos y muertos, arbustos y matorrales. Incluye biomasa sobre la tierra, tocones y raíces (biomasa bajo tierra). Excluye hojas, flores, semillas (FAO, 1998).</p> <p><i>Nota: Honduras genera los cálculos de biomasa de manera separada, utilizando diferentes ecuaciones según el tipo de depósito (por encima del suelo, por debajo del suelo, tocones, madera muerta caída y hojarasca).</i></p>	

17.3 DISEÑO DE MUESTREO

El INF de Honduras consiste en un diseño de muestreo que toma como base el área total del país (112 492 kilómetros cuadrados [km²]). Mediante dicho diseño se realiza una evaluación de los recursos, mediante la colecta de información en áreas dentro y fuera de bosques, considerando que el manejo de estos recursos debe ser tomado en cuenta dentro del Plan Nacional de Ordenamiento Territorial (PNOT), lo cual implica contar con información actualizada de los recursos en todas las áreas productivas del país. Además, esta forma de evaluación también permite realizar un diagnóstico referente a la recuperación de ecosistemas forestales degradados (ICF, 2017b).

La distribución de las UM del INF se realizó de manera aleatoria y balanceada espacialmente, basándose en la metodología descrita en Lister y Scott (2009). El propósito fue el establecimiento de un muestreo que contemple una evaluación uniforme de los ecosistemas presentes en las 12 regiones forestales de ICF, obteniendo información de campo representativa de todas las coberturas del país. En la actualidad, el INF consiste en un total de 635 UM, las cuales están conformadas por tres parcelas circulares; de este total, aproximadamente el 43% son UM de remediación que fueron levantadas en el primer y segundo ciclo. En consecuencia, se cuenta con 271 UM comparables para hacer estimaciones de cambios y tendencias durante los tres períodos de medición.

La distribución de las UM para el tercer ciclo de medición del INF consistió en el desarrollo de una serie de pasos que se enlistan a continuación, según ICF (2017b):

- La superficie total (terrestre) del país se dividió en 6 350 polígonos irregulares (“polígonos Peanos”) de igual área equivalente a 1 755 ha; para ello, se utilizó un script desarrollado en lenguaje Python para el software ArcGIS. La cantidad de 6 350 polígonos es diez veces más que las UM a levantar en la tercera medición, lo cual se ha realizado de esta manera para asegurar que las UM que actualmente existen se relacionan uno a uno con los polígonos; además, es una decisión que puede apoyar un proceso de intensificación futura de UM del inventario.

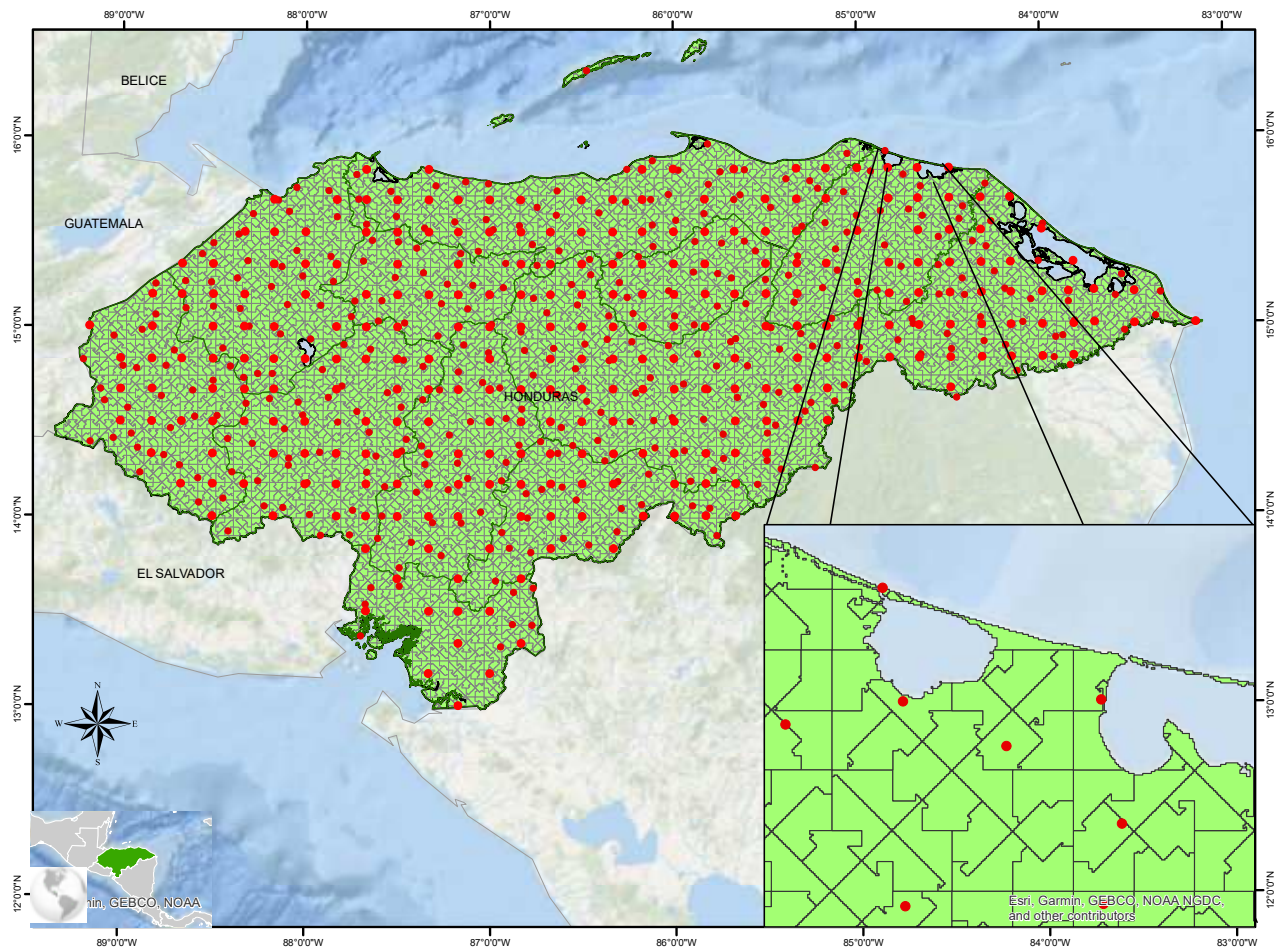
- En cada uno de los polígonos, se estableció de manera aleatoria un punto que potencialmente representa el centro de la primera de las tres parcelas que conforman la UM.
- Los polígonos donde se localizaban UM establecidas en la primera y segunda medición se tomaron como referencia para el establecimiento de las nuevas UM, considerando las coordenadas de la parcela 1 de dichas UM. Para ello, ICF cuenta con un registro en base de datos para verificar las UM medidas en los dos ciclos anteriores.
- Considerando que ya se tienen 271 UM, fue necesario seleccionar 364 puntos para ubicar las nuevas UM, con el fin de completar las 635 UM definidas para la tercera medición.
- Los 271 polígonos que ya tienen UM de la primera y segunda medición no fueron considerados para hacer el sorteo de las 364 UM adicionales, por lo que se tuvo un total de 6 079 polígonos disponibles. A partir de este número, se seleccionaron los 364 puntos adicionales distribuidos de manera espacialmente balanceada en todo el país. Es decir, que de manera sistemática se seleccionaron 1 de cada 16 polígonos; el primer polígono (1 a 16) se seleccionó de manera aleatoria. En la Figura 17.3, se visualiza la distribución de las UM.
- Una vez seleccionados los 635 puntos para establecer las nuevas UM, se procedió con la asignación de los años (1 a 5) en que deben de ser medidas cada una de ellas (ICF, 2017b).

La división de la muestra en cinco paneles fue realizada con el objetivo de distribuir las UM temporalmente, de manera que se realice el levantamiento del 20% de las muestras anualmente, pudiendo alcanzar el 100% al finalizar el quinto año, con el cual culmina el tercer ciclo de medición del INF. En la Figura 17.4, se observa la distribución de UM desde el año 2017 hasta el año 2021.

El INF de Honduras registra los tipos de coberturas identificados en campo, y a la vez incluye las etiquetas de los estratos del *Mapa forestal y cobertura de tierra de Honduras*, del cual se generan las cifras oficiales del país referentes a las superficies de los tipos de cobertura (ICF, 2014b). Esto permite al país generar estimaciones para ambos escenarios (campo y teledetección).

FIGURA 17.3

Mapa de distribución aleatoria y balanceada de las unidades de muestreo



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia con base en ICF (2020).

En el Cuadro 17.3, se refleja la distribución de UM de acuerdo con el *Mapa forestal y cobertura de tierra de Honduras*.

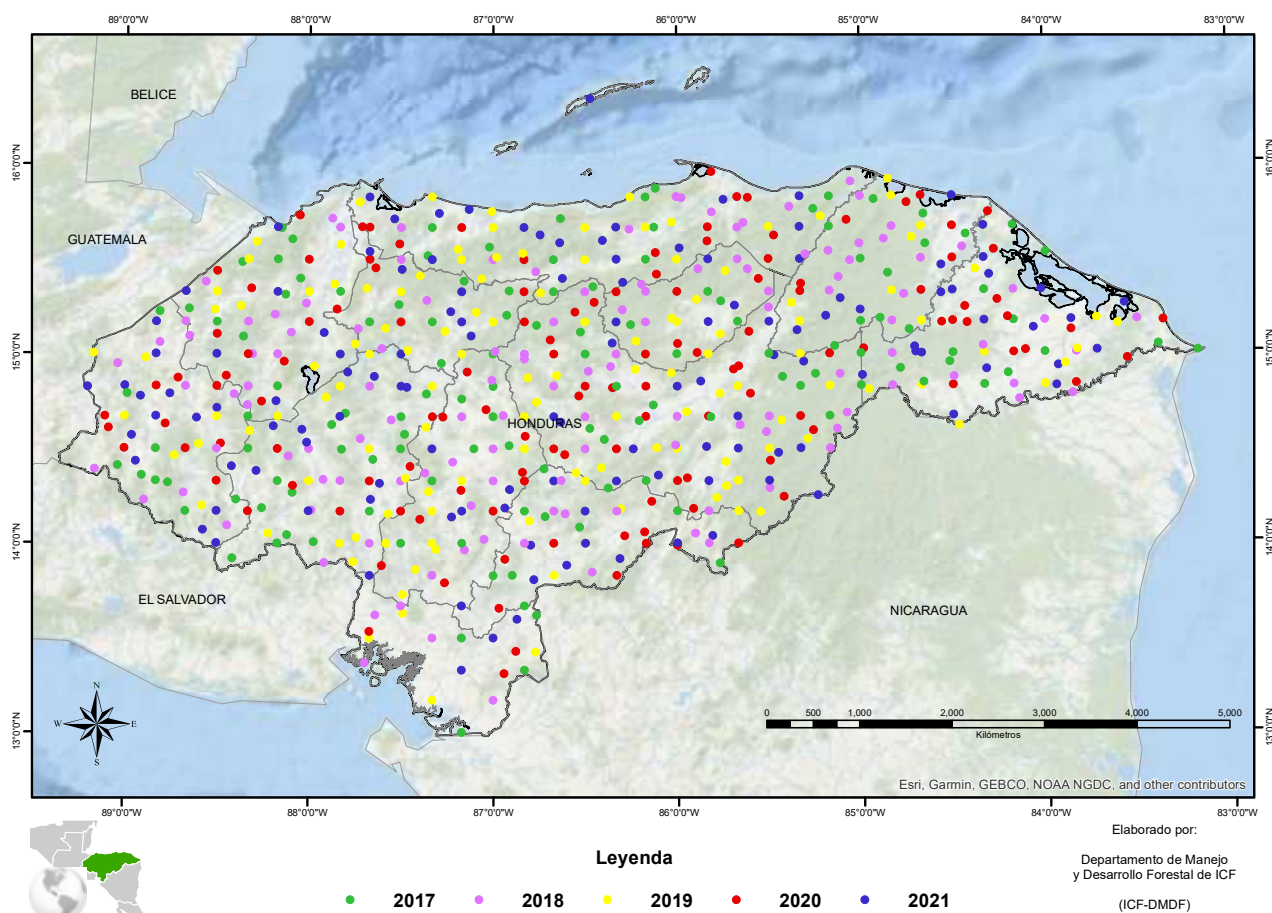
CUADRO 17.3

Características del diseño de muestreo

Nombre de la región	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo o parcelas			Total número de unidades de muestreo o parcelas
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Nacional	11 249,2	318 (UM) 954 (parcelas)	112 (UM) 335 (parcelas)	205 (UM) 616 (parcelas)	635 (UM) 1 905 (parcelas)

FIGURA 17.4

Mapa de paneles de medición del ciclo 3 del Inventario Nacional Forestal de Honduras



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia con base en ICF (2020).



© ICF, Honduras

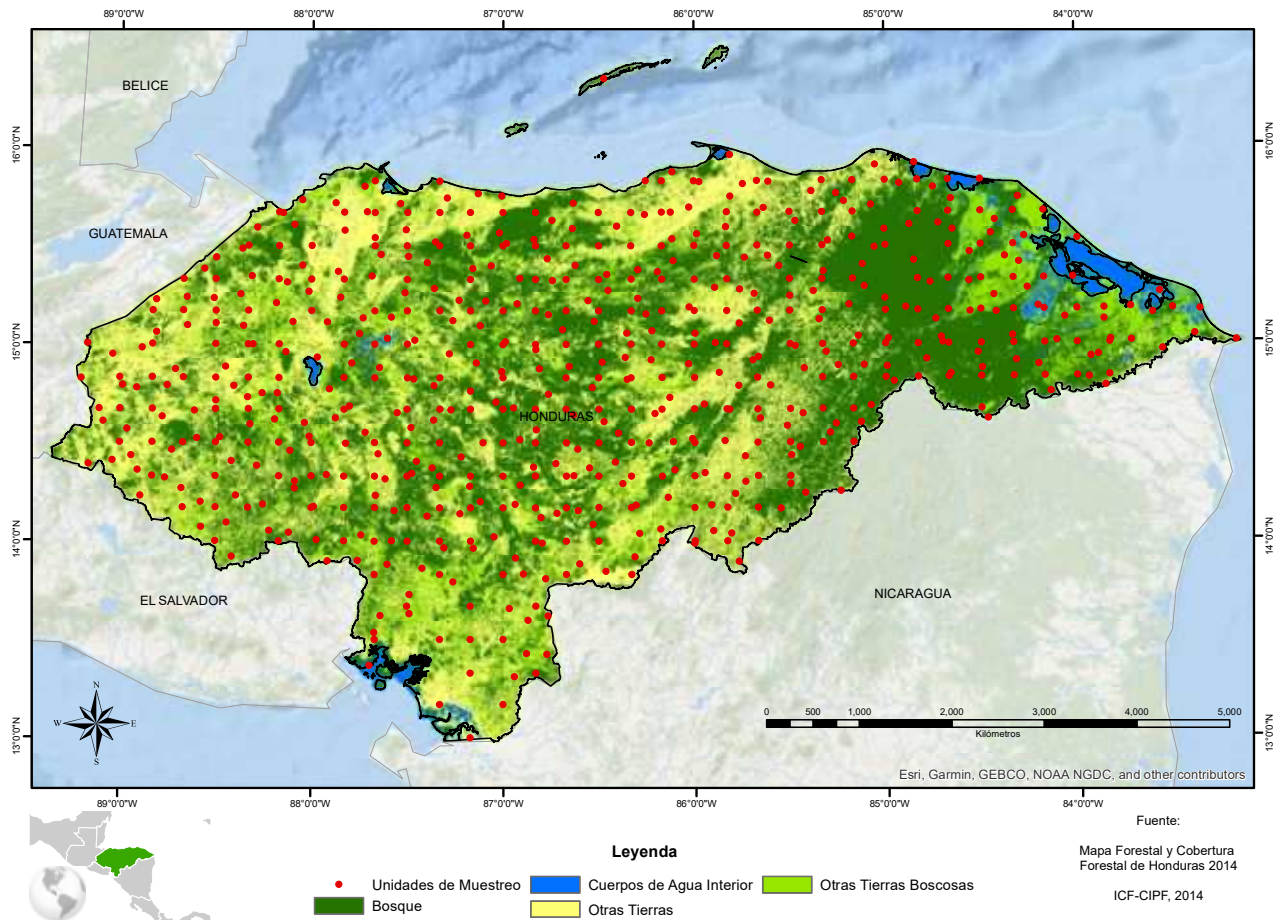
La distribución de las UM según los tipos de cobertura se visualiza en la Figura 17.5, localizando los sitios de medición dentro y fuera de áreas boscosas.

17.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

El diseño de la UM es un conglomerado conformado por tres parcelas circulares de estructura anidada, orientadas del sur hacia el norte y separadas por una distancia de 50 metros (m) entre los centros de cada parcela. Cada una de las parcelas cuenta con tres subparcelas circulares denominadas parcelas anidadas (PAN) con dimensiones y tipos de

FIGURA 17.5

Mapa de distribución de unidades de muestreo por tipo de cobertura



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia adaptando las categorías de la Evaluación de recursos forestales mundiales (FAO, 1998) al Mapa forestal y cobertura de tierra de Honduras (ICF, 2014b).

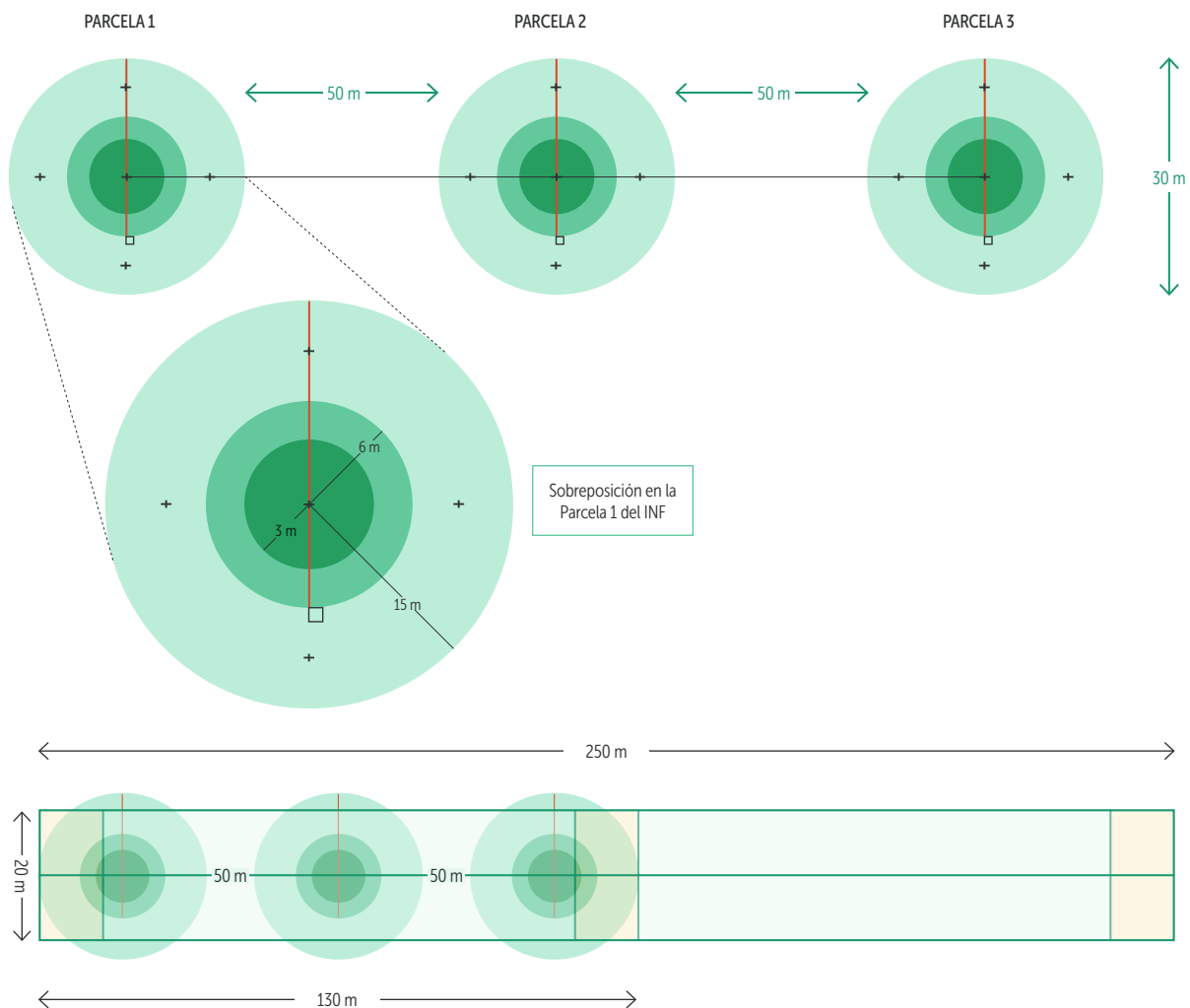
medición específicas. La PAN 1 consiste en un radio de 15 m, la PAN 2 tiene un radio de 6 m, y la PAN 3 un radio de 3 m, tal y como se visualiza en la parte izquierda de la Figura 17.6.

En el caso de las remediciones de las UM inventariadas en la primera y/o segunda medición, se realizaron en la primera parcela de las UM antiguas, las cuales consistían en conglomerados conformados por cuatro parcelas rectangulares (20 m x 250 m). El objetivo fundamental de la superposición de UM es poder medir la dinámica de los cambios que se dan entre mediciones. En la parte derecha de la Figura 17.6, se aprecia la ubicación de las UM en relación con el diseño de los ciclos anteriores.



FIGURA 17.6

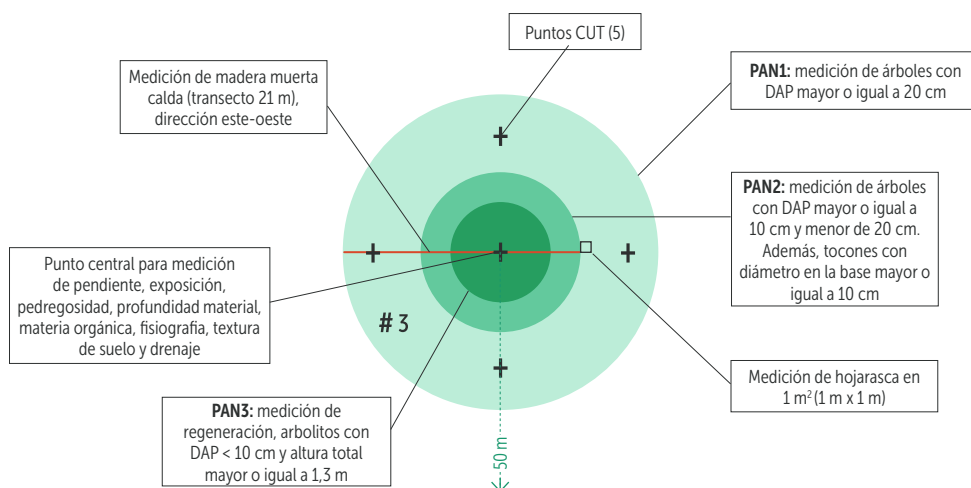
Diseño de las unidades de muestreo y parcelas del Inventario Nacional Forestal



Fuente: Elaboración propia con base en ICF (2017b).

FIGURA 17.7

Detalles de las mediciones realizadas a nivel de parcelas



Notas: CUT: clase de uso de la tierra; DAP: diámetro a la altura del pecho; PAN: parcela anidada.

Fuente: Elaboración propia con base en ICF (2017b).

El INF consiste en la evaluación de una serie de variables (cuantitativas y cualitativas) en campo y la posterior generación de diferentes tipos de cálculos y análisis. En la Figura 17.7 se describe de manera detallada la información recolectada a nivel de parcelas.

En el Cuadro 17.4, se describe de manera detallada los elementos de medición en las UM, especificando las formas, dimensiones y superficies que representan.

17.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

Honduras genera gran parte de la información estadística oficial del país a través de los datos del INF. Para ello, cuenta con un proceso sistematizado de recolección, procesamiento y análisis de información. Cuenta con una base de datos central con información de los tres ciclos de medición del INF, la cual es alimentada y actualizada mensualmente con los datos de las UM levantadas por el personal técnico de ICF. Las mediciones en campo son realizadas mediante el uso de dispositivos móviles que cuentan con

el software Silva Metricus (versión Android) diseñado para la recolección de las variables del INF (www.silvahn.com). De esta manera, se generan archivos individuales para cada UM que pueden ser almacenados como bases de datos tipo SQL o Access. Luego, toda la información de campo es unificada y sometida a un proceso de revisión y saneamiento para evitar vacíos o anomalías en los datos.

Para el procesamiento y análisis de datos, se utiliza la versión escritorio del software Silva Metricus, el cual genera diferentes tipos de cálculos a partir de la base de datos central actualizada. Esta base tiene asociadas diferentes ecuaciones alométricas diseñadas en estudios específicos para Honduras; de igual manera, se utilizan ecuaciones regionales para generar las estimaciones, las cuales pueden ser modificadas o actualizadas en caso de ser necesario. El país cuenta con un protocolo sobre las metodologías y el uso de ecuaciones para el cálculo de las variables del INF (*Procedimientos de cálculos en la base de datos INF de Honduras*) y también el software utilizado cuenta con sus manuales de usuario para ambas versiones.

CUADRO 17.4

Elementos por medir en las parcelas de las unidades de muestreo

Elemento por medir	Forma y tamaño de la parcela	Cantidad	Área por unidad de muestreo
PAN 1: árboles con DAP \geq 20 cm	Circular con radio de 15 m	3 por UM	2 120,58 m ²
PAN 2: árboles con DAP \geq 10 cm y DAP \leq 20 cm y tocones con diámetro \geq 10 cm en la base	Circular con radio de 6 m	3 por UM	339,29 m ²
PAN 3: regeneración, árboles con DAP < 10 cm y altura > 1,3 m	Circular con radio de 3 m	3 por UM	84,82 m ²
Clase de uso de la tierra (CUT)	Cinco puntos por PAN 1, uno en el centro y los cuatro restantes a 11,6 m del punto central en dirección de los cuatro puntos cardinales (norte, este, sur y oeste)	15 por UM	Cada punto representa 141,37 m ² o 6,667% del área de la UM
Hojarasca (1 m x 1 m)	Parcelas cuadradas de 1 m por lado	3 por UM	3 m ²
Madera muerta caída \geq 10 cm de diámetro	Transectos de 21 m en dirección este-oeste. El transecto inicia a 6 m del punto central de la PAN 1 con azimut de 90 grados y pasando por el centro de la PAN 1	3 por UM	
Madera muerta caída con diámetro \geq 5 cm y \leq 10 cm	Primera sección (6 metros) del transecto de 21 metros en dirección este-oeste. Ubicada entre el inicio del transecto y el centro de la parcela.	3 por UM	
Fuego y plaga	En los cinco puntos de CUT (centro, norte, este, sur, oeste)	15 por UM	Cada punto representa 141,37 m ² o 6,667% del área de la UM

Notas: DAP: diámetro a la altura del pecho; PAN: parcela anidada; UM: unidad de muestreo.

Los principales cálculos generados son los referentes a volumen, biomasa, carbono, y dióxido de carbono, los cuales se realizan para los depósitos aéreos o sobre el suelo, depósitos subterráneos, tocones, madera muerta caída y hojarasca, según corresponda.

También se calculan las superficies de los tipos de coberturas, afectaciones por incendios y plagas forestales, condiciones fitosanitarias, perturbaciones naturales y antropogénicas, entre otros. En el Cuadro 17.5, se describen las ecuaciones utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa.

CUADRO 17.5

Ecuaciones utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa

VARIABLES	Ecuación	Referencia
Volumen total (m ³)	<i>Coníferas</i> $0,00002838 \times DAP^2 \times H - 0,00002308 \times DAP^2 - 0,00635$	ACDI y COHDEFOR (1981)
	<i>Ceiba pentandra</i> $0,1416289196 + 4,36944 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H) - 8,52212 \times 10^{-13} \times (DAP^2 \times H)^2$	
	<i>Pouteria izabelensis</i> $2,64261 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{1,073486}$	
	<i>Virola koschnyi</i> $3,17367 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{1,028854521}$	
	<i>Dialium guianense</i> $3,99495 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{1,039256484}$	
	<i>Brosimum alicastrum</i> $4,40524 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{1,016876336}$	
	<i>Swietenia macrophylla</i> $4,44909 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{1,005447155}$	
	<i>Vochysia hondurensis</i> $5,06922 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{0,977371702}$	
	<i>Quercus skinneri</i> $5,13625 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{1,004972}$	
	<i>Terminalia amazonia</i> $5,6810 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{0,998463036}$	
	<i>Calophyllum brasiliense</i> $6,43242 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H)^{0,968922585}$	
	<i>Otras especies</i> $0,1083372662 + 4,6499 \times 10^{-5} \times (DAP^2 \times H) - 3,78846 \times 10^{-12} \times (DAP^2 \times H)^2$	
Donde: DAP: diámetro a la altura del pecho H: altura total		
Volumen de tocones (m ³)	$[(D1/100^2) + (D2/100^2)] / 2 \times (\pi/4) \times H$	Formula de Smalian, citado en Ferreira (2005)
Donde: D1: diámetro en la base del tocón D2: diámetro en punta del tocón π : pi H: altura de tocón		
Volumen de madera muerta caída (m ³)	$1,2337 / L \times D^2$	ICF (2016)
Donde: L: longitud en el transecto D: diámetro		

CONTINUA CUADRO 17.5

VARIABLES	Ecuación	Referencia
Biomasa por encima del suelo (t)	<i>Coníferas</i> $(0,11264421 \times (DAP^2 \times H)^{0,85091168}) / 1000$	Alberto (2005)
	<i>Latifoliadas</i> $(0,0673 \times (\rho \times DAP^2 \times H)^{0,976}) / 1000$	Chave et al. (2014)
Donde: <i>ρ</i> : densidad de la madera <i>DAP</i> : diámetro a la altura del pecho <i>H</i> : Altura total		
Biomasa por debajo del suelo (t)	$e^{[-1,0587 + 0,8836 \times \ln (ba)]}$	Cairns et al. (1997)
Donde: <i>ba</i> : biomasa por encima del suelo (peso seco)		

© ICF, Honduras



17.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE HONDURAS

Actualmente, Honduras se encuentra desarrollando su tercer ciclo de medición del INF. De acuerdo con la metodología de levantamiento anual (20% de las UM por año), las actividades de campo se continúan ejecutando para completar la planificación del ciclo de medición, siendo el año 2021 la culminación de dicho ciclo.

En tal sentido, para el presente documento, se incluyen los resultados del segundo ciclo de medición (2011-2015), cuyos cálculos se basaron en superficie,

volumen y biomasa, de acuerdo con los tipos de cobertura contemplados por el INF (ICF, 2017a). Los valores de superficie incluidos consisten en las estimaciones realizadas a partir de los datos de campo. No obstante, debe aclararse que para el país los datos oficiales de superficies son los generados a partir del *Mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras*.

Sin embargo, ambos tipos de datos son importantes para generar comparaciones, sugerencias y validaciones de las cifras oficiales. De acuerdo con la clasificación de FRA 2000, los resultados generados se describen en el Cuadro 17.6, en donde el 49,5% del territorio nacional pertenece a la categoría de “bosque”; además, el 16,3% pertenece a la categoría de “otras

CUADRO 17.6

Resultados del segundo ciclo del Inventario Nacional Forestal de Honduras (2011-2015)

Variable	Resultado	Error de muestreo (%) ¹	Descripción
Superficie (ha)	607 597,1	50,23%	Bosque seco
	2 549 791,5	18,78%	Bosque latifoliado siempreverde
	2 549 791,5	27,07%	Bosque coníferas
	616 849,2	36,03%	Bosque mixto
	81 253,1	195,42%	Bosque mangle
	1 830 714,8	18,55%	Otras tierras boscosas
	3 644 637,4	15,42%	Otras tierras
	203 548,0	63,22%	Cuerpos de agua interior
	11 249 200,0		Total
Volumen (m³)	98,7	47,24%	Bosque seco
	292,6	20,63%	Bosque latifoliado siempreverde
	97,3	22,72%	Bosque coníferas
	119,9	33,93%	Bosque mixto
	324,6	192,66%	Bosque mangle
	39,2	27,62%	Otras tierras boscosas
	18,1	34,50%	Otras tierras
	0,0	0,00%	Cuerpos de agua interior
	111,8	13,06%	Promedio
Biomasa (t/ha)	55,2	26,22%	Bosque seco
	182,9	23,91%	Bosque latifoliado siempreverde
	102,6	22,12%	Bosque coníferas
	96,0	34,40%	Bosque mixto
	281,4	0,00%	Bosque mangle
	11,0	28,57%	Otras tierras boscosas
	23,3	37,09%	Otras tierras
	0,0	192,70%	Cuerpos de agua interior
	76,7	18,84%	Promedio

¹ 95% de nivel de confianza

tierras boscosas”, el 32,4% pertenece a la categoría de “otras tierras” y existe aproximadamente 1,8% de “cuerpos de agua”.

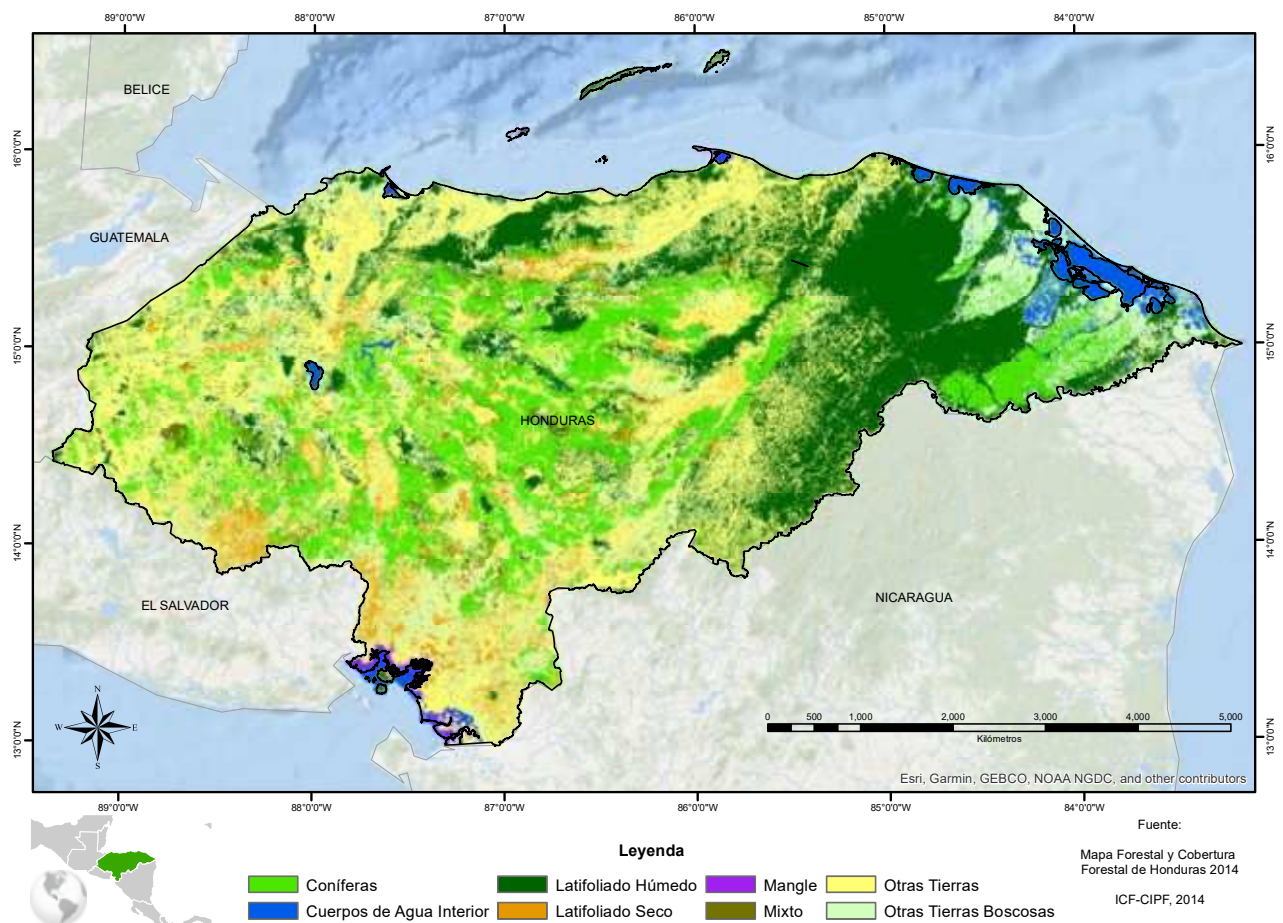
Los resultados de volumen describen las estimaciones realizadas a la masa boscosa aérea o por encima del suelo. Se estima que el 94,2% del volumen se encuentra en la categoría de “bosque”; en el caso de la categoría de “otras tierras boscosas”, contiene el 4,0% del volumen, y la categoría de “otras tierras” se estima que contiene un 1,8% del volumen promedio del país. En términos generales, se estima que Honduras presenta un volumen promedio de 111,8 m³/ha, considerando todos sus tipos de cobertura. Los valores de biomasa describen la estimación total de esta variable, considerando los cinco depósitos (por encima del suelo, por debajo del suelo, tocones, madera muerta caída y hojarasca) que evalúa el INF.

Se estima que el 95,4% de la biomasa se encuentra en la categoría de “bosque”; en el caso de la categoría de “otras tierras boscosas”, contiene el 1,5% de la biomasa, y la categoría de “otras tierras” se estima que contiene un 3,1% de la biomasa promedio del país. En términos generales, se estima que Honduras presenta una biomasa promedio de 76,6 toneladas por hectárea, tomando en cuenta todos sus tipos de cobertura. En el Cuadro 17.6, se describen de manera detallada los valores mencionados.

Las categorías de cobertura evaluadas por el INF se basan en la clasificación de FRA 2000. En la Figura 17.8, se visualizan dichas categorías tomando como base el *Mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras 2014*, adaptando la clasificación utilizada por el INF.

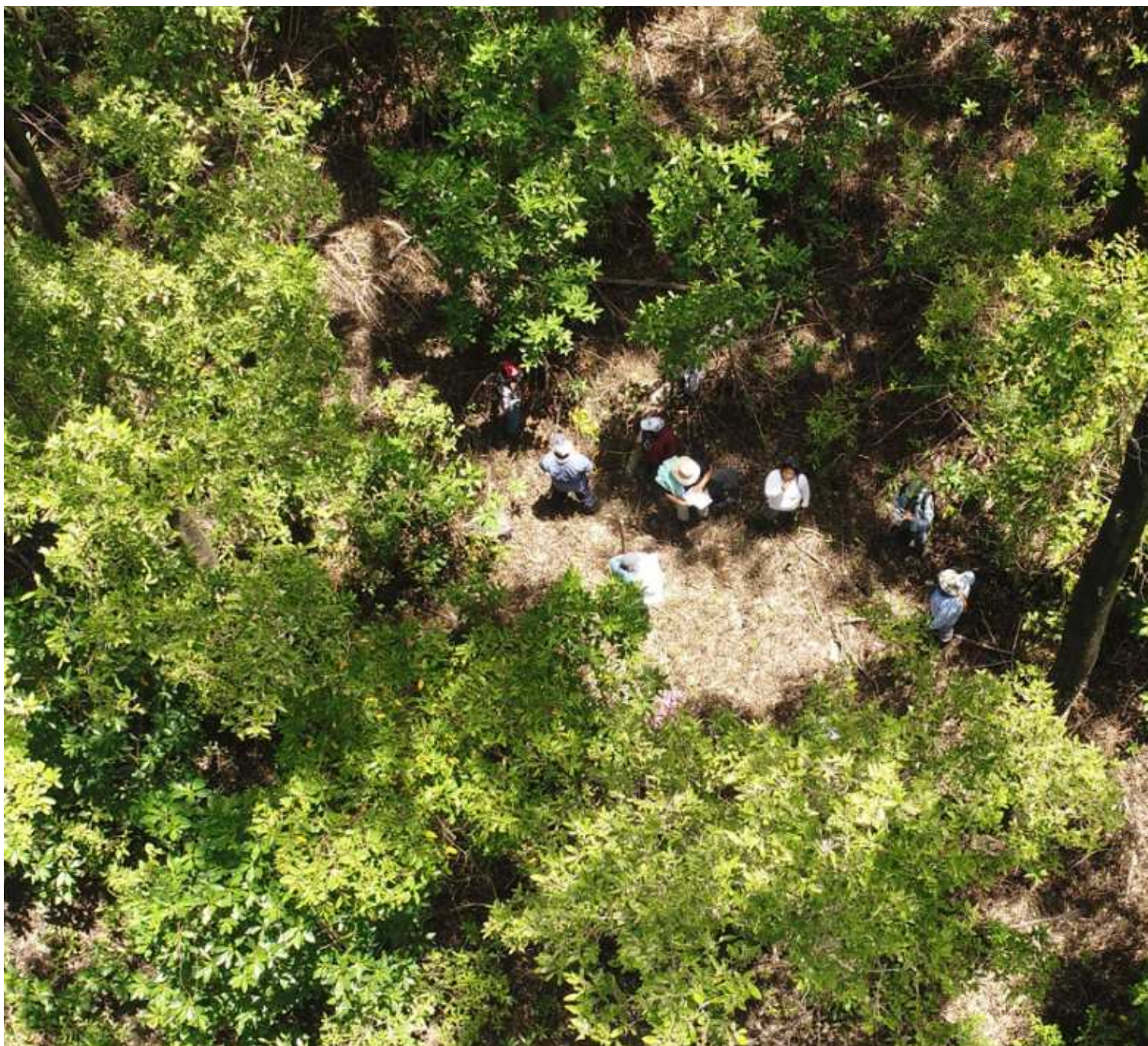
FIGURA 17.8

Mapa nacional de distribución de tipos de bosque



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia adaptando las categorías de la Evaluación de recursos forestales mundiales (FAO, 1998) al Mapa forestal y cobertura de tierra de Honduras (ICF, 2014b).



17.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

En el segundo ciclo de medición, se desarrollaron dos etapas para el control de calidad. Se inició con la contratación de una empresa externa denominada UNIQUE Forestry and Land Use GmbH, encargada de realizar las verificaciones de campo en un 10% del total de las UM levantadas. Para llevar a cabo todo el proceso de control de calidad, se elaboró un documento metodológico (Wenzel, 2016), en el cual se explica en detalle cada uno de los pasos desarrollados. Fundamentalmente, el control de calidad tenía como actividades principales el poder comprobar y verificar en el terreno que la metodología de recolección de datos se realizara conforme a lo estipulado en el manual de campo; además, de que las mediciones y observaciones fueran correctas y consistentes con relación a la realidad del terreno.



© ICF, Honduras

Por otra parte, el personal de ICF vinculado al INF también realizó un proceso de control de calidad adicional en otro 10% de las UM. Teniendo en cuenta tanto la evaluación externa como la interna, se llevó a cabo un control de calidad en un 20% de las UM, cifra que se considera adecuada considerando que el trabajo desarrollado en campo se llevó a cabo en todo el país.

Para el tercer ciclo, se ha desarrollado la misma metodología de control de calidad en un 20% del total de las UM. Sin embargo, el proceso fue realizado solamente por personal técnico de ICF, cuya estrategia es la rotación del personal hacia otras regiones forestales de ICF; es decir, una vez finalizados los levantamientos de campo, los técnicos forestales se movilizaron hacia otra zona del país para verificar las mediciones realizadas por los otros técnicos de campo. El objetivo general del proceso de control de calidad es garantizar la veracidad, seriedad y profesionalismo en el desarrollo del INF, contribuyendo a que los gobiernos nacionales y locales cuenten con una herramienta de apoyo para la planificación y gestión forestal sustentable, así como para la toma de decisiones.

17.8 OTRAS VARIABLES QUE SE RECOLECTAN

La metodología del INF contempla la recolección de diversas variables para generar cálculos generales y específicos de estas. En términos generales, se recolecta la siguiente información:

- información general de la UM: ubicación, cuadrilla de campo y descripción de acceso;
- aspectos socioeconómicos del poblado (más cercano): nombre, grupo étnico, población, actividades productivas, dinámica poblacional, historial y servicios disponibles;
- datos de las parcelas: fechas, tiempos, coordenadas, croquis, relación con UM anteriores y puntos de referencia;
- clase de uso de la tierra: origen del bosque, tenencia;
- datos relevantes: cobertura de copas, cobertura arbustiva, relación áreas protegidas, relación con microcuenca, relación con planes de manejo forestal y designación de uso;
- árboles (PAN 1 y PAN 2): colecta de muestra botánica, azimut (desde el centro de parcela), calidad de fuste;
- datos de suelo: pendiente, exposición, profundidad, materia orgánica, fisiografía, textura y drenaje.

17.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

Honduras desarrolla su INF mediante un proceso de mejora continua, con el propósito de mantener un sistema de medición confiable, cumpliendo con los estándares de calidad y precisión. La principal perspectiva planteada es la culminación de la medición del actual tercer ciclo planificado para el año 2021, generando un documento de país sobre los resultados que ilustren el estado y la dinámica de los ecosistemas en Honduras. Además, está previsto comenzar las actividades de planificación para el cuarto ciclo una vez se finalicen las actividades del actual ciclo de medición.

Parte de las acciones de mejora del INF ha sido realizar un proceso de aumento de la intensidad de muestreo en los bosques de mangle, considerando que se contaba con pocas muestras en estos estratos. Durante los años 2017, 2018 y 2019, se establecieron nuevas UM incluyendo el muestreo de suelos para determinar los contenidos de carbono almacenado. A finales del año 2020 se finalizó la elaboración del primer documento de país referente a la evaluación de los ecosistemas de mangle a nivel nacional, el cual se estará socializando y oficializando durante el año 2021.

Por otra parte, en el año 2020 también se desarrolló un inventario estratificado en las áreas afectadas por plaga de gorgojo de pino (*Dendroctonus frontalis*). Cabe destacar que entre los años 2013 y 2016, Honduras sufrió una severa afectación de esta plaga forestal, impactando una superficie mayor a 500 000 hectáreas. El propósito del inventario es la cuantificación de los impactos generados en términos de contenidos de carbono y volumen, a la vez evaluar la regeneración natural y el estado de las plantaciones realizadas. Con los resultados generados se han definido las áreas de restauración y conservación; asimismo, se han proyectado los tiempos de posible recuperación del área afectada.

Otras de las actividades planificadas son el desarrollo de una metodología de muestreo de suelo (actualmente en borrador) para todos los ecosistemas del país, tomando como base la experiencia exitosa realizada en ecosistemas de mangle. La finalidad principal será generar reportes de contenidos de carbono en el suelo, ya que el país no cuenta con información oficial a nivel nacional sobre estas concentraciones por tipo de ecosistema.

Una de las metas del INF es contar con un sistema de gestión de bases de datos relacionales (SGBDR), que permita su almacenamiento, acceso y estructuración, sacando provecho de la existencia de alternativas libres como la que ofrece Microsoft SQL Server. Se pretende realizar la migración de los datos del INF a dicho sistema. Parte de las ventajas es la generación de mayor seguridad en el manejo y administración de permisos de acceso, además de poder trabajar mediante redes locales y tener acceso a otros softwares disponibles como los desarrollados para la inteligencia de negocios.

REFERENCIAS

- Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional (ACDI) y Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (COHDEFOR).** 1981. *Normas Técnicas de Inventario Forestal Nacional (INFONAC)*. Proyecto Inventario Forestal Nacional – Macizo Central. Tegucigalpa, Programa Forestal ACDI-COHDEFOR.
- Alberto, D.** 2005. *Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de Pinus oocarpa en bosques naturales de Cabañas, La Paz* (tesis). Siguatepeque (Honduras), Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Asociación Forestal del Estado, Corporación Hondureña de Desarrollo Forestal (AFE-COHDEFOR).** 2005. *Manual para levantamiento de campo para la Evaluación Nacional Forestal*. Tegucigalpa. (disponible en: <http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/Protocolo-9.-Manual-de-levantamiento-de-Campo-para-la-Evaluacin-Nacional-Forestal-Honduras-2005-2006.pdf>).
- AFE-COHDEFOR.** 2006. *Resultados del Inventario de Bosque y Arboles 2005-2006*. Evaluación Nacional Forestal de Honduras. Tegucigalpa. (disponible en: www.fao.org/forestry/16059-0c97fd45560ca9917b825b0f7f687f2a5.pdf).
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. y Baumgardner G.A.** 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111: 1–11. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s004420050201>).
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B., Duque, A. et al.** 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 (10): 3177–3190. (disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.12629>).
- Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).** 2004. *Sistematización de la experiencia del proceso nacional de criterios e indicadores de ordenación forestal sostenible para los bosques de Honduras*. Tegucigalpa. (disponible en: www.fao.org/forestry/13215-0245b4bcfc33492cfd2e3243fa94b0bc5.pdf).
- FAO.** 1998. *FRA 2000: Términos y Definiciones*. Evaluación de Recursos Forestales Mundiales WP-1. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ae217s/ae217s00.htm).
- Ferreira, O.** 2005. *Manual de Dasometría*. Siguatepeque (Honduras), Escuela Nacional de Ciencias Forestales.
- Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre (ICF).** 2014a. *Manual de campo para el establecimiento de las unidades de muestreo y parcelas 2014-2015*. Tegucigalpa. (disponible en: <http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/Protocolo-10.-Manual-del-Campo-para-el-establecimiento-de-las-UM-y-Parcelas-2014--2015.pdf>).
- ICF.** 2014b. *Mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras 2014*. Tegucigalpa. (disponible en: <http://geoportal.icf.gob.hn/geoportal/main>).
- ICF.** 2016. *Procedimientos de cálculos en la base de datos INF de Honduras*. Proyecto REDD+ Honduras. Tegucigalpa. (disponible en: http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/11._Procedimiento_de_ciculo_INF_Ciclo_I_y_II_Honduras.pdf).
- ICF.** 2017a. *Resultados de la Evaluación Nacional Forestal de Honduras*. Tegucigalpa, Proyecto de Modernización del Sector Forestal de Honduras (EuroFor MOSEF).
- ICF.** 2017b. *Manual para la colecta de datos de campo para el Inventario Nacional Forestal de Honduras*. Tegucigalpa. (disponible en http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/3._Manual_de_campo_ciclo_III_Inventario_Nacional_Forestal_de_Honduras.pdf).
- ICF.** 2020. Base de datos del Inventario Nacional Forestal de Honduras (no publicado). Tegucigalpa.
- Lister, A. y Scott, C.T.** 2009. Use of space-filling curves to select sample locations in natural resource monitoring studies. *Environmental Monitoring and Assessment*, 149: 71–80. (disponible en <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0184-y>).
- Wenzel, M.** 2016. *Supervisión de la II etapa de la Evaluación Nacional Forestal y de la Biodiversidad*. Freiburg (Alemania), UNIQUE forestry and land use GmbH. (disponible en http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/14._Supervisin_de_la_II_Etapa_de_la_Evaluacin_Nacional_Forestal_y_Biodiversidad_2016.pdf).

Capítulo



JAMAICA

HACIA EL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE JAMAICA

Alicia Edwards, Departamento Forestal, Gestión de Información de Recursos Forestales, 173 Constant Spring Road, Kingston 8, Jamaica

Upton Edwards, Departamento Forestal, 173 Constant Spring Road, Kingston 8, Jamaica

Jason Gordon, Departamento Forestal, Evaluación de los Recursos Forestales, 173 Constant Spring Road, Kingston 8, Jamaica

Joel Harrison, Departamento Forestal, Evaluación de Plantaciones, 173 Constant Spring Road, Kingston 8, Jamaica

18.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

El primer Inventario Forestal Nacional (IFN) de Jamaica comenzó en 1998 utilizando datos de teledetección con enfoque de muestreo y datos detallados del inventario biofísico. La evaluación se presentó en 2003. La escala de este inventario fue a nivel de unidad de gestión de cuencas (UGC), que se ajusta más a los parámetros ecológicos porque considera reservas forestales dentro de sus límites. El proyecto Árboles para el Mañana y el personal técnico del Departamento Forestal decidieron utilizar los datos detallados del inventario biofísico recopilados en las UGC y dentro de las Reservas Forestales (RF) desde 1998 para estimar las características forestales de toda la isla (Departamento Forestal/Árboles para el Mañana, 1999). Estos datos se complementaron con las superficies de bosques latifoliados determinados por la interpretación de imágenes satelitales Landsat en 1998. Los datos de las parcelas permanentes de investigación existentes en las Montañas Azules recopilados por la University of the West Indies y otras universidades se utilizaron para verificar algunos resultados del inventario (Healey, 1990). Este enfoque se basó además en los inventarios de la UGC de Buff Bay/Pencar, la UGC de Río Minho y la UGC de Martha Brae (incluyendo toda la RF de Cockpit Country). Además, se recopilaron datos en los inventarios de la RF de Dolphin Head y de los pantanos Río Negro y Great Morass de Negril, que cubren la mayoría de los tipos de bosque que se encuentran en Jamaica. Entre 1998 y 2000, se aplicó un enfoque de extrapolación a fin de elaborar una evaluación para toda la isla, debido a las limitaciones de recursos del Departamento Forestal y a la urgente necesidad de contar con datos de inventarios biofísicos para apoyar diversos proyectos ambientales que tenían elementos en común en las cuencas mencionadas.

Después del informe del Inventario Forestal Nacional de 2003, los inventarios forestales posteriores se centraron en el nivel de la Unidad de Gestión Forestal (UGF). Las Unidades de Gestión Forestal son delimitaciones administrativas que agrupan Terrenos Forestales (Forest Estates) en ubicaciones geográficas y proximidades similares para gestionar mejor los recursos asignados. Los inventarios forestales realizados en las UGF cumplían varias obligaciones operacionales, como proporcionar datos para los planes locales de gestión forestal, los planes de aprovechamiento y otros proyectos y programas destinados a las reservas forestales dentro de las UGF. El Departamento Forestal elaboró informes de Inventario Biofísico (IBF) para los Terrenos Forestales dentro de seis UGF entre 2014 y 2019. La metodología de inventario llevada a cabo en las UGF incluyó la recopilación de datos sobre el terreno (por ejemplo, especies de árboles, diámetro a la altura del pecho [DAP], textura del suelo, fauna, etc.) y el procesamiento y mapeo de los datos recopilados por tipo de uso/cobertura de las tierras forestales. Sin embargo, la aplicación actual del IBF en donde se almacenan los datos de las parcelas no es escalable. La plataforma Microsoft Access en la que se basa esta aplicación restringe la cantidad de datos de parcelas que puede almacenar. Además, esta

CUADRO 18.1

Descripción histórica de los inventarios forestales en Jamaica

Ciclo del inventario	Periodo de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN	1998-2003	Nacional	Línea de transecto con parcelas de 20 m x 25 m	525
UGF 6	2014-2015	Subnacional	Línea de transecto con parcelas de 20 m x 25 m	~95
UGF 5	2015-2016	Subnacional	Línea de transecto con parcelas de 20 m x 25 m	235
UGF 4	2016-2017	Subnacional	Línea de transecto con parcelas de 20 m x 25 m	225
UGF 2 y 3	2017-2018	Subnacional	Línea de transecto con parcelas de 20 m x 25 m	162
UGF 18	2018-2019	Subnacional	Línea de transecto con parcelas de 20 m x 25 m	181

Nota: UGF: Unidad de Gestión Forestal; IFN: Inventario Forestal Nacional.

metodología del IBF sólo proporciona información sobre los recursos físicos de las UGF. No se registran los recursos forestales de las parcelas privadas ni de otras tierras de propiedad gubernamental. Por último, el enfoque actual del IBF no incluye todos los datos sobre las existencias de carbono.

En 2018, se establecieron 181 unidades de muestreo (UM) temporales en las diez parcelas del Terreno Forestal que componen la UGF número 18. Las UM se determinaron calculando el error permitido en un 10%, con un intervalo de confianza del 95% y un 5% para la cuenca hidrográfica, lo que dio como resultado entre 150 y 175 UM. El diseño de muestreo fue con enfoque de muestreo estratificado aleatorio. El número final de UM se determinó en función de los tipos de bosque y del tamaño de cada Terreno Forestal en la UGF 18. En total, se establecieron 181 UM en todas las Terrenos Forestales y se muestrearon todas las parcelas y tipos de bosque.

Se establecieron cuadrantes de 25 metros (m) por 20 m (0,05 hectáreas [ha]) a lo largo de una línea de transecto con los centros de las parcelas separados por 100 m de distancia. Dentro de esta parcela de 25 m por 20 m, se midió el DAP de todos los árboles con un DAP superior a 10 centímetros (cm). Se realizó una evaluación más detallada de tres árboles de cada una de las siguientes clases de diámetro: DAP de 10 cm a 20 cm; de 20 cm a 30 cm; y mayor de 30 cm. Dentro de la parcela, se construyó una subparcela de 10 m por 5 m (0,005 ha). Se contaron todos los árboles jóvenes de más de 2 m de altura, pero de menos de 10 cm de DAP. Se construyó una parcela de regeneración, de 2 m por 1 m (0,0002 ha), en la que se contaron y registraron todas las plántulas de menos de 2 m de altura.

En 2019, el Departamento Forestal decidió que era preciso actualizar el IFN dada la necesidad de facilitar una mejor toma de decisiones hacia la

gestión forestal sostenible. Estas iniciativas incluyen proporcionar una perspectiva de inventario más amplia para informar a los proyectos o programas del Departamento Forestal relacionados con el Plan del Sector Forestal (Departamento Forestal, 2017). Este enfoque requeriría ampliar las actividades del inventario de modo de brindar información a nivel nacional a otras partes interesadas en la gestión de los recursos naturales. En este contexto, el nuevo IFN tendrá tres objetivos importantes. El enfoque actualizado estandarizará los procedimientos de campo coherentes con la recopilación y evaluación de los recursos forestales en toda Jamaica. También proporcionará una plataforma escalable que se modifica en respuesta a la legislación y a las nuevas demandas de los clientes sin cambiar los requisitos básicos. Por último, este nuevo enfoque analizará las condiciones y disposiciones actuales y futuras de los bosques y otras tierras en toda la isla.

En el Cuadro 18.1 se presenta un resumen de los inventarios forestales realizados hasta la fecha en Jamaica.



© Departamento Forestal, Jamaica

CUADRO 18.2

Resumen de las definiciones de bosque, volumen y biomasa

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Tierras con una cobertura de copas (o un nivel de población equivalente) superior al 75% en una superficie que supere las 2,25 hectáreas	Superficie \geq 2,25 ha Cobertura de copas > 75%
Volumen	La cantidad de madera comercial presente en un árbol o grupo de árboles en un área	Diámetro a la altura del pecho (DAP): 25 cm o superior para el pino caribeño DAP: 20 cm o más para todas las demás especies Parte superior del tronco > 10 cm
Biomasa	El volumen de todo el árbol por encima del suelo y por debajo del suelo incluyendo ramas, hojas y raíces Desechos leñosos caídos Hojarasca (hojas, acículas, ramas delgadas, piñas, corteza desprendida, líquenes muertos, musgo muerto y tallos herbáceos y partes de flores) Humus (descomposición de plantas y animales depositados sobre una superficie orgánica o mineral)	DAP: 10 cm o superior Diámetro de desechos leñosos gruesos > 7,6 cm Diámetro de desechos leñosos finos: 0 cm a 7,6 cm Ramas delgadas (diámetro < 0,6 cm)

18.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

En la siguiente sección se explican los términos y definiciones utilizados por el Departamento Forestal. En el Cuadro 18.2 se presenta un resumen.

Bosque: Tierras con una cobertura de copas (o un nivel de población equivalente) superior al 75% en una superficie superior a 2,25 hectáreas con una cobertura combinada de arbustos, matorrales y árboles y sin estar sometidos a otros usos predominantes de la tierra distintos del bosque (Departamento Forestal, 2015).

Notas explicativas

- La definición incluye los caminos forestales, los cortafuegos y otras pequeñas áreas abiertas; bosques dentro de los parques nacionales, las reservas naturales y otras áreas protegidas, tales como las que revisten interés específico medioambiental, científico, histórico, cultural o espiritual.
- Excluye las áreas cubiertas de bambú (*Bambusa vulgaris*). Las áreas de bambú se clasifican en "otras tierras".
- Incluye el bosque enano de las Montañas Azules. El bosque enano está conformado por un dosel de menos de 5 m de altura y es achaparrado y nudoso debido a la gran altitud de la zona.

- Incluye bosques secos poco densos de baja altura en ambientes semiáridos. Matas leñosas, arbustos, malezas o matorrales con árboles o arbustos de 1 m a 5 m de altura y copas que no se tocan entre sí, en las partes más áridas de Jamaica con especies indicadoras como *Prosopis juliflora* (mezquite) o *Stenocereus hystrix* (cactus columnares).
- Incluye las tierras agrícolas abandonadas con la regeneración natural de los árboles.
- Incluye las áreas en las zonas de marea cubiertas de manglares, que sean o no clasificadas como área de tierra.

Otras tierras boscosas: Esta definición no se utiliza en el IFN de Jamaica; solo se emplea para los informes que se presentan a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Otras tierras: Esta definición no se utiliza en el IFN de Jamaica, y solo se emplea para los informes que se presentan a la FAO.

Volumen: La cantidad de madera comercial presente en un árbol o grupo de árboles de una zona. Se mide en metros cúbicos o pies cúbicos. El volumen sólo se calcula para los árboles con un DAP de 20 cm o superior (para el pino caribeño, superior a 25 cm). Incluye el tronco desde el nivel del tocón hasta la copa comercializable.

Notas explicativas

- El volumen se estima midiendo el DAP del árbol (1,3 m por encima del suelo) con respecto a la altura comercial del árbol.
- La altura comercial es la distancia entre el tocón y la copa comercial.
- La copa comercial se refiere a la sección del tronco principal del árbol con un diámetro de 10 cm o donde hay una rama/horquilla o curva importante.
- El diámetro a la altura del pecho se refiere al diámetro con corteza.
- El nivel del tocón suele estar a 30 cm por encima del suelo (o más alto en el caso de los árboles con raíces tabulares).
- Excluye ramas, ramas delgadas, follaje, flores, semillas y raíces.

Biomasa: El volumen de todo el árbol (DAP de 10 cm o más) por encima del suelo y por debajo del suelo, incluyendo ramas, hojas y raíces. También incluye los desechos leñosos, la hojarasca y el humus; ver Cuadro 18.2 para más detalles.

Notas explicativas

- Esta definición está basada en la definición del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) para la biomasa y está actualmente en revisión.
- Se mide en toneladas por hectárea y excluye la materia orgánica por debajo del suelo.
- Incluye la hojarasca, el humus y la madera muerta, así como los árboles jóvenes y los rebrotes.

El Departamento Forestal dispone de varias definiciones para los tipos de bosque que se encuentran en la isla. Estas definiciones se resumen en el Cuadro 18.3.

CUADRO 18.3

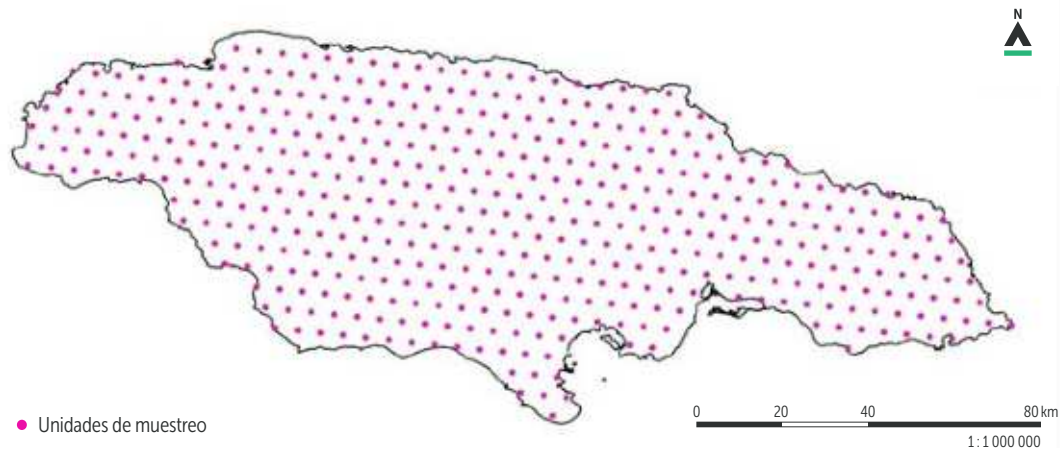
Resumen de las definiciones para los diferentes tipos de bosques

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque latifoliado denso	Cobertura forestal formada por árboles latifoliados de al menos 5 m de altura y copas entrelazadas con una mínima perturbación humana. Es lo más parecido a un bosque primario que se puede encontrar en Jamaica.	Altura \geq 5 m
Bosque latifoliado perturbado	Bosque con árboles latifoliados de al menos 5 m de altura y especies que evidencian señales de perturbación como <i>Cecropia peltata</i> (Yagrumo). Esta categoría tiene menos del 15% de perturbación.	
Bosque seco poco denso de gran altura	Bosque natural poco denso o bosque con árboles de al menos 5 m de altura y con la copas que no se tocan entre sí presente en las zonas más secas de Jamaica con especies indicadoras como <i>Metopium brownii</i> (chechen prieto) y <i>Bursera simaruba</i> (palo mulato).	Altura \geq 5 m
Bosque seco poco denso de baja altura	Matas leñosas, arbustos o malezas o matorrales poco densos con árboles o arbustos de 1 m a 5 m de altura y copas que no se tocan entre sí presentes en las zonas más secas de Jamaica con especies indicadoras como <i>Prosopis juliflora</i> (mezquite) o <i>Stenocereus hystrix</i> (cactus columnares).	
Ciénaga	Bosque edáfico (suelos anegados) con un único piso arbóreo con especies indicadoras como la <i>Symphonia globulifera</i> (caraño) y la <i>Roystonea princeps</i> (palmera real de Morass).	Altura: 1 m a 5 m
Manglar	Bosque edáfico (zonas con agua salobre) compuesto por árboles con raíces fúlcreas o neumatóforos con especies indicadoras como <i>Rhizophora mangle</i> (mangle rojo).	
Bosque secundario	Nueva clasificación identificada (2013) con bosque latifoliado igual o superior al 75% con niveles de perturbación entre el 10% y el 25%. Este nivel de perturbación lo diferencia del bosque latifoliado perturbado.	Altura \geq 5 m Perturbación: 10% a 25%
Plantación forestal	Cobertura forestal restablecida mediante reforestación o regeneración natural compuesta por especies latifoliadas, como la caoba y el mahoe, y coníferas, como el pino caribeño.	
Bambú	Superficie cubierta con más del 75% de <i>Bambusa vulgaris</i> en más de 2,25 ha de terreno.	Cobertura de bambú > 75%

Nota: Departamento Forestal (2015).

FIGURA 18.1

Malla de muestreo del Inventario Forestal Nacional de Jamaica



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ESRI ArcMap y el complemento de muestreo en malla del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

18.3 DISEÑO DE MUESTREO

18.3.1. MALLA DE BASE DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

El IFN de Jamaica se llevará a cabo utilizando una malla de muestreo sistemática de 458 puntos de muestreo permanentes repartidos de forma equidistante por toda la isla (Figura 18.1), de los cuales 198 (43%) se encontraban en la cobertura de bosque en el momento en que se generó la malla de muestreo por primera vez. Las 260 UM restantes (57%) se clasifican como "otras tierras" (Cuadro 18.4). En teoría, una UM representa 2 403 ha y están situadas a una distancia de 5 267 m entre sí. Los datos recopilados en el IFN se utilizarán para calcular la biomasa y las existencias de carbono, entre otras variables, y se escalarán para representar la situación ecológica del país.

Teniendo en cuenta las demás obligaciones de la Unidad de Evaluación de los Recursos Forestales, la unidad completará aproximadamente el 20% del total de las UM cada año. Esto requerirá un tiempo estimado de cuatro meses al año para completarlo. Como resultado, se necesitarán cinco años para completar el IFN de toda la isla. Una vez completado el ciclo inicial de cinco años, el equipo del inventario repetirá la evaluación de las UM del 20% inicial que se evaluó en el año 1.

CUADRO 18.4

Características del diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional

País	Superficie total (1 000 ha)	Número total de unidades de muestreo o parcelas			Número total de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Jamaica	1 094	198	0	260	458

18.3.2. INTENSIFICACIÓN DE LA UNIDAD DE GESTIÓN FORESTAL DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

El Departamento Forestal necesita un mayor nivel de detalle respecto al estado biofísico de los Terrenos Forestales para gestionar adecuadamente las más de 250 parcelas de Terrenos Forestales, Terrenos Reales y UGF. Por lo tanto, es necesario aumentar la intensidad del muestreo para reflejar la composición de la cobertura del suelo de los Terrenos Forestales con mayor precisión.

Por consiguiente, se desarrolló un sistema de estratificación que permite muestrear adecuadamente distintas áreas de los Terrenos Forestales. Esta estratificación permitirá evaluar anualmente los Terrenos Forestales seleccionados (agrupados en UGF). En total, hay 1 342 UM repartidas por los Terrenos Forestales que gestiona el Departamento Forestal (ver la Figura 18.2); algunas de estas parcelas se superponen con las UM del IFN

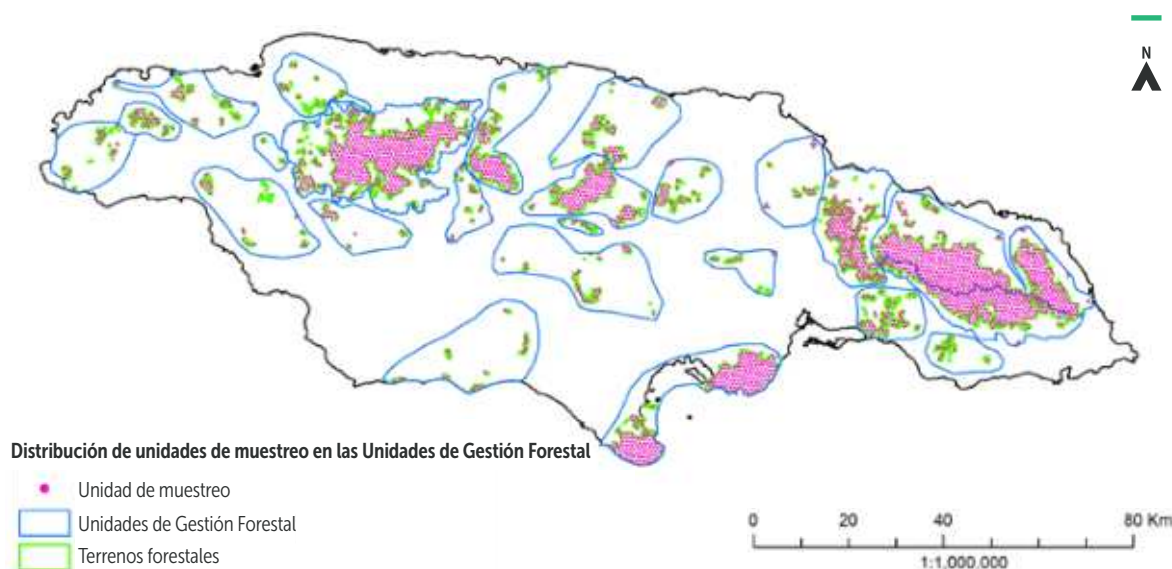
mencionadas anteriormente. Cada año, la Unidad de Evaluación de los Recursos Forestales intentará realizar un inventario de aproximadamente el 10% de los Terrenos Forestales y, posteriormente, del 10% de las UGF. Se calcula que esta operación durará seis meses más cada año. Por lo tanto, se necesitará un periodo de diez años para evaluar todas las UGF.

Utilizando el complemento de muestreo en malla para ESRI ArcMap presentado al Departamento Forestal por el equipo del Servicio Forestal del USDA, se generaron tres intensidades diferentes de muestreo del IFN (84 veces, 36 veces y 12 veces la intensidad de muestreo del IFN descrita anteriormente) y se propusieron en función del tamaño de cada Terreno Forestal (Cuadro 18.5).

Se propone un total de 440 UM con una intensidad de 84 veces la intensidad de muestreo estándar del IFN para 147 Terrenos Forestales. Estos terrenos, que miden menos de 150 ha, utilizarán la mayor densidad de muestreo y tendrán las UM a una distancia de 575 m entre sí. En teoría, una UM representará 29 ha (una octogésima cuarta parte del tamaño de la malla base de 2 403 ha). Esta elevada intensidad se justifica por la mayor fragmentación y el tamaño reducido de muchos Terrenos Forestales en toda la isla. Lamentablemente, incluso con una intensidad de muestreo de 84 veces, más de 40 de los terrenos más pequeños no tenían una UM. Por lo tanto, se generó una zona de amortiguación de 400 m alrededor de los terrenos que medían menos de 20 ha.

FIGURA 18.2

Estratificación y distribución de las unidades de muestreo en las Unidades de Gestión Forestal de Jamaica



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ESRI ArcMap y el complemento de muestreo en malla del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

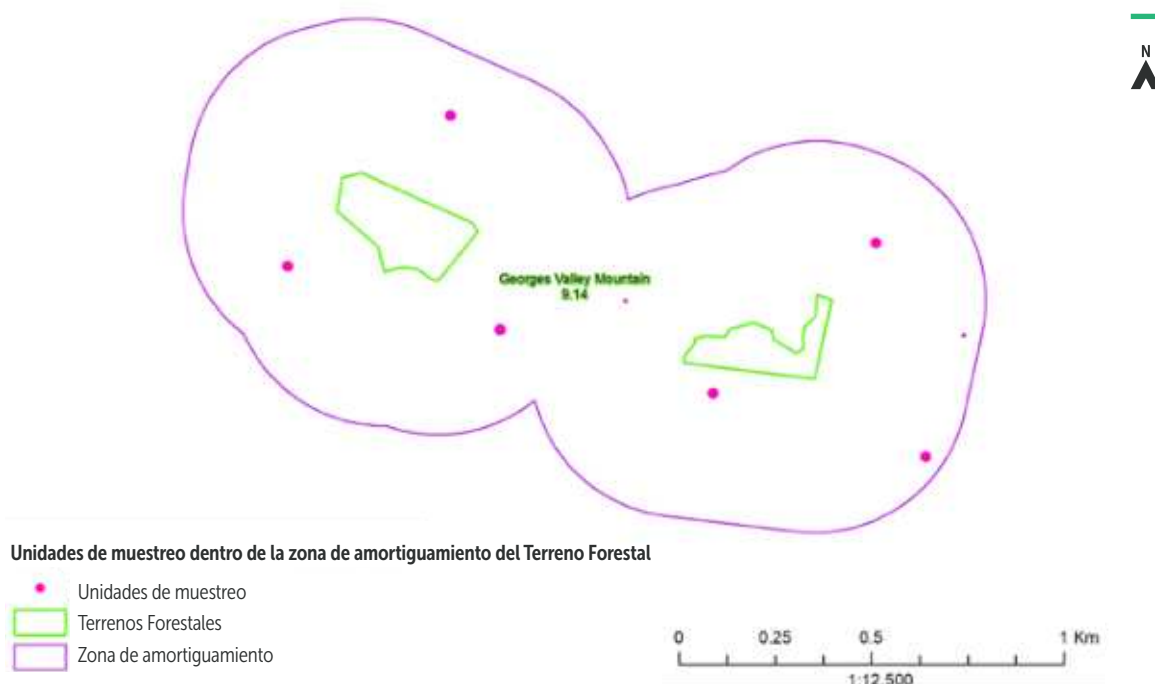
CUADRO 18.5

Intensificación del Inventario Forestal Nacional

Intensidad de la malla de muestreo	Número de unidades de muestreo	Superficie representada (ha)	Distancia entre unidades de muestreo (m)
84 veces	440	29	575
36 veces	416	67	878
12 veces	486	200	1 521
1 vez	198	2 403	5 267

FIGURA 18.3

Zona de amortiguamiento del Terreno Forestal que no contenía ninguna unidad de muestreo



Fuente: Elaboración propia, utilizando el software ESRI ArcMap y el complemento de muestreo en malla del Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

Las UM que se encontraban dentro de esta zona de amortiguación se asignaron al Terreno Forestal más cercano (Figura 18.3). Los terrenos que miden menos de 10 ha tienen un máximo de una parcela para evitar el sobremuestreo de estas pequeñas áreas, mientras que los terrenos que miden entre 10,01 ha y 20 ha tienen un máximo de dos UM.

También se creó una zona de amortiguamiento de 100 m para los terrenos con un tamaño comprendido entre 20,01 ha y 100 ha. Este enfoque se justifica por el hecho de que en diez terrenos dentro de este rango no había UM. Todas las UM situadas dentro de esta zona de amortiguamiento serán muestreadas.

La segunda frecuencia de muestreo se propuso a 36 veces la intensidad de muestreo estándar. Este enfoque se aplicará a los terrenos que miden entre 150,01 ha y 1 500 ha. Con esta frecuencia, las UM se encuentran a una distancia de aproximadamente 878 m entre sí, y una UM representa teóricamente 67 ha (una trigésima sexta parte del tamaño de la malla de base de 2 403 ha). En total, se deben completar 416 UM con esta intensidad.

La tercera frecuencia de muestreo se propuso con una intensidad de muestreo 12 veces superior a la estándar. Esta técnica se aplicará a los terrenos de más de 1 500 ha, con UM a una distancia de aproximadamente 1 521 m entre sí. Teóricamente, una de estas UM representa 200 ha (una doceava parte del tamaño de la malla de base de 2 403 ha). En total, hay que completar 486 UM con esta intensidad.

Un total de 25 UGF componen los Terrenos Forestales que gestiona el Departamento Forestal (Cuadro 18.6). Estas UGF abarcan un total de 129 028 ha de terreno. En la actualidad, se proponen 1 342 UM para evaluar estos Terrenos Forestales.

CUADRO 18.6

Número total de unidades de muestreo por Unidad de Gestión Forestal

Unidad de Gestión Forestal	Superficie total (1 000 ha)	Número total de unidades de muestreo
Portland Bight	14,629	82
Bull Head	0,294	11
Stephney – Johns Vale	8,059	62
Blue Mountain – Oeste	8,577	142
Orchard e inmediaciones	3,004	70
Windsor Castle	0,829	18
Blue Mountain – Sur	15,466	111
Blue Mountain – Este	8,444	66
Blue Mountain – Norte	19,395	123
Fort George e inmediaciones	0,506	16
Tulloch-Hampton Estates	0,547	11
Mt. Diablo	1,709	45
Ballintoy	2,750	47
Eastern Trelawny	6,403	62
Cockpit Country	29,323	235
North-Central St. James	0,770	17
Eastern Hanover	1,339	32
Dolphin Head	1,639	34
Western Westmoreland	0,876	22
South-Eastern Westmoreland	1,020	28
Croydon	0,114	7
St. James – St. Elizabeth	0,647	16
Gourie	0,411	30
Southern Manchester	1,052	25
Teak Pen	1,225	30
Total	129,028	1 342

18.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

La unidad de muestreo consiste en un conglomerado de cuatro parcelas (Figura 18.4). La parcela central se denomina Parcela 1. La Parcela 2 está situada a 360° de la Parcela 1, la Parcela 3 está situada a 120° de la Parcela 1 y la Parcela 4 está situada a 240° de

la Parcela 1, a una distancia horizontal de 36,58 m. La superficie de la UM (cuatro parcelas) es de aproximadamente 674,48 m².

El DAP se mide con una cinta diamétrica a 1,3 m del suelo para los árboles con DAP igual o superior a 10 cm. La altura y el DAP de los árboles vivos, los árboles muertos en pie y los tocones se miden en las cuatro parcelas.

Desde el centro de la parcela, con una dirección de 90° a una distancia horizontal de 3,66 m, se traza una línea de transecto hasta el centro de la parcela (Figura 18.5). La parcela tiene un radio de 2,07 m. Dentro de la parcela, se identifican los árboles jóvenes –definidos como árboles con un DAP superior o igual a 2 cm pero inferior a 10 cm, y con una altura superior a 2 m– y se registra su diámetro. También se identifican y se cuentan las plántulas/regeneraciones, definidas como plantas de menos de 2 cm de diámetro y más de 30 cm de altura.

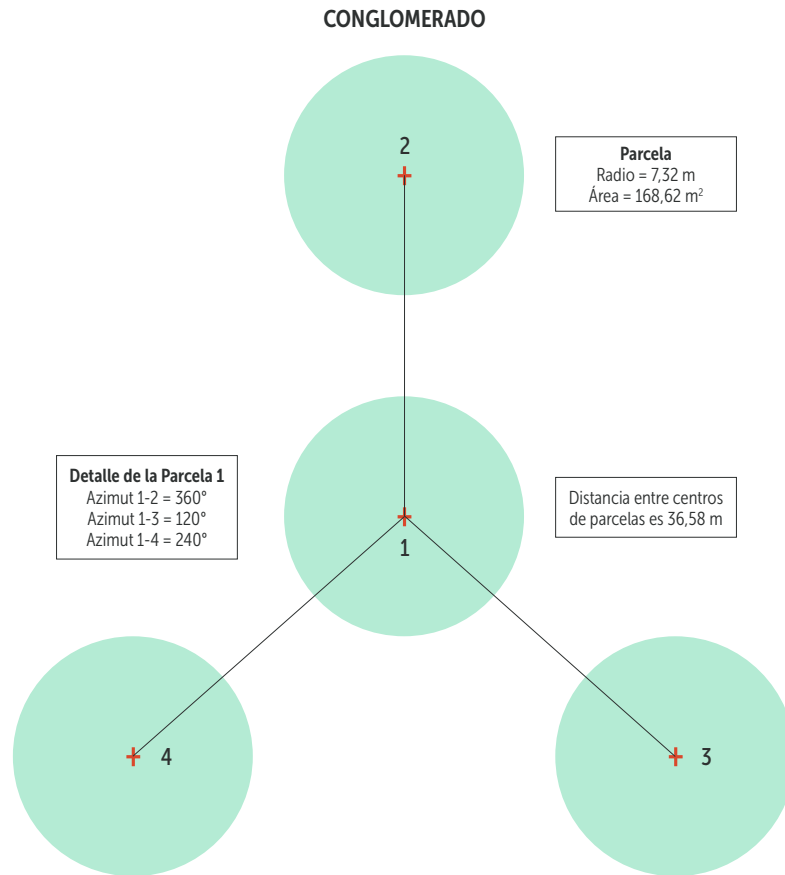
Un transecto planar de 14,64 m atraviesa el diámetro de cada parcela. A lo largo de este transecto se mide el diámetro de los desechos leñosos. En cada parcela, las líneas recorren direcciones específicas basadas en el número de parcelas. La Figura 18.6 ilustra la dirección de cada línea de transecto planar.

Los desechos leñosos gruesos incluyen árboles y arbustos muertos derribados, ramas grandes y otros trozos leñosos de más de 7,6 cm de diámetro y cortados de su fuente de crecimiento original. Se mide a lo largo de la línea del transecto en el punto en el que la línea del transecto toca los desechos (Servicio Forestal del USDA, 2018).

Los desechos leñosos finos incluyen las ramas muertas caídas, las ramas delgadas y los pequeños troncos de árboles o arbustos de menos de 7,6 cm de diámetro que no están sujetos a una fuente viva o muerta en pie. Se mide de 4,3 m a 6,1 m y de 4,3 m a 7,3 m a lo largo de la línea del transecto, dependiendo de la clase de desechos finos (ver Cuadro 18.7 para más detalles). Los desechos leñosos caídos se miden en el punto de contacto con la línea del transecto. Si la línea del transecto entra en contacto con los desechos leñosos caídos varias veces, se mide cada punto de contacto. También se registra la clase de descomposición (sólida, media, podrida) (Servicio Forestal del USDA, 2018).

FIGURA 18.4

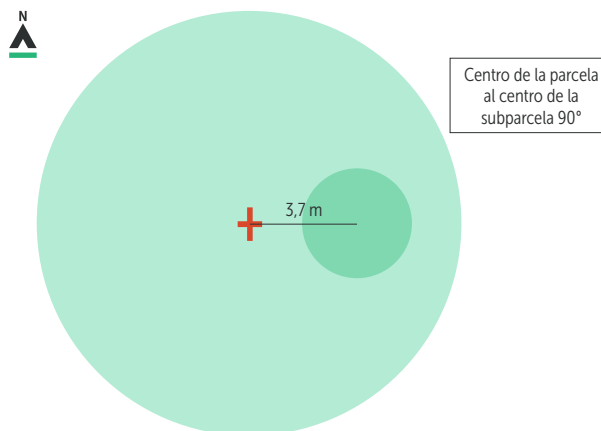
Distribución de la unidad de muestreo



Fuente: Servicio Forestal del USDA (2018).

FIGURA 18.5

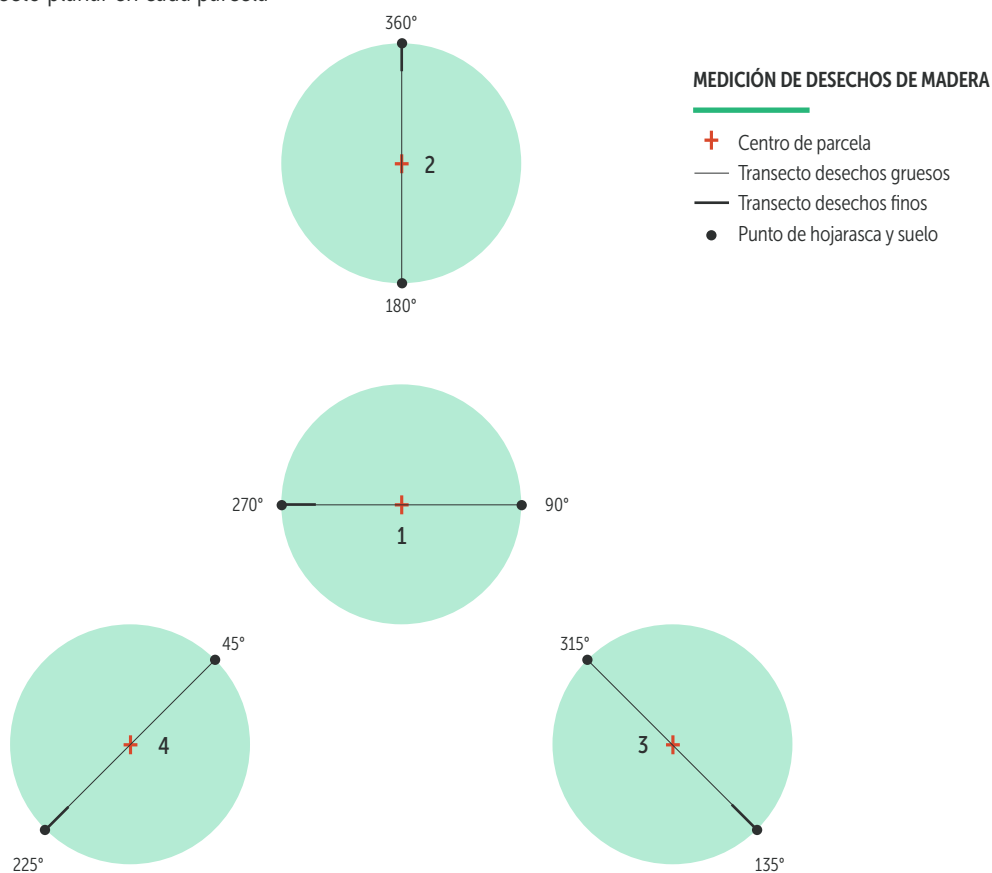
Configuración de la parcela



Fuente: Servicio Forestal del USDA (2018).

FIGURA 18.6

Configuración del transecto planar en cada parcela



Fuente: Servicio Forestal del USDA (2018).

CUADRO 18.7

Categorías de desechos leñosos finos

Categoría de desechos leñosos finos	Clase de tamaño	Rango del diámetro (D)	Longitud del transecto (distancia horizontal)	Ubicación del transecto (distancia horizontal)
FWD pequeño	1	0 cm ≥ D ≤ 0,90 cm	1,83 m	4,27 m a 6,10 m
FWD medio	2	1,00 cm ≥ D ≤ 2,50 cm	1,83 m	4,27 m a 6,10 m
FWD grande	3	2,60 cm ≥ D ≤ 7,60 cm	3,05 m	4,27 m a 7,32 m

Nota: FWD: desechos leñosos finos (por sus siglas en inglés).

CUADRO 18.8

Ecuaciones empleadas para los cálculos de volumen y biomasa/carbono

Variabes	Ecuación	Referencia
Volumen total (m ³) caducifolios	$1 - e^{1,0998 + (-0,82175 \times (+DAP - 16)^{0,5})} \times 0,0000192 \times DAP^{1,894} \times Altura^{1,203}$	Departamento Forestal/ Árboles para el Mañana (1999)
Volumen total (m ³) latifoliados	$\frac{DAP^2}{4} \times Altura \times Factor\ de\ Forma \times \pi$ 10 000	Departamento Forestal/ Árboles para el Mañana (1999)
Biomasa (kg)	Donde: DAP: diámetro a la altura del pecho No procede	

18.5 CÁLCULO DEL VOLUMEN

En Jamaica se utilizan dos ecuaciones para calcular los volúmenes; la primera ecuación se utiliza para el pino caribeño (*Pinus caribaea*). Una segunda ecuación se utiliza para medir todas las demás especies de latifoliadas (ver el Cuadro 18.8). Sin embargo, dependiendo de la especie, se aplica un factor de forma diferente (ver el Cuadro 18.9). Los datos de volumen se calculan utilizando Microsoft Excel.

La biomasa no se calculó anteriormente; sin embargo, se calculará en futuros inventarios. La ecuación que se empleará aún no se ha concretado.

18.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL EN LA UNIDAD DE GESTIÓN FORESTAL 18

Tras la finalización del primer IFN en 2003, se han realizado inventarios en las UGF. Los resultados presentados aquí corresponden al último inventario de las UGF llevado a cabo en Jamaica, que se completó en 2019. El estudio del IFN, utilizando la nueva metodología adoptada del Servicio Forestal del USDA, comenzará a finales de 2021.

El inventario más reciente se realizó en 2018-2019 en la UGF 18 (Dolphin Head), situada en el oeste de Jamaica. Este inventario evaluó un total acumulado de 1 639,23 ha para nueve Terrenos Forestales gestionados por el Departamento Forestal de Jamaica. Los datos recopilados en esta evaluación se utilizaron para informar sobre los planes operacionales y estratégicos de gestión de los Terrenos Forestales y los planes de silvicultura del Departamento Forestal, junto con los proyectos o programas que se llevarán a cabo en estos Terrenos Forestales específicos.

Los datos de las parcelas se introdujeron en una plataforma de Microsoft Excel para realizar el análisis de los datos y generar los informes pertinentes necesarios para la evaluación. Las principales variables registradas en el inventario fueron la frecuencia de especies, los árboles por hectárea por especie, el área basal, la riqueza de especies y los índices de uniformidad y diversidad.

La evaluación de 2018 del área de Dolphin Head Mountains se correlacionó con los hallazgos de

CUADRO 18.9

Factores de forma empleados para calcular el volumen de las especies latifoliadas

Especies	Factores de forma
Mahoe	0,59
Latifoliado	0,62
Santa Maria	0,63
Caoba de Honduras	0,53
Teca	0,63
Eucalipto	0,57
Otros	0,70

Camirand (2002) para mostrar que el tipo de suelo desempeña un papel en la distribución, composición, diversidad y crecimiento de los bosques jamaicanos. Los resultados también revelan que la distribución y la dominancia de las especies muestran el nivel de perturbación y la adaptabilidad de una formación forestal. Además, el acceso a las formaciones forestales que se encuentran en las cimas de las colinas determinará su nivel de perturbación. Hay mucha variabilidad en la vegetación y la composición de especies en los Terrenos Forestales, sin importar su proximidad. En general, los resultados sugieren que es necesario un marco de monitoreo para gestionar el nivel de perturbación dentro de la UGF. Esta actividad especificaría los esfuerzos necesarios para mejorar la diversidad y la calidad de la cobertura vegetal dentro de la UGF de Dolphin Head.

No se calculó el volumen, ya que sólo se calcula en las zonas que contienen plantaciones de árboles madereros y en esta zona no existen este tipo de plantaciones. La biomasa y el carbono no se evaluaron como parte de la metodología del inventario anterior.

18.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

Actualmente, se está desarrollando una nueva metodología para el programa de IFN de Jamaica. Por ello, aún no se han ultimado todos los detalles del aseguramiento de la calidad. El programa modificado del IFN se regirá por una política de

aseguramiento de la calidad (AC), que actualmente se encuentra en fase de documento de trabajo. Este documento contendrá procedimientos y metodologías diseñados para mitigar y corregir errores en el programa de IFN. Estos procedimientos incluirán:

- capacitación estructurada para los equipos de campo y los equipos de AC antes de iniciar la recopilación de los datos de campo;
- capacitación en dendrología para los equipos de campo y los equipos de AC;
- adopción de la plataforma Mobile Integrated Data Acquisition System (MIDAS) del Servicio Forestal del USDA (Servicio Forestal del USDA, 2021). Este programa cuenta con controles lógicos incorporados y limitación del rango de valores.

El Departamento Forestal promoverá una distribución de género del 50% de hombres y el 50% de mujeres en sus actividades.

Además, el Departamento Forestal incorporará imágenes satelitales y otros datos de teledetección para complementar el análisis de los datos de campo. La reciente adquisición de dos unidades de vehículos aéreos no tripulados (VANT) facilitará la evaluación de zonas inaccesibles en las Montañas Azules y Cockpit Country, los mayores bloques forestales de la isla.

18.8 PERSPECTIVAS A FUTURO

El Departamento Forestal de Jamaica llevará a cabo el IFN durante cinco años (2021-2024). Esta evaluación es el primer inventario forestal que utiliza UM permanentes distribuidas sistemáticamente por toda Jamaica. Las categorías de cobertura forestal de Jamaica están experimentando continuamente cambios significativos en el uso de la tierra debido a diversos impulsores de la deforestación, como la agricultura, la expansión de las urbanizaciones y el aumento de la inversión en infraestructuras turísticas.

El nuevo IFN proporcionará datos/información de referencia en toda la isla que permitirán tomar decisiones informadas para promover una gestión más sostenible de los recursos forestales nacionales.

Para poner en marcha el programa es necesario alcanzar varios hitos, entre ellos los siguientes:

- la capacitación de los equipos de campo para la recopilación de datos del inventario forestal;
- la capacitación del equipo de Análisis del Inventario Forestal (FIA, por sus siglas en inglés) para interpretar los datos y generar informes;
- la instalación y activación del programa MIDAS modificado del Servicio Forestal del USDA para almacenar, analizar y gestionar los datos del inventario;
- adquisición de un registrador digital portátil.

Una vez alcanzados los hitos mencionados, podrá comenzar el primer ciclo del IFN para Jamaica.



REFERENCIAS

Camirand, R. 2002. *Analysis of Forest Environment Relationships, Dolphin Head, Jamaica*. Trees for Tomorrow Project Draft report. Kingston, Departamento Forestal, Ministerio de Agricultura.

Departamento Forestal. 2015. *Jamaica's Land Use Cover Assessment: A comparative assessment of forest change between 1998 and 2013*. Kingston.

Departamento Forestal. 2017. *Jamaica National Forest Management and Conservation Plan*. Kingston. (disponible en: https://megjc.gov.jm/docs/policies/nfmcp_draft_jan_2017.pdf).

Departamento Forestal/Árboles para el Mañana. 1999. *Land use/cover types areas 1989 and 1998 per watershed management unit and protection status*. Informe Técnico. Kingston.

Healey, J. 1990. Regeneration in a Jamaican montane tropical rainforest (tesis de doctorado sin publicar). University of Cambridge.

Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). 2018. *Forest Inventory and Analysis: National Core Field Guide. Vol. 1: Field data collection procedures for Phase 2 plots*. Washington, DC. (disponible en: www.fia.fs.fed.us/library/field-guides-methods-proc/docs/2018/core_ver8-0_10_2018_final.pdf).

Servicio Forestal del USDA. 2021. Mobile Integrated Data Acquisition System. (disponible en: <https://apps.fs.usda.gov/fia/midas-v2/main>). Acceso: 17 de julio de 2021.



© Departamento Forestal, Jamaica

Capítulo



MÉXICO

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE SUELOS DE MÉXICO

José Armando Alanís de la Rosa, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México
Rubi Angélica Cuenca Lara, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México
Carina Edith Delgado Caballero, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México
Sergio Armando Villela Gaytán, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México
Rafael Mayorga Saucedo, Comisión Nacional Forestal, Periférico Poniente 5360, Col. San Juan de Ocotán, C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México

19.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS NACIONALES FORESTALES EN MÉXICO

La experiencia en inventarios forestales en México inicia con el Primer Inventario Nacional Forestal desarrollado en el período 1961-1985, con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el cual sentó las bases técnicas y administrativas en materia de inventarios en México mediante el uso de fotografías aéreas, imágenes de satélite y un muestreo intensivo en campo; este fue un proyecto orientado principalmente a evaluar las áreas forestales maderables de mayor valor comercial. Sus contribuciones más importantes fueron la generación de cartografía a escala 1:50 000 y 1:100 000, tablas de volumen para los géneros *Pinus* y *Quercus* principalmente, así como diversas estadísticas dasométricas y memorias tanto a nivel nacional como estatal (SARH, 1994; Caballero, 1999; INIF y FAO, 1965).

La actualización de la información sobre los recursos forestales en el país no se dio sino hasta el año 1991 con la elaboración del Inventario Nacional Forestal de Gran Visión, en el cual se utilizaron métodos indirectos de medición, sin realizar el levantamiento de datos en campo; a partir de este esfuerzo, se integró por primera vez información a escala nacional y se generaron mapas de vegetación a escala 1:1 000 000, detallando vegetación forestal y no forestal en 17 clases. Este inventario sirvió de base para realizar el Inventario Nacional Periódico un año más tarde, así como para detallar y actualizar la información mediante el uso de imágenes de satélite de alta resolución y la generación de mapas a escala 1:250 000 para todo el territorio nacional, además de zonificar las áreas forestales con base en su aptitud y función. En este inventario se implementó un muestreo en campo de baja intensidad mediante parcelas de muestreo con distribución sistemática y el almacenamiento de los datos en archivos magnéticos que, posteriormente, se utilizarían con sistemas de información geográfica (SIG) (SEMARNAT, 2005; SARH, 1994; SEMARNAT, 2002).

El cuarto Inventario Nacional Forestal (2000) estuvo a cargo de la Universidad Nacional Autónoma de México y se considera un inventario inconcluso, ya que solo se completó la primera etapa, consistente en la elaboración de cartografía a partir de interpretación visual de imágenes de satélite; la fase de trabajos de campo y la evaluación dasométrica no fue realizada en este inventario (SEMARNAT, 2002).

Finalmente, a partir de la promulgación de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS) de 2003 y hasta la fecha, se instrumenta el Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) como un instrumento de política nacional en materia forestal, confiando a la federación, a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), regular la metodología y los procedimientos para su implementación a partir del año 2004.

Lo anterior marca el inicio de un proyecto consistente metodológicamente, comparable en el tiempo y con un carácter multipropósito que se actualiza cada cinco años.

Para orientar la implementación del INFyS, se elaboró el Documento Estratégico Rector con la colaboración de los Servicios Forestales de los Estados Unidos de América y del Canadá, los Institutos de Investigaciones Forestales de Finlandia y de México (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias [INIFAP]), y dependencias del gobierno federal como la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE), además de la CONAFOR; conforme a la mencionada LGDFS, esta última fue designada como la responsable de implementar el INFyS.

En 2014, el INFyS fue catalogado como Información de Interés Nacional (IIN), de conformidad con lo establecido en el artículo 78 de la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), dando cumplimiento a los cuatro criterios siguientes: i) generar grupos de datos o indicadores; ii) contribuir al diseño y evaluación de políticas públicas nacionales; iii) generar información de manera regular y periódica; y iv) contar con una metodología científicamente sustentada.

El objetivo general del INFyS es contar con información cartográfica y estadística de los ecosistemas y suelos forestales del país para apoyar el diseño, implementación y evaluación de la política nacional dirigida a promover el desarrollo forestal, así como contar con información sobre la extensión y localización de los terrenos forestales y preferentemente forestales, la cuantificación de los recursos forestales, incluyendo información sobre los bienes y servicios ambientales e impactos ambientales, la dinámica de cambios en la cobertura forestal con las tendencias de deforestación

y degradación, los criterios e indicadores de sustentabilidad e información sobre reducción de emisiones derivadas de acciones de prevención de la deforestación y degradación forestal, como mandato de ley, entre otra información complementaria como es el caso de la diversidad de especies, regeneración natural, salud forestal, estado del suelo y material combustible, entre otros. El INFyS es uno de los componentes base del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal que aporta información para la generación de otros instrumentos de planeación como son la Zonificación Forestal, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del sector forestal, la carta de uso del suelo y vegetación y mapas de cobertura forestal.

A la fecha, se cuenta con dos ciclos de muestreo concluidos (2004-2009 y 2009-2014), que permitieron hacer posible la comparación y el análisis de las tendencias de los recursos forestales nacionales; se han publicado dos informes de resultados con los indicadores forestales para cada ciclo, disponibles en el Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal (SNIGF) (<https://snigf.cnf.gob.mx/inventario-nacional-forestal/>). La ejecución del tercer ciclo (2015-2020) está en proceso de integración y análisis; la malla de muestreo base es de 26 220 conglomerados distribuidos a lo largo del país, con cobertura en todos los ecosistemas presentes, óptimo para la caracterización de estas comunidades vegetales (véase el Cuadro 19.1 y la Figura 19.1). Adicionalmente, esta información fue la base para la elaboración de 32 Inventarios Estatales Forestales y de Suelos (IEFyS) (<https://snigf.cnf.gob.mx/inventario-estatales/>).

CUADRO 19.1

Descripción histórica del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
INFyS 1	2004-2009	Nacional	Muestreo estratificado sistemático por conglomerados en dos etapas	26 220
INFyS 2	2009-2014	Nacional	Muestreo estratificado sistemático por conglomerados en dos etapas	26 220
INFyS 3	2014-2019	Nacional	Muestreo estratificado por conglomerados	26 220

FIGURA 19.1

Malla de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: CONAFOR (2020).

19.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL ÚLTIMO INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE SUELOS

El marco de referencia para la delimitación de los terrenos forestales y su vegetación en México está basado en el grupo de información ecológica, florística y fisonómica de las series de uso de suelo y vegetación, publicadas por el INEGI y cuyo sistema de clasificación se basa en los trabajos de Rzedowski (1978) y Miranda y Hernández-X. (1963).

El INFyS genera la caracterización de los recursos forestales a nivel nacional con base en la citada información del INEGI y, de acuerdo con la definición de vegetación forestal del país establecida en la LGDFS, incluye aquella vegetación que se desarrolla de forma natural en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas y otros ecosistemas naturales, así como los suelos de los terrenos forestales y preferentemente forestales.

Conforme a la normativa nacional, los bosques se definen como:

... vegetación forestal principalmente de zonas de clima templado, en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al diez por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados (artículo 2, fracción V, Reglamento de LGDFS).

Sus variables y umbrales se muestran en el Cuadro 19.2 y son considerados un subconjunto del recurso forestal en el que se suele incluir la vegetación de clima tropical o selvas para fines de reporte, así como a todas aquellas masas con vegetación de tipo leñoso presentes en el país.

La información dasométrica para caracterizar los ecosistemas forestales se recaba mediante el levantamiento de datos en campo en el estrato arbóreo, siguiendo la metodología del INFyS; a nivel

individual se registran variables como el diámetro normal y la altura total, las cuales se utilizan para la estimación del volumen maderable y biomasa por encima del suelo, entre otros indicadores, mediante el uso de ecuaciones alométricas generadas específicamente para el país y región en particular. En el Cuadro 19.2 se presentan las principales definiciones que se utilizan para implementar el INFyS.

Cabe mencionar que, conforme al sistema de clasificación nacional, en México se identifican un total de 60 comunidades vegetales o tipos de vegetación a lo largo del país con sus respectivos desarrollos (primario y secundario) y fases de

vegetación (secundario arbóreo, arbustivo y herbáceo), mismas que el INFyS agrupa por afinidad biológica en 11 formaciones forestales para fines de reportes nacionales (Figura 19.2), y que se generalizan en bosques y otras tierras boscosas para el caso de reportes internacionales, como es el caso de la Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés). Asimismo, las series de uso del suelo y vegetación incluyen información sobre terrenos con uso agrícola y pecuario, que se catalogan como áreas no forestales o bien otras tierras, como se observa en la tabla de correspondencia y definiciones nacionales (Cuadro 19.3).

CUADRO 19.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Vegetación forestal principalmente de zonas de clima templado y tropical (bosques y selvas), en la que predominan especies leñosas perennes que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al diez por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados (artículo 2, fracción V, Reglamento de LGDFS)	Superficie mínima: > 0,5 ha Cubierta de dosel: > 10% Altura de árboles: 5 m Exclusiones: tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano
Otras tierras boscosas	Vegetación forestal principalmente de zonas de semiárido y árido, en la que predominan especies de matorrales que se desarrollan en forma espontánea, con una cobertura de copa mayor al diez por ciento de la superficie que ocupa, siempre que formen masas mayores a 1,500 metros cuadrados (definición de vegetación forestal de zonas áridas [Reglamento de la LGDFS], correspondiente a la definición de otras tierras boscosas [FAO, 2018])	Superficie mínima: > 5 ha Altura de árboles: > 5 m Cobertura de copa: 5% a 10% (árboles capaces de alcanzar estos límites mínimos <i>in situ</i>) Cubierta mixta de arbustos, matorrales o árboles: > 10% Exclusiones: tierra sometida a un uso predominantemente agrícola
Otras tierras	Superficie que no ha sido clasificada como bosque u otras tierras boscosas	
Volumen	Volumen rollo total árbol (RTA): Volumen de madera en metros cúbicos del fuste y corteza del árbol, sin incluir ramas (NOM-152-SEMARNAT-2006), estimado a partir de modelos alométricos que incluyen como variables dependientes el diámetro normal y la altura total	Arbolado vivo y muerto en pie a partir de 7,5 cm de diámetro normal (medido a 1,3 m)
Biomasa	Biomasa viva por encima del suelo, el cual incluye al individuo completo constituido por el tronco, la base o tocón, las ramas, la corteza y las hojas, estimado a partir de modelos alométricos	Arbolado vivo a partir de 7,5 cm de diámetro normal (medido a 1,3 m)

CUADRO 19.3

Definiciones nacionales por formación forestal y correspondencias por tipos de vegetación

Definición	Tipo de vegetación	Correspondencia FRA 2020
Comunidades arbóreas, subarbóreas u ocasionalmente arbustivas, principalmente de zonas templadas y semifrías; con mínima variación de especies de coníferas. Se les encuentra prácticamente desde el nivel del mar hasta el límite superior de la vegetación arbórea, que en México es alrededor de los 4 000 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) (Rzedowski, 2006; INEGI, 2015).	Bosque de ayarín	Bosque
	Bosque de pino	Bosque
	Bosque de cedro	Bosque
	Bosque de oyamel	Bosque
	Bosque de táscate	Bosque
	Matorral de coníferas	Otras tierras boscosas

CONTINUA CUADRO 19.3

	Definición	Tipo de vegetación	Correspondencia FRA 2020
Coníferas y latifoliadas	Agrupa bosques mixtos de pino-encino o encino-pino según la especie dominante; son consideradas como fases de transición en el desarrollo de bosques puros, aunque en México pueden ser consideradas vegetación clímax por su vasta distribución (Rzedowski, 2006). Se distribuyen ampliamente en las partes altas de los sistemas montañosos del país.	Bosque de encino-pino	Bosque
		Bosque de pino-encino	Bosque
Latifoliadas	Incluye comunidades vegetales con dominancia del género <i>Quercus</i> , características de zonas montañosas que constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de clima templado y semihúmedo en México junto con los pinares, presentes también en regiones de clima cálido, zonas francamente húmedas, incluso en zonas semiáridas (Rzedowski, 2006). Agrupa a su vez los bosques de galería, comunidades arbóreas que forman franjas angostas de vegetación en los márgenes de los ríos o arroyos en condiciones de humedad edáfica favorable, en sitios con climas templados a secos.	Bosque de encino	Bosque
		Bosque de galería	Bosque
Bosque mesófilo	Se caracteriza por la presencia de vegetación arbórea densa a muy densa, con epífitas y helechos que se localiza principalmente en montañas, barrancas y sitios que presentan condiciones favorables de humedad y neblinas frecuentes. En México se localiza entre los 600 m s. n. m. y 2 800 m s. n. m. (INEGI, 2015; Rzedowski, 2006).	Bosque mesófilo de montaña	Bosque
Selvas altas y medianas	Ecosistemas que se presentan en zonas con clima cálido y húmedo (cuya precipitación media anual fluctúa de 1 100 mm a 4 000 mm y de 1 000 mm a 1 600 mm, respectivamente). Se distribuyen en sitios cuya altura va del nivel del mar a los 1 500 m y hasta los 2 500 m. Las selvas altas son las más exuberantes y de mayor desarrollo en el país, se distinguen por componerse de árboles cuya altura dominante sobrepasa los 30 m. Los árboles tienen troncos rectos y raíces tabulares, también llamadas contrafuertes, y poseen copas más o menos esféricas. Las selvas medianas comparten las características anteriores, sin embargo, predominan árboles cuya altura es menor (de 15 m a 25 m) aunque puede igualar a la de la selva alta perennifolia; la luz al interior de esta comunidad es mayor que en la selva alta, lo cual favorece el desarrollo de plantas de sotobosque (plantas semileñosas o no leñosas, no mayores a 1,5 m de altura) (INEGI, 2015; Pennington y Sarukhán, 2005).	Selva alta perennifolia	Bosque
		Selva alta subperennifolia	Bosque
		Selva mediana caducifolia	Bosque
		Selva mediana perennifolia	Bosque
		Selva mediana subcaducifolia	Bosque
		Selva mediana subperennifolia	Bosque
Selvas bajas	Definidas por especies arbóreas de porte bajo de 4 m a 10 m de alto y que eventualmente llegan a alcanzar 15 m, agrupa comunidades de climas cálido húmedo y subhúmedo distinguidas por especies arbóreas que pierden las hojas durante el período seco del año y comunidades de distintas variedades de selva espinosa de condiciones más secas, pero a su vez más húmedas que las propias de los matorrales y que ocupa suelos más profundos (Rzedowski, 2006).	Selva baja caducifolia	Bosque
		Selva baja espinosa caducifolia	Bosque
		Selva baja espinosa subperennifolia	Bosque
		Selva baja perennifolia	Bosque
		Selva baja subcaducifolia	Bosque
		Selva baja subperennifolia	Bosque
Manglar	Comunidad densa, dominada principalmente por árboles o arbustos perennifolios con adaptaciones reproductivas como la viviparidad y adaptaciones especiales a la vida en lugares inundados y sujetos a las mareas, como sus sistemas radiculares convertidos en neumatóforos y en raíces zancudas, que tienen, respectivamente, funciones de captación de oxígeno del aire y de fijación en el terreno lodoso, con alturas que pueden variar, de manera general, desde 1 m hasta 30 m. Se desarrolla en las márgenes de lagunas costeras y esteros y en desembocaduras de ríos y arroyos, pero también en las partes bajas y fangosas de las costas; siempre sobre suelos profundos, en sitios inundados sin fuerte oleaje o con agua estancada (INEGI, 2015; Pennington y Sarukhán, 2005).	Manglar	Bosque

CONTINUA CUADRO 19.3

	Definición	Tipo de vegetación	Correspondencia FRA 2020
Otras asociaciones arboladas	Incluye varios tipos de vegetación forestal con presencia de especies del estrato arbóreo, con una fisonomía y composición florística muy diversa y que por sus características particulares no pueden ser incluidos en otras formaciones de vegetación forestal.	Bosque cultivado	Bosque
		Bosque inducido	Bosque
		Palmar natural	Bosque
		Selva de galería	Bosque
		Vegetación de petén	Bosque
		Palmar inducido	Otras tierras
		Sabana	Otras tierras
		Sabanoide	Otras tierras
Zonas semiáridas	Comunidades vegetales que se desarrollan en zonas donde el déficit de humedad llega a ser severo en la mayor parte del año, pero con una estación húmeda definida; la precipitación media anual en las regiones del norte va de 200 mm a 350 mm y en las regiones del sur y centro del país de 400 mm a 800 mm (CONAZA y UACH, 2004). En estas zonas se alberga una gran cantidad de especies de plantas, que han evolucionado, con características morfológicas particulares para adaptarse a las condiciones ambientales restrictivas en que se desarrollan, por lo que una elevada proporción de ellas son especies endémicas (INEGI, 2015).	Bosque de mezquite	Bosque
		Mezquital tropical	Bosque
		Chaparral	Otras tierras boscosas
		Matorral espinoso tamaulipeco	Otras tierras boscosas
		Matorral sarcocaulé	Otras tierras boscosas
		Matorral sarco-crasicaulé	Otras tierras boscosas
		Matorral sarco-crasicaulé de neblina	Otras tierras boscosas
		Matorral submontano	Otras tierras boscosas
		Matorral subtropical	Otras tierras boscosas
		Mezquital xerófilo/desértico	Otras tierras boscosas
		Vegetación de galería	Otras tierras
Zonas áridas	Comunidades vegetales distribuidas principalmente en las zonas áridas del país, definidas por una época de lluvias muy corta (menor a tres meses) y con lluvias escasas; la precipitación promedio anual generalmente no llega a ser superior a 250 mm, con rangos de temperatura media anual que van de los 18 °C a los 29 °C. Zonas muy diversas en formas de vida y especies, predominando las plantas suculentas y semisuculentas (INEGI, 2015).	Matorral crasicaulé	Otras tierras
		Matorral desértico micrófilo	Otras tierras
		Matorral desértico rosetófilo	Otras tierras
		Matorral rosetófilo costero	Otras tierras
		Vegetación de desiertos arenosos	Otras tierras
Otras áreas forestales	Comunidades que se encuentran bien definidas entre sí, dominadas por especies de tipo herbácea que incluye comunidades de vegetación gipsófila, que se desarrolla sobre suelos yesosos y halófila de las cuencas endorreicas de las zonas áridas y semiáridas; pastizales comunidades vegetales en las que dominan las gramíneas (pastizal natural, pradera de alta montaña y pastizales gipsófilos) y humedales ligadas al medio acuático o al suelo más o menos permanentemente saturado con agua (popal y tular) (INEGI, 2015).	Pradera de alta montaña	Otras tierras
		Tular	Otras tierras
		Vegetación de dunas costeras	Otras tierras
		Vegetación gipsófila	Otras tierras
		Vegetación halófila xerófila	Otras tierras
		Vegetación halófila hidrófila	Otras tierras
		Vegetación secundaria herbácea	Otras tierras
		Pradera de alta montaña	Otras tierras
		Tular	Otras tierras
		Vegetación de dunas costeras	Otras tierras
		Vegetación gipsófila	Otras tierras
		Vegetación halófila xerófila	Otras tierras
		Vegetación halófila hidrófila	Otras tierras
Vegetación secundaria herbácea	Otras tierras		

CONTINUA CUADRO 19.3

Definición	Tipo de vegetación	Correspondencia FRA 2020
Áreas no forestales Engloban aquellas zonas que, ya sea por procesos de cambio de uso de suelo como las áreas urbanas y los terrenos agrícolas o por características naturales, no presentan cobertura vegetal forestal.	Desprovisto de vegetación	Otras tierras
	Sin vegetación aparente	Otras tierras
	Pastizal cultivado e inducido	Otras tierras
	Agricultura de humedad, temporal y riego	Otras tierras
	Asentamientos humanos	Otras tierras
	Zona urbana	Otras tierras
	Acuícola	Otras tierras

Nota: FRA: Evaluación de los recursos forestales mundiales

19.3 DISEÑO DE MUESTREO

En el mapa que muestra la Figura 19.2, se presenta el marco de referencia para conocer la distribución y superficie de ocupación de la cubierta vegetal, a partir del conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación a escala 1:250 000 del INEGI. En esta área se consideran 54 agrupaciones vegetales o tipos de vegetación, representadas a lo largo del país e incluidas en 11 formaciones forestales (CONAFOR, 2018a).

El INFyS tiene una función estratégica cuya resolución semántica, como se ha mencionado, se basa en el sistema de clasificación de la vegetación del INEGI, por lo que, a partir de la carta de uso del suelo y vegetación, se determina la población objetivo y diseño de muestreo del INFyS, además de la resolución espacial, a escala 1:250 000, óptima para responder a las necesidades de información a nivel nacional.

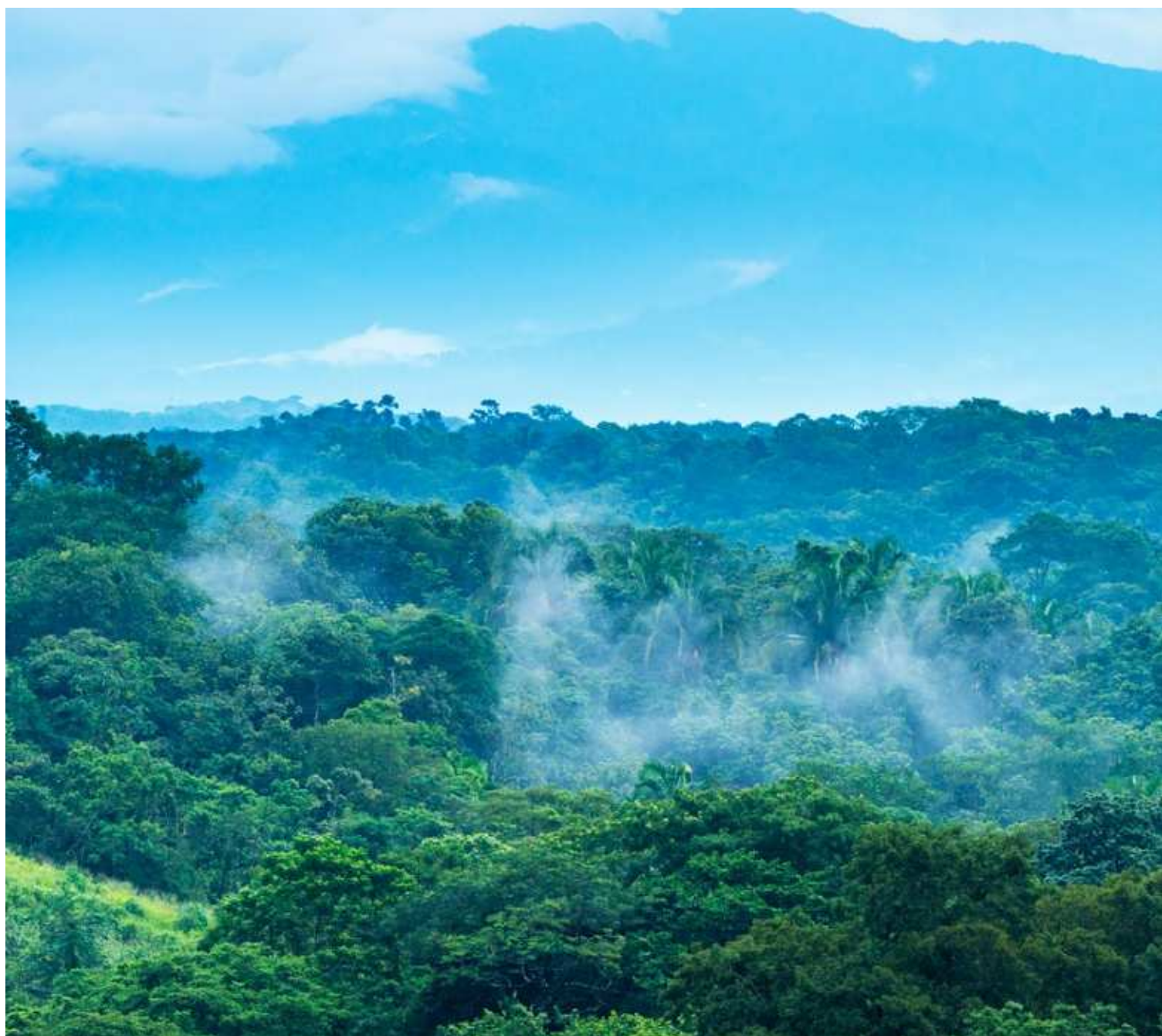
FIGURA 19.2

Mapa de formaciones forestales a partir de la carta de uso del suelo y vegetación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: CONAFOR (2018a).



Para la obtención de datos en campo, se utiliza un muestreo estratificado sistemático por conglomerados en dos etapas, con una resolución temporal de cinco años (SEMARNAT *et al.*, 2004).

La población objetivo del INFyS son todos aquellos recursos forestales presentes en el país que se desarrollan de manera natural, que incluyen tanto bosques templados como tropicales o selvas, así como zonas áridas y semiáridas, palmares, manglares y comunidades hidrófilas y otras áreas forestales.

Para caracterizar estas comunidades vegetales, se identificaron grandes grupos o estratos, tomando en consideración aquellas características comunes como, por ejemplo, la afinidad ecológica y florística, así como las condiciones de las comunidades vegetales del país, la variabilidad estadística y su importancia forestal. Asimismo, se tomaron en cuenta las necesidades de reporte del país, con la finalidad de reducir el error muestral y mejorar la precisión de los resultados esperados. De esta manera, se pueden diferenciar bosques y selvas, comunidades semiáridas y comunidades áridas, como los tres grandes estratos base para el diseño metodológico del INFyS (CONAFOR, 2018a).



La base cartográfica para la estratificación y planeación del levantamiento de datos en campo para ciclo de muestreo es la siguiente:

- primer ciclo de inventario (2004-2009): carta de uso del suelo y vegetación, serie III, publicada en 2002;
- segundo ciclo de inventario (2009-2014): carta de uso del suelo y vegetación, serie IV, publicada en 2007;
- tercer ciclo de inventario (2015-2020): carta de uso del suelo y vegetación, serie V, publicada en 2012.

El sistema de muestreo utilizado, en general, fue sistemático estratificado, controlado por una malla equidistante de 5 kilómetros (km) por 5 km que divide al país en una retícula uniforme y que sirve para establecer una intensidad de muestreo definida y distribuida homogéneamente en todo el territorio y en todos los tipos de vegetación existentes.

En esta malla se distribuyen espacialmente las unidades de muestreo primarias (UMP) o conglomerados, en función de tres distanciamientos, diferenciados de acuerdo con los estratos identificados, tal y como se describe en el Cuadro 19.4, presentándose una mayor muestra en aquellos ecosistemas con mayor variabilidad (SEMARNAT *et al.*, 2004).

Este diseño brinda la posibilidad de intensificar el muestreo en las zonas con mayor diversidad y contribuye a obtener una mayor precisión estadística en las estimaciones por subgrupo, como es el caso de los subgrupos reportados por el INFyS a nivel de 11 formaciones forestales, como se observa en la Figura 19.3.

Asimismo, la red de puntos a cada 5 km y el carácter continuo de este inventario nacional están diseñados para que el número de unidades de muestreo pueda aumentarse para contar con mayor detalle, ya sea para realizar inventarios estatales y/o a nivel operativo (de manejo), o bien, en áreas de interés específico, como pueden ser las de mayor dinámica de cambio.

La muestra nacional del INFyS corresponde a un total de 26 220 UMP o conglomerados (Cuadro 19.5), que se concentran principalmente en ecosistemas de bosques y selvas, debido a una mayor intensidad de muestreo en estas zonas por su composición; una tercera parte de estos conglomerados se ubican en áreas más homogéneas, por lo tanto, se requiere una intensidad de muestreo menor.

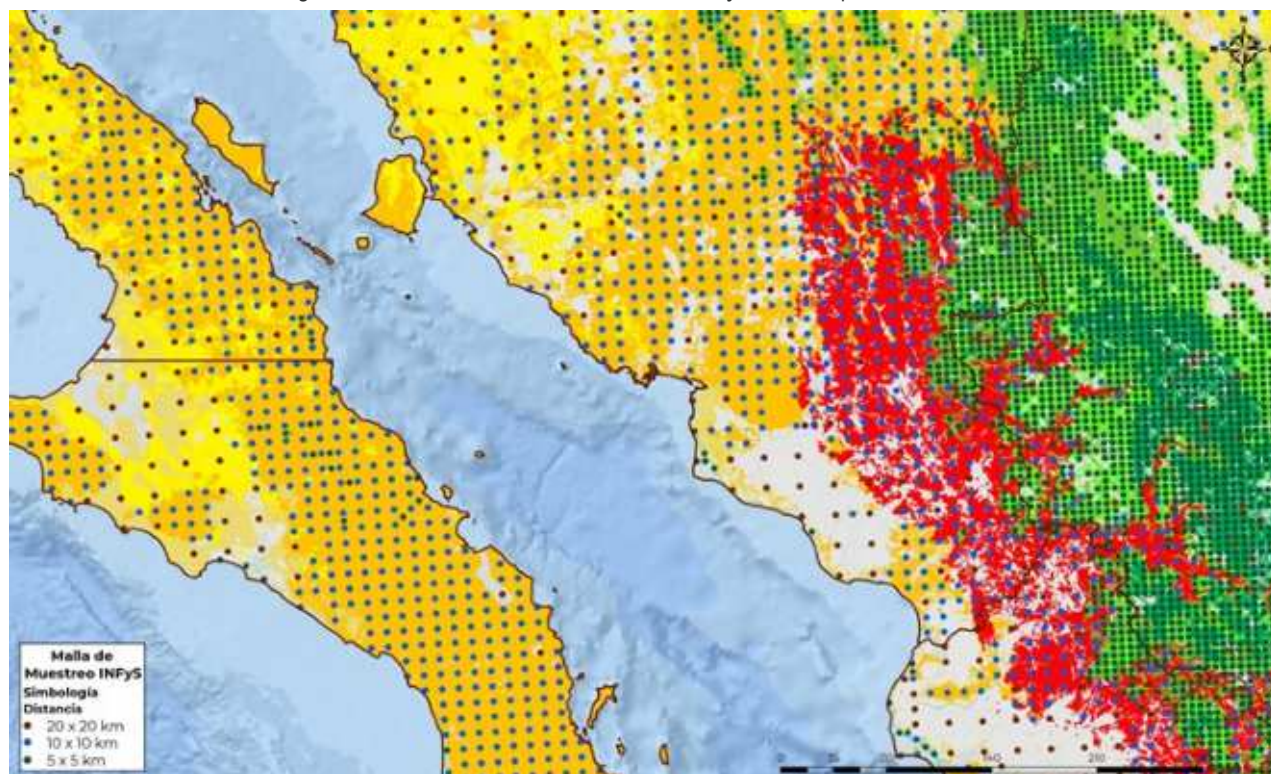
CUADRO 19.4

Distanciamientos de la malla de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos por estrato

Distanciamiento (km)	Grupo vegetal		Proporción de la muestra (%)
5 x 5	Bosques y selvas	Bosque, bosque cultivado, galería, manglar, palmar y selva alta y mediana	71
10 x 10	Comunidades semiáridas	Zonas semiáridas, selva baja y comunidades subacuáticas	16
20 x 20	Comunidades áridas	Zonas áridas y otros conceptos como áreas no forestales	13

FIGURA 19.3

Vista de la distribución de conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos por estrato de muestreo



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: SEMARNAT *et al.* (2004).

En cuanto a la temporalidad, la totalidad de la muestra se obtiene en ciclos quinquenales, para lo cual se realiza anualmente el levantamiento de datos en campo en el 20% del número total de los conglomerados de manera sistemática. Siguiendo la disposición de la malla de muestreo, se asigna el consecutivo de medición que le corresponde a cada parcela y se recolectan datos en alrededor de 5 200 conglomerados cada año, en función de la disponibilidad de recursos presupuestales y de la posibilidad de acceso a los sitios a evaluar. De esta forma, al cabo de cada ciclo de cinco años, se obtiene información representativa para todos los tipos de vegetación de manera oportuna y acumulativa para todo el país (Figura 19.4).

El diseño de muestreo, tamaño de muestra y forma de los sitios, así como las variables con las que se instrumentó el INFyS, son resultado de un trabajo previo realizado por el INIFAP para la SEMARNAT,

a manera de continuación del Inventario Forestal Nacional del 2000. Para este último, se llevó a cabo el levantamiento dasonómico preliminar en las cuencas Lerma Chapa y Pánuco, a partir del que se determinaron los parámetros estadísticos con los que se implementó el INFyS a partir de 2004 (SEMARNAT *et al.*, 2004).

Tanto las características que describen a detalle el diseño de muestreo del INFyS como las metodologías para el levantamiento de las variables en campo están ampliamente descritas en los manuales de campo del INFyS, publicados por la CONAFOR en formato digital; estos manuales contienen las especificaciones y requerimientos técnicos de la información recabada (<https://snigf.cnf.gob.mx/documentos-metodologicos/>).

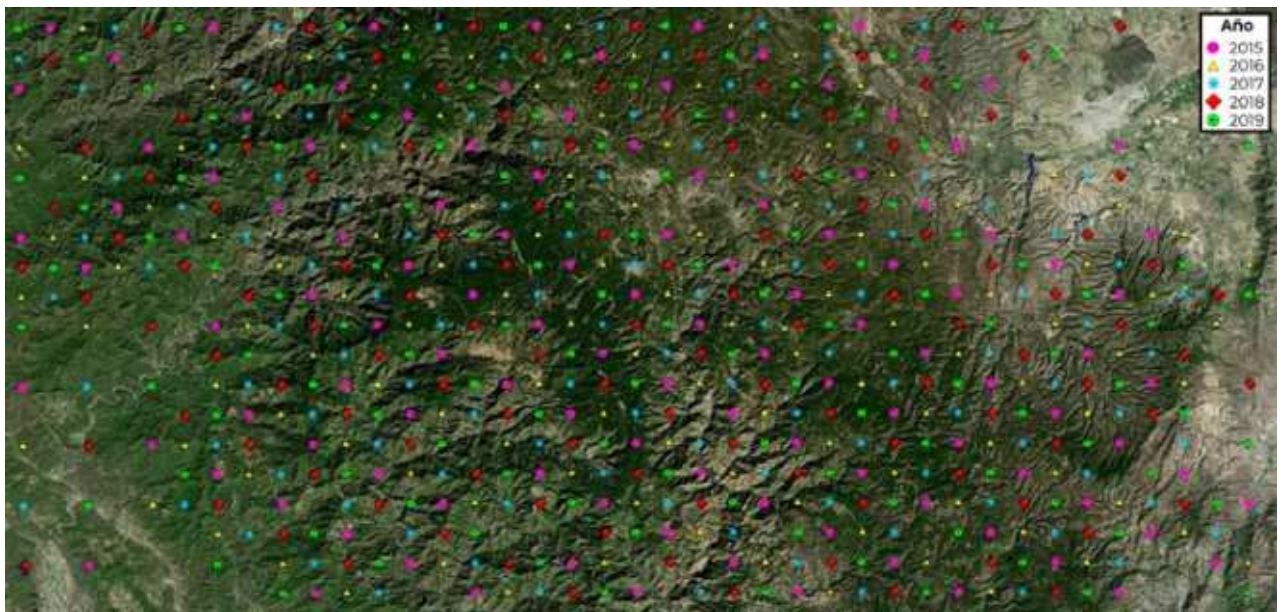
CUADRO 19.5

Características del diseño de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Suelos

Nombre de la región	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total número de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Nacional	137 845,14	19 542	1 912	4 766	26 220

FIGURA 19.4

Distribución anual de los conglomerados



Fuente: Elaboración propia.

19.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

La metodología del INFyS contempla dos niveles de muestreo; una de ellas se concentra en la UMP o conglomerado, donde se recaba principalmente la información general sobre la ubicación y sus características físicas y geográficas.

Desde el punto de vista conceptual, un conglomerado representa una parcela de 1 hectárea (ha) establecida para la selección de la muestra a estudiar, la cual se integra de cuatro unidades de muestreo secundarias (UMS), sitios o subparcelas, dispuestos geométricamente en forma de "Y invertida" con respecto al norte. Para los años de 2004 a 2012, la forma de las UMS variaba de rectangular, para el caso de las selvas, a una forma circular para los demás tipos de vegetación. A partir de 2012 y hasta la fecha, la forma de los sitios es circular para todos los tipos de vegetación.

En cada una de las cuatro UMS o subparcelas, se recaba la mayor parte de la información dasométrica y cuantitativa a nivel de individuo para la caracterización de los tres estratos vegetales de composición (arbóreo, arbustivo y herbáceo) como

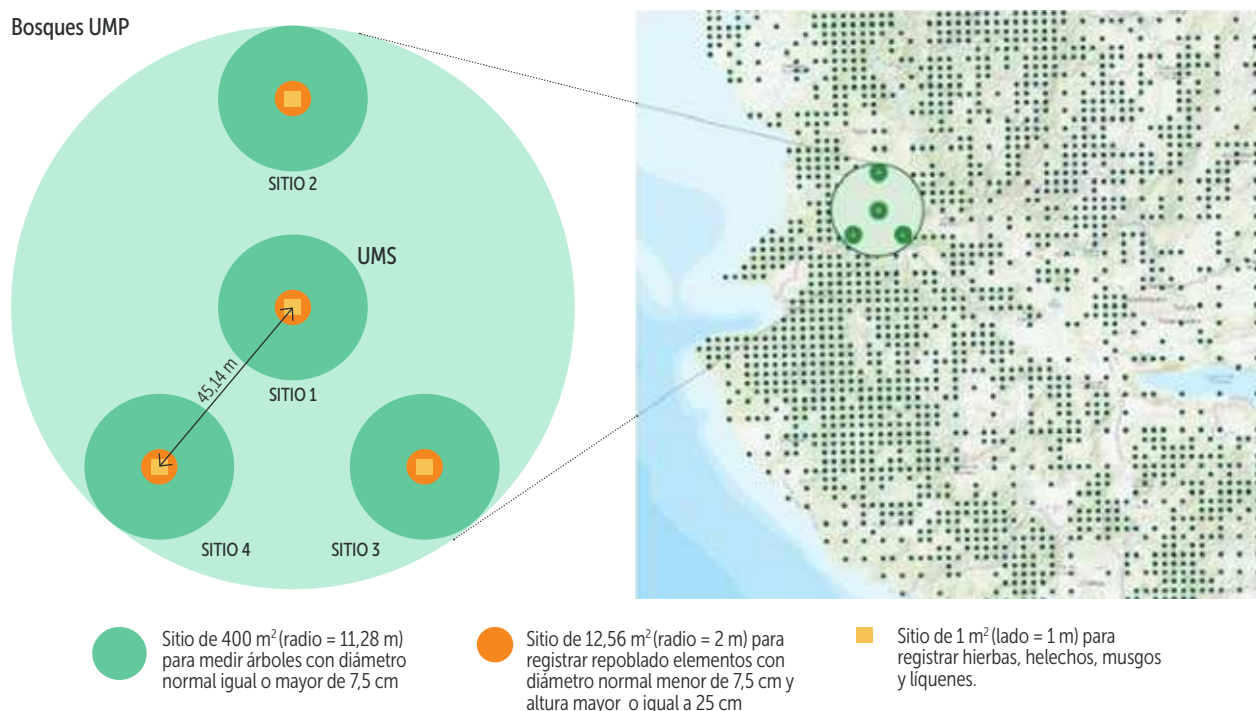
información base para realizar las estimaciones de los parámetros estadísticos e indicadores de evaluación y monitoreo forestal, así como de las inferencias poblacionales.

Las particularidades del diseño de la parcela, el protocolo de medición de variables, así como los formatos de campo, se documentan por año en el *Manual y procedimientos para el muestreo en campo*, disponibles en el SNIGF (<https://snigf.cnf.gob.mx/documentos-metodologicos/>).

En la Figura 19.5, se puede observar la conformación completa de un conglomerado, donde el sitio o subparcela 1 corresponde al centro y punto de georreferenciación del conglomerado; los sitios o subparcelas 2, 3 y 4 son periféricos y se disponen a 0°, 120° y 240°, respectivamente, con una separación de 45,14 metros (m) a partir del centro del sitio 1 y son conocidos como los sitios de 400 metros cuadrados (m²) por la superficie que ocupan. A su vez, se establecen los sitios de muestreo de 12,56 m² de manera concéntrica dentro de las UMS, así como los sitios cuadrados de 1 m² y, finalmente, se trazan los transectos de muestreo de material combustible ubicados en el sitio 3.

FIGURA 19.5

Diseño de la unidad de muestreo primaria o conglomerado del Inventario Nacional Forestal y de Suelos



Nota: UMP: unidad de muestreo primaria; UMS: unidad de muestreo secundaria.

Fuente: CONAFOR (2018a).

La información que se recaba en cada uno de los sitios o subparcelas, y que se describe en el informe de resultados del INFyS 2009-2014 (CONAFOR, 2018a), es la siguiente:

- Subparcela de 400 m²: se mide y registra el arbolado con un diámetro normal (DN) igual o mayor a 7,5 centímetros (cm). Se considera el muestreo de aquellas formas biológicas como cactáceas de crecimiento tipo “columnar”, palmillas o yucas que para el INFyS se clasifican como vegetación mayor; existen diferencias en el levantamiento de campo con respecto al arbolado en aquellas variables que no aplican por ser de formas de crecimiento diferentes.
- Subparcela de 12,56 m²: se mide y registra el repoblado (regeneración natural) por género, frecuencia y variables cualitativas. El muestreo se enfoca en aquellas plantas o árboles pequeños que tengan como mínimo 25 cm de altura, siempre que su DN sea menor a 7,5 cm. Asimismo, en el caso de las comunidades áridas y semiáridas, se registran los arbustos representativos, e incluso especies invasoras y de pastos nativos o inducidos (secciones de repoblado y vegetación menor).
- Subparcela de 1 m²: se miden y registran las plantas herbáceas, helechos, musgos, líquenes presentes en el estrato herbáceo, así como otras características del suelo (sección de vegetación menor y cobertura del suelo).
- Transectos de muestreo: se registra información de combustibles forestales y suelos en cuatro transectos lineales de 15 m de longitud, que se ubican generalmente en el sitio 3.

19.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

El marco de referencia para conocer la distribución y extensión de la vegetación forestal es la antes mencionada carta de uso del suelo y vegetación publicada por el INEGI; este insumo cuenta con diferentes series cartográficas elaboradas bajo una misma metodología y sistema de clasificación desde 1993 hasta la fecha, lo que las hace compatibles entre sí. Las cartas se elaboran a partir de trabajo

de campo cualitativo y la aplicación de técnicas de fotointerpretación de imágenes de satélite Landsat y Spot, dependiendo de la serie. Su escala de trabajo es 1:250 000, estableciéndose una unidad mínima cartografiable de 50 ha para la información ecológica, florística y fisonómica (comunidades vegetales), mientras que, para la información agrícola, pecuaria y forestal (bosque inducido y cultivado) e información complementaria (usos de suelo), la unidad mínima cartografiable (“mapeable”) es de 1 ha (INEGI, 2015).

La base cartográfica utilizada con fines de reporte de la superficie forestal y la estimación de parámetros estadísticos para cada ciclo de muestreo ha sido la siguiente:

- primer ciclo de inventario (2004-2009): carta de uso del suelo y vegetación, serie IV – publicada en 2007;
- segundo ciclo de inventario (2009-2014): carta de uso de suelo y vegetación, serie VI – publicada en 2014;
- tercer ciclo de inventario (2015-2020): en proceso de reporte.

Los parámetros dasométricos estimados con los datos recabados por el INFyS, como son la densidad del arbolado, área basal, cobertura de copa, existencias maderables, biomasa, carbono almacenado, incremento medio anual y porcentaje de árboles dañados, principalmente, se obtienen a partir del cálculo del parámetro a nivel individual o de árbol y su estimación a nivel de sustrato, estrato y ecosistema (CONAFOR, 2018a).

En el caso específico del volumen y la biomasa, su estimación se realiza a partir de una selección de los individuos muestreados por su identidad taxonómica y, dado que se registran diversas formas de vida como palmas, helechos arborescentes, bambúes y otros, se consideran únicamente aquellos que sean “árboles” o “indeterminadas” pero que, por sus dimensiones, familias o géneros, indiquen una alta probabilidad de ser clasificados como árboles, así como la selección por condición de vivo o muerto en pie, según la definición. En el Cuadro 19.6 se muestran el número de ecuaciones alométricas y referencias utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa individual, desarrolladas para el país o incluso para una región específica (CONAFOR, 2018a).

Dado el alto número de especies y registros que se identifican (alrededor de 1,3 millones de registros por ciclo de muestreo), la asignación de la ecuación alométrica más apropiada para la estimación de

volumen y/o biomasa es un proceso en el que se identifican asignaciones directas e indirectas, utilizando un árbol de decisión para seleccionar la ecuación más adecuada; dicho proceso se realiza en tres fases: i) asignación de ecuación por criterio; ii) asociación de ecuación a los registros o individuos de la muestra; y iii) cálculo del parámetro.

La asignación de ecuaciones sigue criterios jerárquicos que ayudan a imputar una ecuación existente (asignación directa) o por afinidad (asignación indirecta). Se realiza en varios niveles, dependiendo de la aplicabilidad de la ecuación bajo las siguientes prioridades: i) identidad taxonómica (especie, género, familia, afinidad por género, ecuación general); ii) fuente (por referencia o fuente más reciente); iii) área de influencia (por distribución en función de la relación geoespacial realizada mediante unión de capas como ecorregiones, Unidades de Manejo Forestal [UMAFOR] y entidades); y iv) parámetro estadístico (R-cuadrado [R²] y tamaño de muestra), lo cual se implementó para la realización del informe de resultados del INFyS 2009-2014 (CONAFOR, 2018a).

Cabe mencionar que, conforme al artículo 7, fracción LXXVII de la LGDFS, una UMAFOR es un “territorio con semejanzas físicas, ambientales, sociales y económicas, delimitado por la Comisión, en coordinación con las Entidades Federativas y con la opinión de los Consejos Estatales Forestales”,

cuyo propósito es lograr una ordenación forestal sustentable, una planeación ordenada de las actividades forestales y el manejo eficiente de los recursos forestales.

Una vez calculado el volumen o biomasa para cada individuo, se realiza la estimación a nivel de UMP o conglomerado, substrato y estrato (con su correspondiente superficie extraída de la carta de uso de suelo y vegetación). El área muestreada es determinante para obtener un promedio por hectárea con mayor precisión, para lo cual se utilizan estimadores de razón específicos para el INFyS, conforme a lo propuesto por Velasco *et al.* (2005), desarrollados para compensar el sesgo de la media muestral, el cual es resultado de las diferencias en las superficies muestreadas en cada conglomerado; la fuente de variación está identificada en el número de sitios o UMS levantados en campo y que inciden directamente en la superficie. Teóricamente, se tiene cuatro UMS por conglomerado; sin embargo, no siempre se cumplen las condiciones para que pueda accederse al sitio y levantar los datos en campo, por lo que es importante identificar y diferenciar cada superficie muestreada.

Para su sistematización, tanto las estimaciones dasométricas como el árbol de decisión para la asignación de ecuaciones se desarrollaron con el apoyo del programa estadístico R.

CUADRO 19.6

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variables	Ecuación	Referencia
Volumen total (m³)	1 105 ecuaciones totales diseñadas para el cálculo de volumen de fuste con corteza (volumen rollo total árbol), con aplicabilidad directa e indirecta determinada a: <ul style="list-style-type: none"> – 967 a nivel de especie – 145 a nivel de género – 18 a nivel grupo de especies – 24 a nivel región específica 	Modelos del Primer Inventario Nacional Forestal (INF) 1961-1985 (CONAFOR, 2018b) Modelos biométricos, proyecto “Sistema biométrico para la planeación del manejo forestal en ecosistemas con potencial productivo en México”, financiado con recursos del Fondo Sectorial (CONACYT-CONAFOR, 2016; CONAFOR, 2018b)
Biomasa y carbono almacenado (t)	347 modelos alométricos totales diseñados para el cálculo de biomasa y carbono, con aplicabilidad directa e indirecta a: <p>biomasa</p> <ul style="list-style-type: none"> – 273 a nivel de especie e infraespecie (cubren 147 especies y 90 géneros) – 42 a nivel de género (cubren 13 géneros) – 14 a nivel general (por tipo de vegetación, ecorregión) <p>carbono</p> <ul style="list-style-type: none"> – 18 a nivel de especie e infraespecie (cubren 15 especies e infraespecies, y 9 géneros) 	Base de datos: “Modelos alométricos de biomasa y carbono del Sistema de Estimación de Biomasa y Carbono (SEByC)” (CONAFOR, 2019)

Notas: CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; CONAFOR: Comisión Nacional Forestal.

19.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE SUELOS MÁS RECIENTE

Con la información del período más reciente de muestreo y la información cartográfica de 2014, se integró el informe de resultados del INFyS 2009-2014, el cual recaba adecuaciones y mejoras que se han dado a lo largo del tiempo para el levantamiento de variables en campo, siguiendo un proceso de estandarización de datos, previo al análisis estadístico, para ofrecer información veraz y adecuada.

Bajo la metodología completa del INFyS, en este informe de resultados se incluyen temas como:

tamaño de muestra, variables registradas en campo y, como parte central, los principales indicadores forestales que caracterizan y cuantifican los recursos naturales a nivel de formación forestal; asimismo, debido a que se cuenta con dos ciclos de muestreo concluidos, se incluye la comparación y análisis de las tendencias y cambios que se han registrado en las áreas forestales, permitiendo la generación de nuevos indicadores, tales como tasas de cambio en la cobertura forestal y causas de deforestación, cambios en la estructura de la masa forestal expresadas en variaciones en los promedios por hectárea y en las existencias totales (CONAFOR, 2018a).

Como parte de los resultados obtenidos, la superficie de los recursos forestales se estima en cerca de 137,8 millones de hectáreas, lo que representa el

CUADRO 19.7

Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009-2014

Variables	Resultado	Descripción
Superficie (miles de hectáreas)	Total forestal: 137 845 Bosques templados – Coníferas: 8 103 – Coníferas y latifoliadas: 12 950 – Latifoliadas: 11 360 – Bosque mesófilo: 1 787 Bosques tropicales – Selvas altas y medianas: 13 562 – Selvas bajas: 16 464 – Manglar: 940 – Otras asociaciones arboladas: 540 Matorral xerófilo – Zonas semiáridas: 20 330 – Zonas áridas: 35 975	Superficie de las áreas forestales con referencia al año 2014, con base en la carta de uso del suelo y vegetación, serie VI, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía y reportadas en el Informe de resultados del INFyS 2009-2014 (CONAFOR, 2018a)
Volumen rollo total árbol (millones de metros cúbicos)	Total arbolado: 3 731 (190,1) Bosques templados – Coníferas: 693 (36) – Coníferas y latifoliadas: 800 (35) – Latifoliadas: 356 (19) – Bosque mesófilo: 183 (21) Bosques tropicales – Selvas altas y medianas: 1 136 (36) – Selvas bajas: 534 (37) – Manglar: 29 (6)	Existencias volumétricas totales, con base en la superficie reportada en la carta de uso del suelo y vegetación, serie VI (año base 2014) (INEGI, 2016) y el volumen promedio (metros cúbicos por hectárea) a partir de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelo (INFyS) 2009-2014; límites de confianza
Biomasa (millones de toneladas)	Total arbolado: 2 956 (142,2) Bosques templados – Coníferas: 507 (22) – Coníferas y latifoliadas: 694 (25) – Latifoliadas: 389 (18) – Bosque mesófilo: 139 (16) Bosques tropicales – Selvas altas y medianas: 784 (27) – Selvas bajas: 411 (27) – Manglar: 31 (6)	Existencias de biomasa por encima del suelo totales, con base en la superficie reportada en la carta de uso del suelo y vegetación, serie VI (año base 2014) (INEGI, 2016) y la biomasa por encima del suelo promedio (toneladas por hectárea) a partir de datos del INFyS 2009-2014; límites de confianza

70,5% de las 195,6 millones de hectáreas del territorio nacional. La superficie arbolada, en su conjunto, ocupa el 47,7% de la superficie forestal, equivalente a 65,7 millones de hectáreas; el matorral xerófilo, ecosistema de importancia con una extensión del 40,8% del área forestal, equivalente a alrededor de 56,3 millones de hectáreas, es comparable con la superficie arbolada, así como por el número de endemismos presentes, principalmente de matorrales y plantas suculentas (CONAFOR, 2018a). El desglose de extensión que ocupa cada formación forestal se presenta en el Cuadro 19.7.

Para el caso de México, las existencias reales totales de volumen maderable o biomasa en los ecosistemas, según sea el caso, entendida como la cantidad que existe en un área, país o región en forma de vegetación establecida, se estima haciendo una distinción entre la vegetación primaria y secundaria, dado que estas dos condiciones suelen tener diferencias significativas, de tal forma que las existencias totales del país representan la suma de

las existencias de estas dos condiciones. Bajo esta perspectiva, el 97,4% de las existencias maderables del país se encuentran en los bosques y selvas, lo que representa alrededor de 3 731 millones de metros cúbicos (m³) de madera en rollo en pie; en cuanto a la biomasa, ésta se estima para la superficie arbolada en 2 956 millones de toneladas (Cuadro 19.7).

Es importante mencionar que, en colaboración con investigadores de la Universidad de Delaware, se generaron modelos espacialmente explícitos (continuos nacionales) a partir de los principales indicadores dasométricos generados con los datos del segundo ciclo del INFyS (2009-2014), con el propósito de utilizar mejores herramientas y brindar fuentes de información actualizada; los resultados de estos modelos se pueden observar en la Figura 19.6 para el caso de biomasa por encima del suelo y en la Figura 19.7 para volumen promedio (CONAFOR, 2018a).

FIGURA 19.6

Distribución de la biomasa por encima del suelo promedio del arbolado por hectárea



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: CONAFOR (2018a).

19.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

La recolección de datos del INFyS es realizada por empresas que, además de hacer la recolección en campo, también llevan a cabo la captura de los datos para ser integrados a la base de datos. Asimismo, se contratan empresas que realizan la supervisión externa de las brigadas de campo. En ambos casos, las empresas son contratadas a través de licitaciones públicas nacionales e internacionales, dependiendo del monto de financiamiento que se trate. En los documentos de las licitaciones se establecen los diversos requisitos que los proveedores deben cumplir en materia de control de calidad, consistentes en el cumplimiento de un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas, implantadas dentro de un Sistema de Calidad de la empresa, basado en el Sistema de Aseguramiento y Control de Calidad (SACC) diseñado por la CONAFOR.

Estas acciones están dirigidas a garantizar la calidad del levantamiento del muestreo en campo y el correcto registro de la información cualitativa y cuantitativa de acuerdo con los manuales e instructivos del INFyS; dichas acciones deben ser demostrables para proporcionar confianza, tanto de la propia empresa como de la CONAFOR, sobre la adecuada implementación de los requisitos del SAAC.

Para respaldar la calidad y asegurar la confiabilidad del inventario, los controles y actividades que se implementan incluyen los tres componentes principales que se describen a continuación:

- Supervisión interna: como parte adicional al levantamiento en campo, las empresas deben contar con una brigada de supervisión interna permanente, que verifique en campo la correcta toma de información, incluyendo la comprobación de la evidencia física del trabajo realizado en el muestreo.

FIGURA 19.7

Distribución volumen maderable promedio del arbolado por hectárea



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo.

Fuente: CONAFOR (2018a).

- Supervisión externa: si las condiciones presupuestales lo permiten, la CONAFOR puede ejecutar la supervisión en campo en el 10% o más del total de los conglomerados levantados por las empresas responsables del muestreo.
- Aplicación del SACC: el concepto central sobre el que se soporta el SACC del INFyS, es el de “prueba de calidad”, la cual tiene como propósito verificar que los datos y productos del INFyS cumplan con los requisitos establecidos en el *Manual de procedimientos de campo*, y las convocatorias de licitación y sus anexos, con la finalidad de corroborar que la información cumple con los atributos de veracidad, confiabilidad y precisión.

Los procedimientos de control de calidad culminan con un proceso previo de revisión continua, depuración y validación técnica de las variables registradas para asegurar la consistencia de los datos, como paso obligatorio para el uso de las variables en las estimaciones que habrán de realizarse; este proceso contempla la estandarización por cambios en las variables levantadas en campo a lo largo del ciclo de muestreo analizado e, incluso, de ciclos previos cuando se considere la comparación entre ellos para la determinación de cambios en el tiempo.

Dentro de los principales aspectos que se consideran en este proceso, se encuentra la estandarización de términos de las variables cualitativas, el tratamiento de los datos atípicos en las variables cuantitativas, la consistencia entre variables dependientes, tanto en términos conceptuales como en la medición, revisión y vinculación de nombres científicos aceptados con sinonimias bajo dos sistemas de clasificación. Estos incluyen el utilizado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), referido principalmente para helechos y afines (Mickel y Beitel, 1988; Mickel, 1992), gimnospermas (McVaugh, 1992), monocotiledóneas (Dahlgren *et al.*, 1985) y dicotiledóneas (Cronquist, 1981), así como el del Grupo para la Filogenia de las Angiospermas (APG, por sus siglas en inglés); esta última clasificación es la que se utiliza para fines de reporte del INFyS, así como la documentación de estos controles de calidad.

19.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTAN

El INFyS abarca la medición de alrededor de 175 variables de vegetación y suelo recolectadas en los sitios de muestreo, bajo el enfoque de monitoreo de las áreas forestales.

Se destaca un grupo de variables que se consideran básicas o dasométricas, pues describen las características de la masa forestal. Dichas variables son, principalmente, las relacionadas con la productividad de los bosques; asimismo, dentro de este grupo de variables se encuentran aquellas que ayudan a evaluar el estado que guardan los ecosistemas en términos de la composición de especies, regeneración natural, presencia de plagas e incendios forestales, impactos ambientales, variables sobre el estado del suelo, entre otras, lo cual desde su concepción hace del INFyS un inventario con una visión multipropósito para el monitoreo de los recursos forestales.

Ante la creciente demanda de información, se han ido incorporando variables de interés específico. Estas incluyen tecnologías que se pueden englobar en conceptos como biodiversidad, carbono, incendios (material leñoso caído, combustibles vivos y otros), salud forestal (transparencia de copa y otros), manglares y comunidades acuáticas (medición de parámetros fisicoquímicos y otros), zonas áridas (caracterización de su composición), fotografías hemisféricas y suelos. Algunas de ellas se miden y recolectan en momentos determinados y conforme a la disponibilidad presupuestal.

A la recolección de datos de campo se han sumado proyectos específicos, surgidos como áreas de oportunidad para la obtención de información en colaboración con otras instituciones, siendo los más relevantes los que se mencionan a continuación:

- Las recolectas botánicas que han permitido una correcta identificación de las especies arbóreas presentes en los sitios de muestreo (análisis tradicional y molecular), con la colaboración del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).
- Adecuaciones e inclusión de variables de suelo a partir del muestreo y análisis en laboratorio, en colaboración con la Red nacional de laboratorios para el uso, conservación y manejo del suelo, con el fin de contribuir a reducir la

© CONAFOR, México



incertidumbre asociada a las determinaciones del contenido de carbono en suelo y mantillo, así como de otras variables fisicoquímicas de los suelos.

- Datos sobre biodiversidad, incorporación de variables sobre fauna mediante cámaras trampa, así como grabadoras con micrófonos que capturan un amplio rango de sonidos, y recolección de rastros de animales, como huellas y excretas. Este proyecto, nombrado Sistema de Amplia Cobertura para el Monitoreo de Diversidad (SAC-MOD), fue implementado en coordinación con la CONABIO, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), así como el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, A.C. (FMCN).
- La reciente estimación de la deforestación mediante el enfoque de muestreo o malla de referencia, que se realiza a través del análisis multitemporal de diversas imágenes satelitales del período 2000 a 2018 sobre las coordenadas de la malla de muestreo del INFyS, con una cobertura total de la muestra de 26 220 conglomerados. Este análisis fue realizado con apoyo de herramientas de

interpretación, como Collect Earth desarrollado por la FAO, el mismo que se utilizó para determinar los datos de actividad para la actualización del nivel de referencia de emisiones forestales de México en el contexto del mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+) (<https://redd.unfccc.int/submissions.html?country=mex>).

© CONAFOR, México





19.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

El principal compromiso del INFyS es dar pleno cumplimiento a los mandatos que le han sido asignados, de conformidad con la LGDFS, incluido el ser uno de los principales generadores de información y componente del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal (artículo 34, fracciones II y VII, LGDFS), junto con el Sistema Satelital de Monitoreo Forestal y el Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación, así como promover un amplio uso y difusión a los datos que se producen para cubrir las demandas de información que apoyen la toma de decisiones y en la evaluación de políticas y programas públicos en el sector forestal.

Para ello, se contempla a futuro una reorientación y fortalecimiento del INFyS, derivado del diagnóstico hecho a los procesos de planeación, diseño operativo y levantamiento de datos en campo, con la intención de hacer más eficiente y confiable la recolección de datos, para optimizar recursos y generar información relevante y oportuna con el uso de nuevas tecnologías y de mayor accesibilidad para los usuarios.

Las principales perspectivas que se identifican son:

- Fortalecimiento de los marcos metodológicos: revisión del diseño de muestreo para hacer más eficiente la toma de datos en campo y el control de calidad; implementar mecanismos de análisis de vacíos; mejorar los métodos de estimación de atributos forestales básicos e incorporar indicadores de sustentabilidad, de valoración de bienes y servicios ambientales, así como de tasas de deforestación y degradación; implementar protocolos para la generación de cartografía y modelación geoespacial; desarrollo de documentos conceptuales y manuales; explorar nuevos enfoques metodológicos e innovaciones tecnológicas.
- Análisis de la información y difusión: desarrollo de herramientas eficientes para el almacenamiento, gestión y consulta de datos como “reporteadores” y geoportales que impulsen el uso de la información a nivel interno y externo; fortalecimiento de capacidades para el análisis de información y oportunidad en la formulación de reportes con asistencia técnica nacional e internacional; análisis prospectivo de escenarios; elaboración de reportes periódicos con información nacional y regional.
- Institucionalización: revisión y reforzamiento de arreglos institucionales con dependencias gubernamentales, academia y organizaciones no gubernamentales (ONG); identificación e integración de información estadística y cartográfica relevante generada por otras instituciones; organización de reuniones de usuarios de información del INFyS para promover la innovación y presentar resultados de estudios y/o investigaciones; promoción del uso de la información del INFyS para la toma de decisiones estratégicas a diferentes niveles.
- Nuevas tecnologías: consolidar la tecnología implementada en el muestreo de campo para una mayor precisión en el establecimiento de parcelas permanentes, como lo es la identificación por radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), así como en el uso de equipo de medición; incorporar nuevas tecnologías para optimizar la captura de datos en campo y una mayor integración de herramientas geoespaciales, así como de tecnologías para el manejo de datos masivos.

Es importante mencionar que, actualmente, se encuentra en proceso la elaboración de una nueva carta forestal nacional con información de teledetección, desarrollada como parte del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal, la cual se ha apoyado con información de campo recabada por el INFyS para su validación, con la finalidad de contar con un insumo cartográfico de mayor detalle que servirá para el reporte de la extensión de los ecosistemas forestales y para aumentar la precisión de las estimaciones y realizar estudios más detallados y oportunos.

REFERENCIAS

Caballero Deloya, M. 1999. El inventario forestal en México: evolución y perspectivas. En *North American Science Symposium: Toward a Unified Framework for Inventorying and Monitoring Forest Ecosystem Resources*. Guadalajara, Mexico (November 1-6, 1998). *Proceedings RMRS-P-12*, pp. 186-189. Fort Collins (Estados Unidos), United States Forest Service. (disponible en: www.fs.fed.us/rm/pubs/rmrs_p012.pdf).

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2012. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2004-2009*. Zapopan (México). (disponible en <https://snigf.cnf.gob.mx/resultados-2004-2009/>).

CONAFOR. 2018a. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Informe 2009-2014*. Zapopan (México). (disponible en: <https://snigf.cnf.gob.mx/resultados-2009-2014-resultados-que-recaba-los-principales-indicadores-forestales-generados-a-partir-del-analisis-estadistico-de-las-variables-levantadas-en-campo/>).

CONAFOR. 2018b. *Información adicional: Ecuaciones de volumen VRTACC. Informe de Resultados 2009-2014*. (disponible en: <https://snigf.cnf.gob.mx/resultados-2009-2014/>). Acceso: 25 de mayo de 2021.

CONAFOR. 2019. *Modelos alométricos de biomasa y carbono del Sistema de Estimación de Biomasa y Carbono (SEByC)*. Zapopan (México), Gerencia del Sistema Nacional de Monitoreo. (no publicado).

CONAFOR. 2020. I. *Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. (disponible en: <https://snigf.cnf.gob.mx/inventario-nacional-forestal/>). Acceso: 26 de marzo de 2021.

CONAFOR y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 2016. *Modelos biométricos. SiBiFor: Biblioteca digital del sistema biométrico para la planeación del manejo forestal en ecosistemas con potencial productivo en México*. (disponible en: <http://fcfposgrado.ujed.mx/sibifor/inicio/>). Acceso: 25 de mayo de 2021.

Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA) y Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 2004. *Escenarios climatológicos de la República Mexicana ante el cambio climático*. Texcoco (México), Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Nueva York (Estados Unidos), Columbia University Press.

Dahlgren, R.M.T., Clifford, H.T. y Yeo, P.F. 1985. *The families of the monocotyledons: Structure, evolution and taxonomy*. Berlin, Springer-Verlag.

FAO. 2018. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020. Términos y Definiciones: FRA 2020*. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/I8661ES/i8661es.pdf).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Ecología (INE). 2008. *Ecorregiones terrestres de México, nivel IV, escala 1:1000000*. Ciudad de México. (disponible en: www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/ecort08gw.xml?_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html_xsl&_indent=no).

INEGI. 2015. *Guía para la interpretación de cartografía: uso del suelo y vegetación, escala 1:250,000, serie V*. Ciudad de México. (disponible en: www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/usuariosuelo/metadatos/guia_interusuariosuelov.pdf).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF) y FAO. 1965. *Inventario forestal nacional de México, 1961-1964: Informe técnico. Vol. 1: Trabajos realizados*. México, D.F.

Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS). Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, Ciudad de México, México. Última reforma publicada el 26 de abril de 2021. (disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGDFS_260421.pdf).

McVaugh, R., coord. 1992. *Gymnosperms and Pteridophytes*. Vol. 17, *Flora Novo-Galiciana: A descriptive account of the vascular plants of western Mexico*. W.R. Anderson, coord. Ann Arbor (Estados Unidos), The University of Michigan Herbarium.

- Mickel, J.T y Beitel, J.M.** 1988. *Pteridophyte flora of Oaxaca, Mexico*. Vol. 46, *Memoirs of the New York Botanical Garden*. Nueva York (Estados Unidos), New York Botanical Garden Press.
- Mickel, J.T.** 1992. Pteridophytes. En R. McVaugh, coord. *Gymnosperms and Pteridophytes*, pp. 120-467. Vol. 17, *Flora Novo-Galiciana: A descriptive account of the vascular plants of Western México*. W.R. Anderson, coord. Ann Arbor (Estados Unidos), The University of Michigan Herbarium.
- Miranda, F. y Hernández-X., E.** 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences*, 28: 29-179. (disponible en: <https://doi.org/10.17129/botsci.1084>)
- Norma Oficial Mexicana NOM-152-SEMARNAT-2006.** Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ciudad de México, México, 6 de agosto de 2008. (disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5064731&fecha=17/10/2008). Acceso: 20 de mayo de 2021.
- Pennington, T.D. y Sarukhán, J.** 2005. Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies, 2ª ed. Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica, Universidad Autónoma de México.
- Reglamento de la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (LGDFS).** Presidencia de la República, Ciudad de México, México. Última reforma publicada el 31 de octubre de 2014. (disponible en: www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/abro_Reg_LGDFS_091220.pdf).
- Rzedowski, J.** 1978. *Vegetación de México*. Ciudad de México, Editorial Limusa S.A.
- Rzedowski, J.** 2006. *Vegetación de México*. 1ª edición digital. Ciudad de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (disponible en: www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf).
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).** 1994. *Inventario Nacional Forestal Periódico 1992-1994*. 1ª ed. Ciudad de México, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), CONAFOR, INEGI, Instituto Nacional de Ecología (INE) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).** 2004. *Documento estratégico rector del Inventario Nacional Forestal y de Suelos*. Ciudad de México. (disponible en <https://snigf.cnf.gob.mx/wp-content/uploads/Documentos%20metodologicos/Documento%20estrategico%20rector%20del%20inventario%20nacional%20forestal%20version%20final.pdf>).
- SEMARNAT.** 2002. *Inventarios forestales y tasas de deforestación*. Ciudad de México.
- SEMARNAT.** 2005. *Informe de la situación del medio ambiente en México: Compendio de estadísticas ambientales*. Ciudad de México. (disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/informe_mex2005.pdf).
- Velasco Bautista, E., Ramírez Maldonado, H., Moreno Sánchez, F. y De la Rosa Vázquez, A.** 2005. Estimadores de razón para el Inventario Nacional Forestal de México. *Ciencia Forestal en México*, 28(94): 24-43.

Capítulo



NICARAGUA

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE NICARAGUA

Claudio Joel González Espino Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua
Elia Anahí Rodríguez González, Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua
Flor Iveth Martínez López, Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua
Jaime José Rivera Blandino, Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua
José Adolfo Peña Ortiz, Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua
Luis Alberto Valerio Hernández, Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua
Myriam Rojas, Instituto Nacional Forestal, Km 12,5, Carretera Norte, Managua contiguo a MARENA, Nicaragua

20.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE NICARAGUA

En el año 2007, el Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN), dirigido por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y asistido técnicamente por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), desarrolló el primer Inventario Nacional Forestal (INF) de Nicaragua, con el propósito de generar una línea base de información y establecer un Sistema de Monitoreo Forestal con parcelas permanentes de muestreo en todo el país como base primaria de consulta por las diferentes instituciones nacionales e internacionales, permitiendo definir lineamientos de la Política Nacional de Desarrollo Forestal Sostenible, el Programa Forestal Nacional, y otros instrumentos de planificación estratégica de los gobiernos regionales (INAFOR, 2009).

El INF contiene información sobre el estado de los diferentes tipos de bosques, así como también información socioeconómica relevante para el sector forestal. Con el INF, se estableció una línea de partida sobre el conocimiento del estado de los bosques en Nicaragua que incluye información socioeconómica sobre el uso y servicios de los bosques y de árboles dispersos en comunidades rurales.

Sus objetivos específicos fueron los siguientes:

- *Establecer de manera consensuada a nivel nacional el enfoque de Inventario Forestal Nacional, para su implementación en Nicaragua.*
- *Homogenizar el sistema nacional de clasificación de los bosques y usos de la tierra, que será utilizado para registro de información.*
- *Determinar el estado actual del bosque desde el punto de vista biofísico, su valor económico y socio-cultural y los principales factores que afectan su desarrollo.*
- *Fortalecer la capacidad del INAFOR en el desarrollo metodológico, ejecución, procesamiento y análisis de información forestal.*
- *Mejorar el conocimiento sobre recursos y los beneficios proporcionados por los bosques y árboles fuera del bosque en el país.*
- *Establecer un sistema de supervisión y monitoreo de los recursos forestales nacionales (INAFOR, 2009, p. 22).*

El INF tiene un diseño de muestreo sistemático sobre el territorio continental de Nicaragua, excluyendo las islas que se encuentran en el Mar Caribe (Figura 20.1). El levantamiento de datos se realizó en áreas de bosque y en otros usos de la tierra, lo que permitió obtener un diagnóstico de los ecosistemas forestales degradados. La base metodológica procede del Programa de Monitoreo y Evaluaciones Nacionales Forestales de la FAO (INAFOR, 2009).

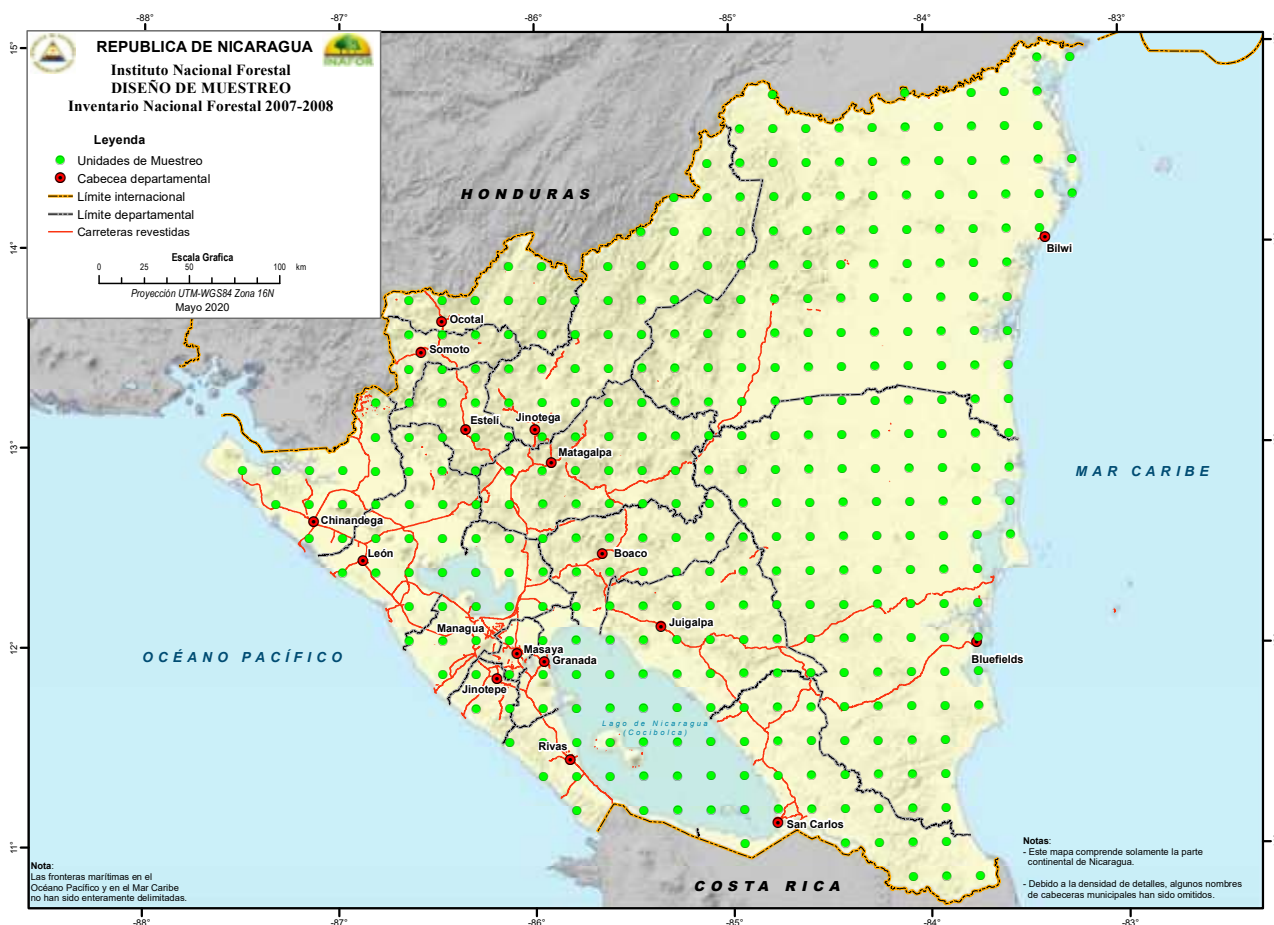
La metodología del IFN fue definida con el apoyo de la FAO (FAO, 2012) y adoptada por el INAFOR. Los resultados obtenidos son confiables, transparentes y robustos, gracias a su diseño e intensidad de muestreo, así como por la capacidad y responsabilidad adquirida por los profesionales y técnicos involucrados. Actualmente, el INAFOR está estableciendo las bases para el segundo IFN, remidiendo las parcelas de 2007 y fortaleciendo las capacidades del personal territorial para la institucionalización.

Este enfoque de trabajo contribuirá a la mejora de las capacidades técnicas nacionales requeridas por el Marco de Transparencia Reforzada bajo el Acuerdo de París, estableciendo los vínculos con otros informes, tales como los siguientes: el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI),

contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés), Reporte de línea base y establecimiento de metas para el mecanismo de Neutralidad en la Degradación de la Tierra (LDN, por sus siglas en inglés) de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), el Sistema de Información sobre Salvaguardas (SIS) ambientales y sociales y con otros sistemas vinculados de alta relevancia, como el Sistema de registro de programas y proyectos del mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+), y el Plan de distribución de beneficios (PDB) que establece los mecanismos para distribuir los pagos por resultados para REDD+.

FIGURA 20.1

Diseño de muestreo del Inventario Nacional Forestal 2007-2008



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: INAFOR (2020).

El nuevo INF responderá a las siguientes necesidades: establecimiento de protocolos de aseguramiento de la calidad y de control de calidad aplicados a la colección, procesamiento y análisis de datos de los inventarios nacionales forestales, y realización de un segundo ciclo de medición, procesamiento y análisis de datos para estimar factores de remoción y absorción, cálculo de biomasa y existencias de carbono, cálculo de cambios en reservas a través del tiempo, monitoreo de incendios forestales y cambios no antropogénicos en el uso del suelo. Además, buscará desarrollar en coordinación con el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) trabajos conjuntos de cartografía de cobertura de la tierra, asimismo con los Gobiernos Regionales de la Costa Caribe y otros usuarios de los resultados del INF.

El diseño del Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación para REDD+ (2018-2040), contempla mediciones periódicas de parámetros dasométricos en parcelas permanentes de muestreo, distribuidas a nivel nacional con una malla sistemática de 371 UM (MARENA, 2017). El primer ciclo de medición del INF se desarrolló hace 10 años y desde el 2020 el INAFOR realiza remediciones porcentuales del total de las UM cada año hasta completar un segundo ciclo de medición. Este segundo ciclo del INF generará información actualizada de valores de existencias de biomasa por tipos de bosque y la interpolación de datos de existencias de carbono para la estimación de emisiones/absorciones en bosques estables. En el Cuadro 20.1, se muestran las principales características de los inventarios forestales de Nicaragua.

20.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL 2007-2008

La clasificación del uso de la tierra y tipos de bosque del INF se basa en la experiencia acumulada por la FAO para la definición de bosques a nivel mundial (FAO, 2008). Esta se dividió en cinco niveles:

- Nivel 1: clase global para la clasificación de la tierra, según el programa de Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA, por sus siglas en inglés).
- Nivel 2: clases de bosque según su naturaleza, natural o plantación. Para las clases fuera de bosque, tierras naturales con árboles o arbustos, otras tierras agroforestales y otras tierras sin árboles.
- Nivel 3: clases de bosques según su tipo: latifoliados, coníferas, mixtos y mangle. Para áreas fuera de bosque, se especificaron los tipos de cobertura de uso de la tierra.
- Nivel 4: clases de bosque se agrupan según el estado de sucesión de la vegetación y para clases fuera de bosque se especifican el tipo de sombra del café, tipo de pasto y minería, entre otros.
- Nivel 5: únicamente existe para bosques y las clases se diferencian según la cobertura de copas en manglar, latifoliados y mixto y según la densidad de árboles en coníferas.

CUADRO 20.1

Descripción histórica de los inventarios nacionales forestales de Nicaragua

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
INF1	2007-2008	Nacional	Sistemático (18 km x 18 km) con arranque aleatorio	371
INF2	2011-2013	Departamental	Sistemático (9 km x 9 km)	68
INF3	2015-2019	Subnacional	Sistemático (18 km x 18 km) Sistemático (9 km x 9 km)	50 60
INF4	2020	Departamental	Sistemático (18 km x 18 km) Sistemático (9 km x 9 km)	14 11

Notas: INF2, INF3 e INF4 son campañas del segundo ciclo.

Para la definición de cada clase, se utilizaron los términos y definiciones de la Evaluación de recursos forestales mundiales 2005 (FAO, 2006); el Reglamento de la Ley N.º 462, Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal (Decreto N.º 73-2003); y la Norma Técnica para el manejo sostenible de los bosques tropicales latifoliados y de coníferas (NTON 18 001-04) (véase el Cuadro 20.2).

CUADRO 20.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal 2007-2008

Término	Definición	VARIABLES Y UMBRALES
Bosque	Una asociación vegetal natural o plantada, en cualquier etapa del ciclo natural de vida, con árboles que alcanzan una altura superior a 5 metros, con una cobertura de dosel mayor del 10% que se extienden por más de 0,5 hectáreas y un mínimo de 20 m ancho, que con o sin manejo, es capaz de producir bienes y servicios; proveer hábitat para la vida silvestre. El término excluye de manera específica las formaciones de árboles utilizadas en sistemas de producción agrícola, por ejemplo, plantaciones frutales y sistemas agroforestales. El término también excluye los árboles que crecen en parques y jardines urbanos (FAO, 2008).	Superficie: > 0,5 ha Cobertura de copa: > 10% Altura de árbol: > 5 m
Bosque natural latifoliado	Bosque donde más del 70% del área basal de especies son de hoja ancha.	70% del área basal son especies de hoja ancha
Bosque natural coníferas	Bosque donde más del 70% del área basal de especies son coníferas.	Más del 70% son coníferas
Bosque natural mixto	Bosque compuesto de especies latifoliadas y coníferas donde no existe dominancia. Es decir, ninguno de los tipos supera el 70%.	Ninguna de las especies supera el 70%
Bosque natural mangle	Bosque dominado por un grupo de especies arbóreas tolerantes a la sal.	Especies tolerantes: <i>Rizophora mangle</i> , <i>Laguncularia racemosa</i> , <i>Conocarpus erectus</i> , <i>Avicennia nitida</i>
Bosque plantación	Bosque donde las especies fueron establecidas mediante siembra directa.	Siembra directa
Otras tierras con árboles y arbustos naturales	Áreas naturales no clasificadas como bosque, mayor a 0,5 ha, combinación de árboles y arbustos, con una cobertura de copas de 5 a 10%. No tierras agrícolas o urbanas.	Superficie: > 0,5 ha Cobertura de copas: 5%-10% Vegetación dominante: arbustos, tacotales, pastos naturales con árboles y sabanas con árboles
Otras tierras	No es bosque u otras tierras naturales con árboles y arbustos. Incluye las tierras agrícolas, áreas naturales sin árboles, infraestructura, etc.	Altura de árbol: sin definir Cobertura de copas: sin definir Superficie mínima: sin definir
Volumen	Volumen total (metros cúbicos): volumen que suman todos los árboles mayores de 10 centímetros (cm) de diámetro a la altura del pecho (DAP), desde la base hasta la altura total reportada.	DAP (1,30 m): mayor de 10 cm Altura total: de la base a la punta de copa Altura comercial: de la base a la primera rama o bifurcación Grupos de especies: todas las especies identificadas en campo y recolecta de muestra
Biomasa	Biomasa aérea: Toda la biomasa viva por encima del suelo incluyendo el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, semillas y las hojas.	Diámetro mínimo: > 2 mm
	Madera muerta: Toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie, sobre el suelo y dentro del suelo. La madera muerta incluye la madera que yace en la superficie, las raíces muertas y los tocones de un diámetro igual o superior a 10 cm o cualquier otro diámetro utilizado por el país.	Diámetro mínimo: 10 cm
	Hojarasca: Carbono de toda la biomasa muerta, en varios estados de descomposición por encima del suelo mineral u orgánico.	Diámetro: mayor de 2 mm y menor de 10 cm
	Las raíces pequeñas encima del suelo mineral u orgánico están incluidas en la hojarasca.	Incluye raíces pequeñas inferior a 2 mm

Fuente: Decreto N.º 73-2003 (2003); FAO (2006); FAO (2008); NTON 18 001-04 (2004).

© INAFOR



20.3 DISEÑO DE MUESTREO

El diseño de muestreo del IFN 2007-2008 fue sistemático, tomando como base el área total del país, que corresponde a 129 494 kilómetros cuadrados (km²). Para este diseño, se utilizó una malla donde cada UM se ubicó a una distancia de 10 minutos en latitud y 10 minutos en longitud (aproximadamente cada 18 km). Un total de 371 UM fueron seleccionadas; de estas, 344 se ubicaban en tierra y 27 se ubicaban completamente en agua (FAO, 2008). Las características del diseño se presentan en el Cuadro 20.3.

20.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

El diseño del INF establece como UM una superficie de 500 m por 500 m, en la que se establecen cuatro parcelas rectangulares de 250 m por 20 m, que suman 2,0 ha como área efectiva de medición.

La ubicación y dirección de las parcelas es la siguiente (Figura 20.2):

- Parcela 1: ubicada en la esquina suroeste del cuadrado y orientada en dirección norte (0°-360°);
- Parcela 2: ubicada en la esquina noroeste y orientada en dirección este (90°);
- Parcela 3: ubicada en la esquina noreste y orientada en dirección sur (180°);
- Parcela 4: ubicada en la esquina sureste y orientada dirección oeste (270°).

CUADRO 20.3

Características del diseño de muestreo

País	Superficie total (km ²)	Número de unidades de muestreo				Total número de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	Agua interior	
Primer Inventario Nacional Forestal Nicaragua	129 494	94	60	190	27	371

CUADRO 20.4

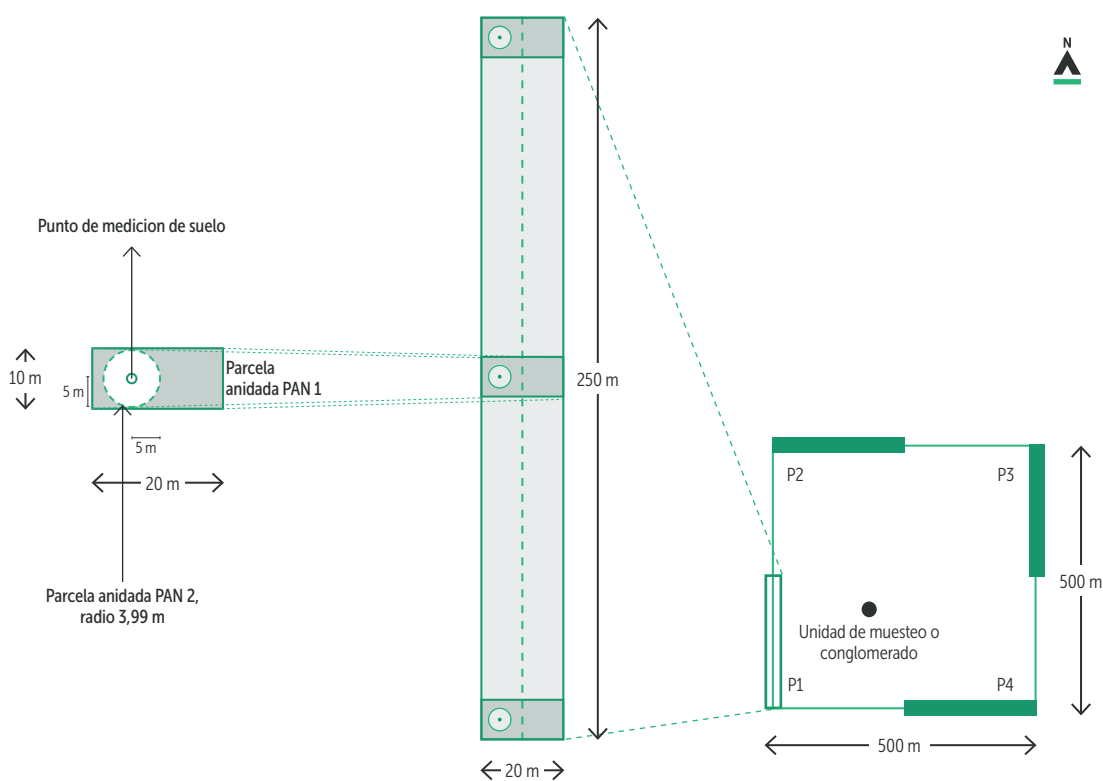
Descripción de los elementos registrados en el Inventario Nacional Forestal

Nivel	Descripción	Elementos a registrar/medir
Unidad de muestreo	4 parcelas distribuidas en 500 m x 500 m	Entrevistas a alcaldías municipales y territorios indígenas y afrodescendientes
Parcela	Rectángulo: 20 m x 250 m (5 000 m ²)	Registro de uso de la tierra, propietarios u ocupantes, incendios, barreras y cercos vivos y accidentes geográficos Información socioeconómica de ocupantes Información sobre usos y servicios del bosque Bosque: árboles con DAP \geq 20 cm Fuera de bosque: árboles con DAP \geq 10 cm
Subparcela anidada 1 (PAN1)	Rectángulo: 20 m x 10 m (200 m ²) x 3	Bosque: árboles con DAP \geq 10 cm Fuera de bosque: no se realizan
Subparcela anidada 2 (PAN2)	Círculo r = 3,99 m (50 m ²) x 3	Bosque: árboles con altura \geq 1,3 m y DAP < 10 cm Fuera de bosque: no se realizan
Puntos de medición		Bosque y fuera de bosque: suelo

Nota: DAP: diámetro a la altura del pecho; r: radio.

FIGURA 20.2

Diseño de unidades de muestreo y parcelas utilizadas para obtener los datos del Inventario Nacional Forestal



Fuente: FAO (2008).

CUADRO 20.5

Ecuaciones utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa

Variable	Ecuación	Referencia
Volumen total (m³)	$\pi / 4 \times DAP^2 \times Ht \times ff$	Prodan (1997)

CONTINUA CUADRO 20.5

Variable	Ecuación	Referencia
Biomasa por encima del suelo Bosques naturales latifoliados CC > 10%: Seco (precipitación < 1 500 mm), región climática 3, 6, rango DAP 5 cm a 40 cm	$Y = Exp (-1,996 + 2,32 \times Ln (DAP))$	Brown (1997)
Húmedo (1 500 mm a 4 000 mm), región climática 1, 2, 4, 5, 7, rango DAP 5 cm a 148 cm	$Y = Exp (-2,134 + 2,530 \times Ln (DAP))$	Brown et al. (1989)
Húmedo (1 500 mm a 4 000 mm), región climática 5, 7, rango DAP 4 cm a 112 cm	$Y = 21,298 - 6,953 (D) + 0,740 (D2)$	Brown e Iverson (1992)
Bosques naturales de coníferas CC > 10% Húmedo (1 500 mm a 4 000 mm), región climática 1, 2, 4, 5, 7, rango DAP 5 cm a 148 cm	$Y = Exp (-2,289 + 2,649 \times Ln (DAP) - 0,021 \times (Ln (DAP))^2)$	Brown (1997)
Uso de la función de volumen, factor de densidad de la madera y factor de expansión para los siguientes: Bosques manglares CC > 10% Bosques plantados CC > 10% Otras tierras naturales con árboles CC > 5% Otras tierras agroforestales CC > 5% Otras tierras con pocos árboles CC > 5%		Brown (1997)
Café con sombra, región climática húmeda (1 500 mm a 4 000 mm)	$Biomasa = -0,834 + 2,223(\log 10 DAP)$	Xiao y Ceulemans (2004)
Pasturas con árboles, región climática húmeda (1 500 mm a 4 000 mm)	$Log 10 biomasa = -2,18062 + 0,8012 (DAP) - 0,0006244 (DAP^2)$	Jiménez Ruíz et al. (2019)

Nota: CC: cobertura de copa; DAP: diámetro a la altura del pecho; ff: factor de forma; Ht: altura total.

En el Cuadro 20.4, se describen los elementos cuantificados en cada nivel de las parcelas. En cada una de las parcelas, se registra información sobre las diferentes secciones de usos de la tierra, áreas incendiadas, accidentes geográficos, árboles mayores de 20 centímetros (cm) de diámetro a la altura del pecho (DAP) en áreas con bosque, árboles mayores de 10 cm de DAP en áreas fuera de bosque, suelo y regeneración natural. Adicionalmente, se identifican a los ocupantes de las áreas medidas y se les entrevista para obtener información sobre el estado de la tenencia de la tierra, datos para establecer niveles de pobreza y otras variables de interés de INAFOR. Asimismo, en las áreas con más de 5% de cobertura de árboles y con bosque, se realizan entrevistas a los usuarios de los recursos forestales.

Cuando el uso de la tierra es bosque, cada parcela tiene tres subparcelas anidadas de 10 m por 20 m (PAN 1), las cuales están ubicadas entre 0 m y 10 m, 120 m y 130 m, y 240 m y 250 m del punto de inicio de la parcela principal, donde se miden los árboles entre 10 cm y 20 cm de DAP. Además, se trazan tres

subparcelas de forma circular de 3,99 m de radio (PAN 2), donde se mide la regeneración de brinzales y latizales. El punto central de la primera se ubica a 5 m del punto de inicio de la parcela y 5 m a la izquierda, la segunda a 125 m del punto de inicio y 5 m a la izquierda, y la tercera a 245 m del punto de inicio y 5 m a la izquierda.

20.5 CÁLCULO DE VOLUMEN, BIOMASA Y SUPERFICIE

Para los cálculos de volumen en bosques latifoliados y coníferas, se emplearon fórmulas generales del cilindro con factor de forma 0,7 para las latifoliados y 0,45 para las coníferas; ver el Cuadro 20.5 para conocer las ecuaciones implementadas.

En el caso de los cálculos de biomasa, se agruparon en áreas de bosques y áreas fuera de bosques con especies leñosas. En el Cuadro 20.5 se describen las clases de usos de la tierra del INF y el método empleado.

CUADRO 20.6

Resultados del Inventario Nacional Forestal 2007-2008

Variable	Resultado	Descripción
Superficie bosque (ha)	3 254 144	Área total de bosque
Superficie otras tierras naturales con árboles (ha)	2 219 217	Otras tierras con árboles y arbustos
Superficie otras tierras agroforestales (ha)	2 099 127	Otras tierras agroforestales
Superficie otras tierras sin árboles (ha)	4 264 548	Otras tierras sin árboles
Volumen comercial (m ³)	120 000 097	Volumen total para las superficies
Cantidad total de árboles	43 768	Árboles inventariados (vivos y muertos)
Biomasa (t m.s.)	430 684 691,3	Biomasa total (viva y muerta) en áreas de bosque y fuera de bosque
Carbono (t)	202 432 215,6	Carbono total

Nota: t m.s.: toneladas de materia seca.

Para el cálculo de biomasa fuera de áreas de bosques se revisó información disponible para los cálculos, así como los parámetros para estimar la biomasa, y se encontraron pocos datos y parámetros disponibles. Para áreas de cafetales con sombra y para pasturas con árboles se utilizaron dos ecuaciones alométricas generadas en Nicaragua por Xiao y Ceulemans (2004) y Jiménez Ruíz (2019). Para los demás usos de áreas fuera de bosque, se propuso que los cálculos empleen las variables de volumen total y densidad básica de la madera (Cuadro 20.5).

Para la estimación de áreas se utilizó el estimador de una proporción, y para el cálculo de volumen y biomasa se utilizó el estimador de razón (Cochran, 1977).

20.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL MÁS RECIENTE

Los resultados del primer INF 2007-2008 se resumen en el Cuadro 20.6. En base a la superficie del país, la cobertura del bosque se estimó en un 25% del territorio nacional; de esta área, 3 180 465 ha corresponde a bosque natural y 73 679 ha son bosques plantados. El país presenta cuatro tipos de bosques (latifoliados, coníferas, mixto y mangle). El bosque natural latifoliado se estimó en 2 760 018 ha y el bosque natural de conífera en 374 739 ha; el restante corresponde a manglar con 28 919 ha y mixto con 16 789 ha.

En referencia a la precisión de la información del INF (INAFOR, 2009), los errores de estimación están en función de la variabilidad de los grupos de datos

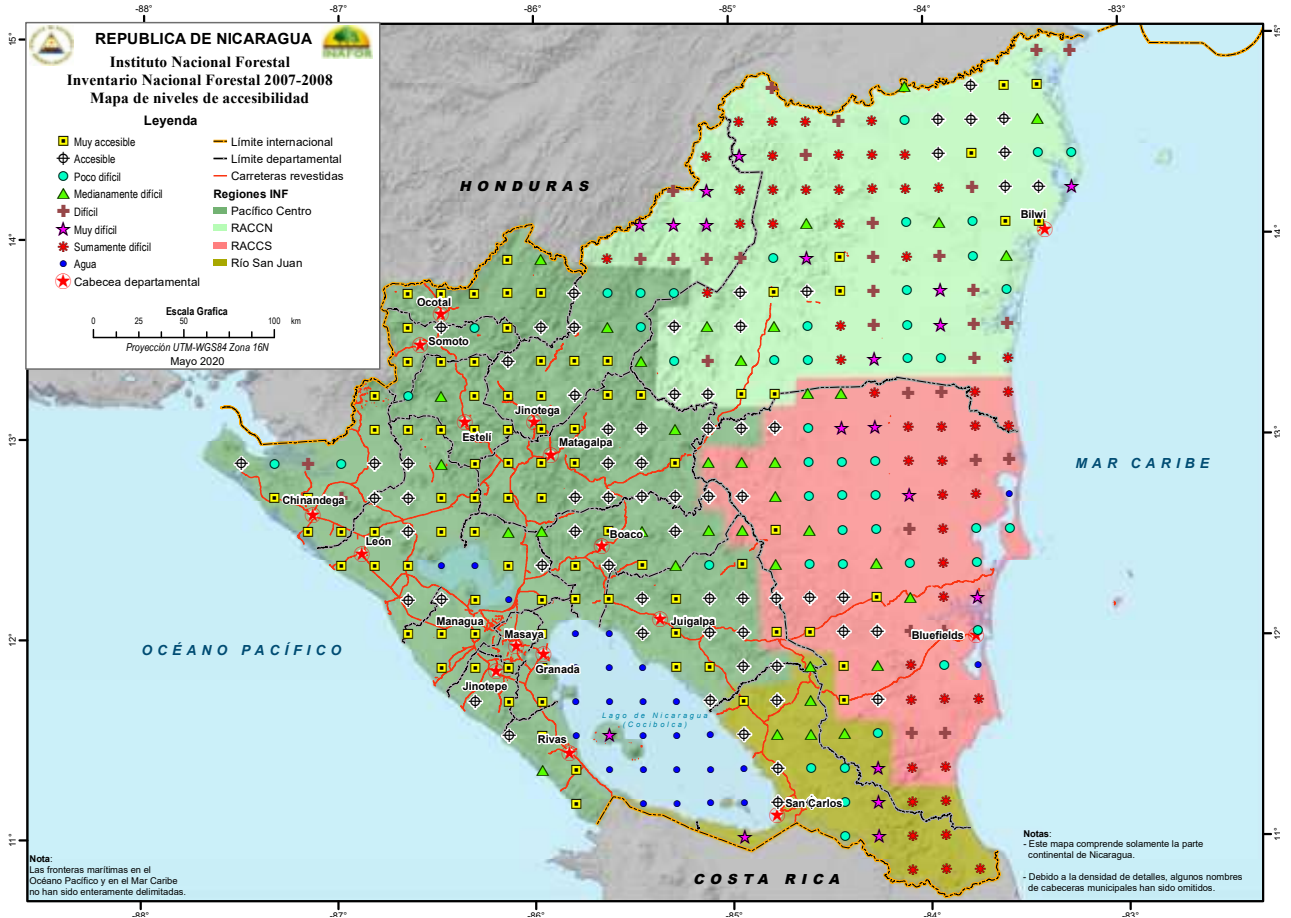
analizados porque están afectados por el número de réplicas que se tiene de cada variable en cada muestra; cuanto mayor era el número de réplicas, más precisos fueron los datos y potencialmente más exactos.

Para determinar el error de muestreo, para un 80% de nivel de confianza, se multiplica el error estándar por 1.3; asimismo, para un nivel de confianza de 90% se multiplica por 1.6 y para uno de 95%, se multiplica por 2.0.

Siguiendo las normas técnicas para el manejo de bosques latifoliados, se solicita un rango entre 80% y 90% de nivel de confiabilidad para la presentación de los errores de muestreo. Si consideramos 90% de nivel de confiabilidad, los errores del área basal en los diferentes tipos de cobertura del primer nivel de la clasificación (bosque, otras tierras naturales con árboles y otras tierras) presentan valores menores del 12%. Para coberturas más ralas en la muestra donde los errores de muestreo pueden ser elevados, se recomienda buscar otras fuentes de información más confiables; si no existen, se recomienda moderar su uso, dependiendo del riesgo que pueda implicar. Sin embargo, también se debe valorar que para muchas variables es el único dato existente.

FIGURA 20.3

Ubicación y accesibilidad de las unidades de muestreo por región operativa



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: INAFOR (2020).

20.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

El primer INF se ejecutó mediante un acuerdo entre INAFOR y la FAO. El INAFOR nombró un coordinador nacional, quien tuvo entre otras responsabilidades la coordinación interinstitucional, el seguimiento y la apropiación institucional para el desarrollo de las actividades. Por otro lado, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) realizó el seguimiento y evaluación del proceso del INF.

Se estableció una unidad técnica conformada por un coordinador (Consultor Internacional), encargado de planificar y garantizar la ejecución del INF, un consultor nacional con la responsabilidad de articular con otras instituciones y la apropiación institucional. Para la supervisión de los equipos

técnicos de campo, se contó con el apoyo de tres consultores. La asistencia técnica y administrativa estuvo a cargo de la FAO.

Para el levantamiento de campo, se dividió al país en cuatro regiones operativas. En la Figura 20.3, se observa la siguiente distribución: i) Pacífico-Centro-Norte; ii) Región Autónoma Costa Caribe Norte (RACCN); iii) Región Autónoma Costa Caribe Sur (RACCS) y iv) Río San Juan.

Las mediciones en campo fueron realizadas por consultores contratados; se dio empleo a 822 personas (Cuadro 20.7), de las cuales 92% fueron hombres y 8% fueron mujeres (INAFOR, 2009). Se elaboraron términos de referencia y se llevó a cabo un proceso de licitación pública de acuerdo a los procedimientos y normas establecidas.

Los equipos técnicos de campo estaban conformados como mínimo por cinco personas: un líder, un asistente, un encuestador y dos guías locales. Se preparó una descripción de funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros de los equipos técnicos de campo. Además, se contó con cuatro personas de apoyo administrativo (dos mujeres y dos hombres).

CUADRO 20.7

Distribución del personal del Inventario Nacional Forestal 2007-2008 según los cargos

Cargo	Mujeres	Hombres	Total
Coordinación Nacional	-	1	1
Coordinación Unidad Técnica	1	-	1
Apoyo a la coordinación	4	6	10
Consultores temporales	-	3	3
Líderes	4	24	31
Asistentes	8	25	33
Encuestadores	7	23	30
Guías locales	16	427	443
Apoyo local	26	244	270
Total	66	753	822
Porcentaje (%)	8	92	100

El equipo y tecnologías para la recolección de datos utilizados para el levantamiento fueron los siguientes: receptor con Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), cinta métrica, cinta diamétrica, clinómetro, distanciómetro láser, grabadora MP3, cámara fotográfica digital, baterías alcalinas, tubos galvanizados, cinta vinílica fluorescente, cinta pH, botiquín de primeros auxilios, linterna, hamacas, y teléfono celular, entre otros.

Todos los equipos técnicos fueron capacitados previo al inicio del trabajo de campo, con base en el manual de campo. Dichas capacitaciones se realizaron para fortalecer las capacidades de los consultores en taxonomía y dendrología tropical con el objetivo de suministrar conceptos para la identificación de familias de las especies arbóreas, la utilización de claves dendrológicas y manejo de las técnicas de recolección y preservación del material botánico.

Al personal de la Unidad Técnica (UT), se le capacitó en sistemas de información geográfica y en el manejo de base de datos, con el propósito de mejorar las capacidades en el manejo de dichas herramientas para la supervisión y manejo de información del INF.

Se aseguró un acompañamiento a los técnicos en la primera UM en campo, garantizando la apropiación del conocimiento adquirido durante las capacitaciones. Además, se realizaron sesiones técnicas con los equipos de campo para dar respuesta a las problemáticas identificadas en campo.

Para el ingreso de datos se impartieron capacitaciones en el Sistema de almacenamiento del INF (SySINF), software creado por la UT e instalado en los equipos informáticos de los consultores. Los datos del INF fueron registrados a través de ocho formularios de campo que permitieron captar la información. Para la revisión y aprobación de la información de campo recibida en la UT, se utilizaron los siguientes elementos de control de calidad:

- Capacitaciones a todas las brigadas de campo y acompañamiento a la primera parcela de cada brigada;
- Acompañamiento vía telefónica a todas las brigadas para la solución de dudas;
- Una hoja de control para registrar el ingreso de la información recibida;
- Una vez registrada y tratada por recibida la documentación, el supervisor de campo era el responsable de comprobar que el informe, la base de datos y los formularios fuesen semejantes entre ellos. Revisada la documentación, se procedía a escanear los formularios de campo con la finalidad de conservar una copia de respaldo en caso de extravío;
- Si la información recibida presentaba inconsistencias, esta se le regresaba al líder de campo para su corrección, tantas veces como era necesario, o se realizaban reuniones conjuntas con los supervisores para revisión e ingreso correcto de toda la información a la base de datos SySINF, asegurando así la confiabilidad de los mismos.



La información recopilada en campo fue depurada y organizada para ser ingresada en el SySINF. Finalizado el ingreso de los datos, se realizó un respaldo y se envió a la UT para su revisión y aprobación.

El siguiente paso consistió en validar y verificar que la base de datos tuviera consistencia y coherencia, mediante nuevas visitas de campo, criterios de expertos, listas cruzadas de especies, entre otras. Seguidamente, se realizó el procesamiento y análisis de datos, generando insumos para la elaboración del documento del primer INF.

Para la implementación del segundo ciclo de medición del INF, INAFOR plantea la decisión de realizarlo con personal propio, mediante el 20% cada año, considerando un ciclo de cinco años (2022-2026); se estima que se levanten aproximadamente 69 UM anuales (excluyendo cuerpos de agua). Cada muestreo anual se denomina panel o campaña. El diseño en paneles permite remedir una porción de las UM cada año de tal forma que se cubra todo el territorio continental de Nicaragua en ese periodo.

Las 69 UM anuales serán distribuidas a cada área de las delegaciones departamentales y subregionales del INAFOR, lo cual permitirá con facilidad la distribución de presupuesto y recursos humanos. Para las operaciones del segundo INF, se creó la Dirección de Monitoreo e Información Forestal como responsable dentro de la institución que tendrá la responsabilidad de seguimiento y control.

Para la implementación del segundo ciclo de medición del INF, se plantea la necesidad de revisar la intensidad de muestreo y el diseño de las parcelas de medición de acuerdo a los objetivos e indicadores, y en armonía con las categorías de uso y cobertura de la tierra que se utilizan en el nivel de referencia de emisiones forestales y el INGEI.

20.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTAN

El primer INF tuvo la particularidad de levantar información no solamente en bosque, sino que se incluyeron áreas fuera de bosques con árboles o sin árboles, con el objetivo de monitorear los recursos forestales en los terrenos dedicados a la ganadería que aún tienen remanentes de bosques naturales o que pueden ser mejorados para crear sistemas agroforestales y silvopastoriles.

La información que se registra en el INF se agrupa en los siguientes temas y variables:

- cobertura forestal y dinámica de la deforestación;
- estado, sanidad y vitalidad de los bosques;
- manejo de los bosques;
- estado productivo de los bosques naturales;
- cobertura de plantaciones, estado de los sistemas agroforestales y árboles fuera del bosque;
- información de las funciones ambientales y de conservación de los bosques;
- patrimonio forestal del volumen comercial de país;
- información socioeconómica de los bosques y árboles fuera del bosque.

El INF levantó información en relación a la mano de obra invertida en actividades productivas y otras actividades familiares, tomando en cuenta cuatro categorías de edad y sexo, para conocer los énfasis por actividad y por género y edad (INAFOR, 2009).



20.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

En el marco de REDD+, Nicaragua estará implementando un Sistema Nacional de Monitoreo, Reporte y Verificación (SNMRV) para la recopilación y el procesamiento de información sobre la cobertura forestal y biomasa, obtenida por medio de sensores remotos y mediciones de campo del INF. Esta información será utilizada para las estimaciones periódicas de las emisiones y reducciones, con el objetivo de una evaluación periódica de los indicadores de cumplimiento de las salvaguardas, así como para el monitoreo de beneficios alternativos. El SNMRV establece una plataforma en la que instituciones nacionales, gobiernos regionales, comunidades indígenas y territoriales contribuirán a los resultados del monitoreo, protocolos para las estimaciones e información geográfica, de manera accesible al público en general.

El sistema está integrado por tres submódulos:

- El Módulo del carbono medirá, monitoreará, rendirá informes y verificará el estado y las condiciones de los bosques de Nicaragua, así como la deforestación y la recuperación de los bosques. Informará sobre emisiones evitadas, así como las que ocurren debido a cambios en las existencias de carbono a nivel nacional.

- El Módulo de beneficios múltiples monitoreará los indicadores relacionados con la biodiversidad y la seguridad alimentaria.
- El Módulo de salvaguardas proporcionará y gestionará la información relacionada con la aplicación de las salvaguardas.

En 2015 y recientemente en 2019, con la asistencia del Programa Estrategia Nacional para la Deforestación Evitada (ENDE-REDD+), fue posible realizar la medición de 110 UM, con el objetivo de actualizar los factores de emisión y factores de remoción. Adicionalmente, se anticipa el desarrollo de ecuaciones alométricas calibradas con datos nacionales, previo al primer evento de monitoreo durante el Acuerdo de pago por la reducción de emisiones (ERPA, por sus siglas en inglés).

Los factores de remoción expresan el crecimiento anual de nuevos bosques en toneladas de dióxido de carbono por hectárea. La base de datos del INF no explica las tasas de incremento de biomasa en los bosques de Nicaragua; su cálculo se basa utilizando como referencia literatura acerca de la regeneración forestal en Nicaragua. Respecto al incremento promedio anual de biomasa de los bosques en

Nicaragua, no existe información publicada disponible en este momento. Por consiguiente, se pretende realizar estudios nacionales sobre el cálculo de tasa de crecimiento en base a factores de emisión derivado de la base de datos del INF para bosques estables.

Dentro del SNMRV, el INAFOR es el encargado de la ejecución del INF, cuyos datos son la base para estimar la densidad de carbono de los diferentes usos del suelo (incluyendo los usos “no forestales”) expresados en los factores de emisión.

Bajo la asesoría de la FAO, Nicaragua pretende realizar talleres de consulta con expertos nacionales y otros actores involucrados en el ámbito forestal, con el propósito de obtener un consenso sobre nuevos diseños y alternativas metodológicas de inventarios forestales que han sido probados en países vecinos, como Costa Rica y Honduras. Además, estos talleres tendrán la finalidad de responder a las principales necesidades de información acerca del estado de los bosques, las cuales una vez definidas serán debidamente validadas en campo, para su posible establecimiento en los siguientes ciclos del INF en el país (FAO e INAFOR, 2019).

El INF se encuentra en proceso de actualización. Nicaragua, a través del INAFOR, iniciará en el año 2022 con recursos de fondos nacionales, un proceso de monitoreo de la totalidad de las áreas boscosas. Con una intensidad de muestreo de 20,0% (69 UM) en el territorio nacional, este proceso de monitoreo tendrá un enfoque multipropósito; es decir, buscará evaluar el estado de los bosques sometidos

al aprovechamiento de productos forestales no maderables (resina) e institucionalizar el INF a través del fortalecimiento de capacidades de su personal técnico a nivel central y delegaciones territoriales, junto con la apropiación en la aplicación de la metodología y diseño vigente para la correcta recolección de datos y su actualización constante (anualmente).

Además de establecer las bases de un estudio a nivel nacional sobre la existencia y distribución poblacional enfocado en la especie *Dalbergia retusa* a través de la recolección de datos en campo —en cumplimiento del país a la Resolución de Conferencia 12.8 (Rev. CoP17) sobre Examen del comercio significativo de especímenes de especies del Apéndice II (INAFOR y MARENA, 2017), solicitada por parte de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)— este monitoreo se pretende ampliar y realizar anualmente para otras especies arbóreas de valor comercial, por ejemplo, la caoba del atlántico (*Swietenia macrophylla*).

Asimismo, en búsqueda de realizar mejoras técnicas en cuanto a la recolección de datos del INF, se considera la adaptación de tecnologías digitales (drones, sensores Lidar, hardware y software), tabletas y/o receptores GPS con capacidades para alimentar formularios de campo y generar sus respectivas bases de datos para el posterior procesamiento y análisis de resultados, haciendo uso de programas diseñados para tales efectos, por ejemplo, SilvaMetricus.



© INAFOR

REFERENCIAS

- Brown, S.** 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer*. Estudio FAO Montes 134. Roma, FAO. (disponible en: www.fao.org/3/w4095e/w4095e00.htm).
- Brown, S. y Iverson, L.R.** 1992. Biomass estimates for tropical forests. *World Resource Review*, 4(3): 366-384. (disponible en: www.fs.fed.us/nrs/pubs/jrnl/1992/ne_1992_brown_002.pdf).
- Brown, S., Gillespie, A.J. y Lugo, A.E.** 1989. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35(4): 881-902.
- Decreto N.º 73-2003.** Reglamento de la Ley No. 462, Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal. Presidente de la República de Nicaragua, Managua, Nicaragua, 3 de noviembre de 2003. (disponible en: <http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/d0c69e2c91d9955906256a400077164a/ba58507a747a5a94062572370068596f?OpenDocument>).
- Cochran, W.G.** 1977. *Sampling Techniques*, 3ª Ed. Nueva York (Estados Unidos), John Wiley & Sons.
- FAO.** 2006. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005*. Estudio FAO Montes 147. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/a0400s/a0400s00.htm).
- FAO.** 2008. *Manual de campo del Inventario Nacional Forestal de Nicaragua 2007-2008*. Managua. (disponible en: www.inafor.gob.ni/wp-content/uploads/2020/DocPDFS/Manual-de-Campo.pdf).
- FAO.** 2012. *National Forest Monitoring and Assessment – Manual for integrated field data collection, Version 3.0*. NFMA Working Paper No. 37/E. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/ap152e/ap152e.pdf).
- FAO e Instituto Nacional Forestal (INAFOR).** 2019. *Informe de Misión, junio 2019*. Managua.
- INAFOR.** 2009. *Resultados del Inventario Nacional Forestal. Nicaragua, 2007-2008. 2ª ed.* Managua. (disponible en: <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Mitigacion%20del%20cambio%20climatico/Informe%20Final%20inventario%20forestal.pdf>).
- INAFOR y Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).** 2017. *Examen de Comercio Significativo de la Especie de Dalbergia retusa*. Managua.
- Jiménez Ruíz, E.R., Fonseca González, W. y Pazmiño Pesantez, L.** 2019. Sistemas silvopastoriles y cambio climático: estimación y predicción de biomasa arbórea. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 29(1): 45-55. (disponible en: <https://doi.org/10.17163/lgr.n29.2019.04>).
- MARENA.** 2017. *Diseño del Sistema Integral de Medición, Monitoreo, Reporte y Verificación para el Programa ENDE-REDD+ 2018-2040*. Proyecto Apoyo a la Preparación de la Estrategia de Reducción de Emisiones Provenientes de la Deforestación y Degradación de los Bosques (ENDE-REDD+) – TF099264. Managua. (disponible en: www.marena.gob.ni/Enderedd/wp-content/uploads/Fases/5.%20Doc.%20Dise%C3%B1o%20del%20SNMRV.pdf).
- NTON 18 001-04.** Norma Técnica para el manejo sostenible de los bosques naturales latifoliados y de coníferas. Comité Técnico Forestal, Managua, Nicaragua, 29 de julio de 2004. (disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/nic66077.pdf>).
- Prodan, M., Peters, R., Cox, F. y Real, P.** 1997. *Mensura forestal*. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). (disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>).
- Xiao, C.-W. y Ceulemans, R.** 2004. Allometric relationships for below- and aboveground biomass of young Scots pines. *Forest Ecology and Management*, 203(1-3): 177-186. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.07.062>).



SIGUIENTE CAPÍTULO
PANAMÁ

Capítulo



PANAMÁ

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE PANAMÁ

Eric Fernando Rodríguez Rivera, Dirección Forestal, Ministerio de Ambiente, Calle Diego Domínguez, Edif. 804 Albrook, Ancón, Panamá

Víctor Raúl Corro, Dirección Forestal, Ministerio de Ambiente, Calle Diego Domínguez, Edif. 804 Albrook, Ancón, Panamá

Roney Samaniego, Dirección de Información Ambiental, Ministerio de Ambiente, Calle Diego Domínguez, Edif. 804 Albrook, Ancón, Panamá

21.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE PANAMÁ

La República de Panamá se localiza al sureste de América Central, entre las coordenadas 7°12'07" y 9°38'46" de latitud norte y los 77°09'24" y 83°03'07" de longitud oeste. Posee una superficie de 75 517 kilómetros cuadrados (km²). Históricamente, los pocos inventarios forestales nacionales realizados en el país se han efectuado con intervalos de tiempo relativamente grandes. El primer inventario nacional forestal fue realizado durante el período 1968-1972, con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Se orientó a reconocer las formaciones forestales y registrar las existencias de las especies maderables con miras al aprovechamiento del bosque, estableciendo una política y una administración forestal básica. Luego de poco más de 40 años de haber realizado este inventario forestal nacional, se ha iniciado la actualización de la información sobre los bosques del país, mediante un inventario forestal nacional.

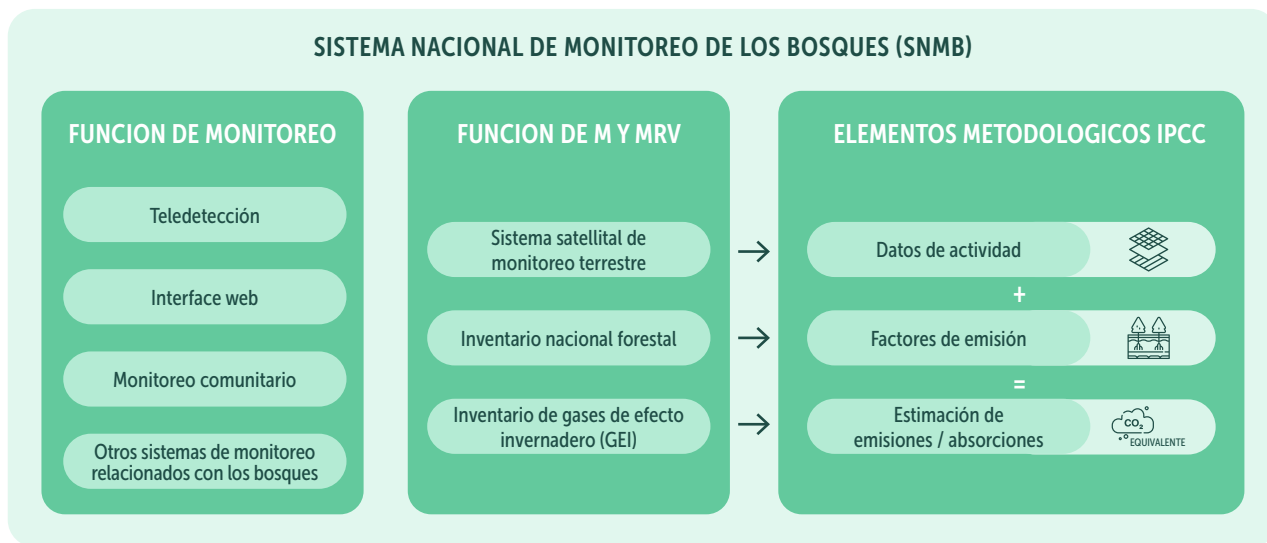
En los últimos años, los inventarios forestales nacionales en el mundo han incorporado nuevos enfoques, lo que ha permitido ampliar la información que se obtiene de los mismos. En la actualidad, estos inventarios son multipropósito, brindando una descripción detallada de los bosques, de las características biofísicas y ecológicas donde se encuentran dichos bosques, y de los aspectos socioeconómicos relacionados con el uso de los productos y servicios que suministran (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015).

En el año 2008, Panamá manifestó su interés en incorporarse a la iniciativa que dio origen al denominado mecanismo Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+). En consecuencia, desde enero 2011, el país ha contado con la cooperación del programa REDD+ de las Naciones Unidas (ONU-REDD) a través de la implementación de un programa nacional (ONU-REDD Panamá), el que tuvo por objetivo asistir el país en el proceso de preparación para REDD+ (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015). En este contexto, según lo expresado por Melgarejo, Calderón y Ruiz (2015), diversas decisiones y recomendaciones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) señalan que un componente importante para REDD+ es el establecimiento de un Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques (SNMB), el que debe fundamentarse en una combinación de teledetección y mediciones de campo, para estimar y reportar las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero derivados de los bosques.

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (2006), se distinguen dos métodos para estimar emisiones derivadas de fuentes y absorciones por sumideros asociadas a las tasas anuales de cambio en todos los reservorios forestales de carbono:

FIGURA 21.1

Esquema del Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques y elementos metodológicos para estimar emisiones/absorciones de dióxido de carbono



Nota: IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático; M: monitoreo; MRV: medición, reporte y verificación.

Fuente: Melgarejo *et al.* (2015).

- método de variaciones de existencias: estima las emisiones y absorciones anuales netas a partir de la diferencia entre las existencias totales de carbono en dos momentos dados, dividido por el número de años transcurridos (véase la ecuación 3.1.2 en IPCC [2005] o la ecuación 2.8 en IPCC [2006]);
- método de ganancias-pérdidas: estima las emisiones o absorciones netas anuales de dióxido de carbono (CO₂) como la suma de ganancias y pérdidas en los reservorios de carbono (véase la ecuación 3.1.1 en IPCC [2005] o la ecuación 2.7 en IPCC [2006]).

En este contexto, para la FAO (2018), el primer método es adecuado para estimar las existencias de carbono comúnmente a partir de mediciones de campo repetidas de variables forestales como parte de un inventario forestal nacional o como datos producto de sondeo. Se señala que, en este caso, los productos de la teledetección son útiles para mejorar el muestreo en un inventario forestal nacional, contribuyendo en los procesos de estratificación y proporcionando datos complementarios durante las estimaciones que pueden permitir la identificación de las actividades de REDD+.

Considerando los requerimientos del mecanismo REDD+ y algunas necesidades institucionales, el Ministerio de Ambiente de Panamá (MiAMBIENTE), tomó la decisión de ejecutar un Inventario Nacional Forestal y de Carbono (INFC) como prioridad nacional para REDD+, utilizando recursos del programa ONU-REDD Panamá, con el fin de sentar las bases para el desarrollo de un SNMB (Figura 21.1), brindando de esta forma información sobre factores de emisión de carácter nacional.

Un breve resumen con el fin de facilitar la comprensión de los resultados del INFC se presenta a continuación.

Mediante un proceso de diálogo, MiAMBIENTE definió en términos generales el alcance en que se enmarcó el INFC:

- *geográfico: ámbito nacional;*
- *temático: multipropósito, atendiendo no solo los requerimientos para REDD+, sino también las necesidades de información para apoyar la formulación y monitoreo de la política y la gestión forestal sostenible del país;*
- *temporal: continuo con UM permanentes, que permitan evaluar mejor los cambios ocurridos y la dinámica del bosque (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015, p. 6).*

El INFC se inició con un inventario piloto que se orientó a los siguientes objetivos específicos:

- *obtener información sobre la variabilidad natural de indicadores clave;*
- *establecer costos y tiempos de las diferentes tareas y actividades;*
- *probar y mejorar la metodología desarrollada para el trabajo de campo, base de datos, formularios y manuales de campo, e identificar cómo organizar el trabajo y la logística relacionada;*
- *capacitar a técnicos y profesionales de MIAMBIENTE, de empresas forestales consultoras, ONG y pueblos indígenas, en la metodología propuesta para el levantamiento de los datos de campo (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015, p. 6).*

Con los resultados obtenidos a partir del inventario piloto, se procedió a definir el diseño del inventario final, el que consideró un diseño sistemático estratificado, con cinco estratos: bosque, mangle, rastrojo, uso agropecuario, y otros usos.

Para el proceso de estratificación, se utilizó el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012, en donde se filtraron los puntos correspondientes de cada una de estas coberturas encontrados en la red de puntos de 3 kilómetros (km) por 3 km, distribuida en todo el territorio nacional y elaborada para el inventario forestal. Con los resultados obtenidos con este inventario se estimaron las áreas y los factores de emisión, entre otras variables.

Durante el año 2020 e inicios del 2021, se trabajó en la Dirección Forestal del MiAMBIENTE en la mejora del diseño de muestreo utilizado en el primer ciclo del inventario, con la finalidad de ampliar la cobertura de las unidades de muestreo (UM) relacionada con algunos atributos que se consideró no se encontraban debidamente representados en el diseño de la primera mensura. Los detalles de este nuevo diseño de inventario se presentan al final de este capítulo.

El ciclo de inventarios forestales nacionales iniciado en Panamá en 1968 se describe brevemente en el Cuadro 21.1.

CUADRO 21.1

Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales de Panamá

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
INF1	1968-1972	Nacional	Sistemático estratificado bietápico El marco muestral para este inventario fue una red de puntos de 5 km por 5 km, donde se distribuyeron unidades de muestreo (UM) primarias de forma sistemática, en seis estratos constituidos por zonas bio-ecológicas. En cada UM primaria, se incorporaron dos fajas de 25 m de ancho por 5 km de longitud como UM secundarias. Las parcelas fueron de 10 m por 200 m en cinco de los estratos, y en uno de ellos se utilizó una parcela circular de 0,5 ha (FAO y PNUD, 1972).	La tasa de sondeo osciló entre un mínimo de 0,03% y un máximo de 0,18% de la superficie de los estratos (FAO y PNUD, 1972).
INFC1	2013-2018	Nacional	Sistemático estratificado Inventario piloto: el marco muestral utilizado para el inventario piloto consistió en una red de puntos enumerados cada 3 km por 3 km, cubriendo todo el territorio nacional; la estratificación para esta fase se realizó tomando en consideración la cuadrícula de puntos potenciales de ser muestreado en bosque y no bosque con base en el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015). Para la siguiente etapa del INFC se continuó con la cuadrícula de los puntos enumerados y el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 para realizar una estratificación, agrupando las UM de la cuadrícula en cinco grandes categorías: bosque, manglar, uso agropecuario, rastrojo y otros usos (Rodríguez y Corro, 2021).	Inventario piloto: fueron seleccionadas 50 UM, de las que se lograron medir 36 UM Con base en la información de la fase piloto, el tamaño de la muestra se incrementó a 92 UM. De estas, se lograron medir 87 UM (Rodríguez y Corro, 2021).
INFC2	2021-en curso	Nacional	Sistemático estratificado Para el segundo ciclo del INFC, se consideró ampliar la cobertura de las muestras en los estratos para incorporar atributos no registrados en el primer ciclo. Los cinco estratos se mantuvieron y las UM fueron rediseñadas (Rodríguez y Corro, 2021).	150 UM (Rodríguez y Corro, 2021)

CUADRO 21.2

Resumen de definiciones del Inventario Nacional Forestal y de Carbono

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	<p>Tierra que se extiende por más de 0,5 hectáreas, dotada de árboles de una altura promedio igual o superior a 5 metros, una cobertura de copas igual o superior al 30%, o de árboles capaces de alcanzar estos umbrales <i>in situ</i>, siempre y cuando se trate de tierras que hayan sido declaradas con fines de restauración, conservación y/o manejo forestal. En este último caso, cuando se trate de zonas donde las condiciones abióticas limiten que los árboles alcancen los 5 metros <i>in situ</i>, será suficiente con que superen el 30% de cobertura. No incluye tierra sometida a un uso predominantemente agropecuario o urbano (ANAM y Programa ONU-REDD, 2014).</p> <p>Otras formaciones con vegetación:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Estructuras lineales de árboles (bosque de galería y cortinas rompevientos): se clasifican como bosque cuando cumplen con los criterios de superficie, altura y cobertura de copas y con un ancho mayor de 20 m, basado en la proyección de las copas. – Formaciones de palmeras: rodales seminaturales de palma de coco asociadas con otra vegetación, se clasifican como bosque latifoliado mixto y se aplican los criterios de maduro/secundario; rodales plantados de palma deben ser clasificados como cultivo permanente. – Rastrojos: se clasifican generalmente como vegetación arbustiva y herbácea a excepción de los rastrojos que han sido declarados para uso forestal, los cuales se clasifican como bosque (ANAM y Programa ONU-REDD, 2014). 	<p>Superficie mínima: 0,5 ha</p> <p>Cobertura de copas: $\geq 30\%$</p> <p>Altura de árbol: ≥ 5 m <i>in situ</i></p> <p>Ancho mínimo: 20 m, criterios para definir bosques de galerías</p> <p>Excepciones: explicadas en la definición</p>
Volumen	<p>Volumen total (m³): árboles vivos con diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor de 10 cm. Incluye corteza (Melgarejo <i>et al.</i>, 2015).</p>	<p>Diámetro mínimo (DAP a 1,30 m de altura): ≥ 10 cm</p> <p>Inclusión del tocón</p> <p>Inclusión de corteza</p> <p>Altura comercial: de la base a la primera rama o bifurcación</p> <p>Grupos de especies: todas las especies, identificadas en campo y recolección de muestra</p>
Biomasa	<p>Biomasa por encima del suelo: biomasa seca (kg) de árboles vivos iguales o mayores de 10 cm de DAP.</p> <p>Biomasa por debajo del suelo: no medida</p> <p>Necromasa: Biomasa seca de material muerto de hojarasca y madera muerta caída cilíndricas y semicilíndricas de troncos y ramas con diámetro mínimo de 5 cm (Melgarejo <i>et al.</i>, 2015).</p>	<p>Biomasa por encima del suelo</p> <p>DAP: ≥ 10 cm</p> <p>Necromasa</p> <p>Diámetro mínimo de madera muerta caída: 5 cm</p> <p>Tocones no incluidos</p> <p>Árboles muertos en pie no incluidos</p> <p>Hojarasca incluida con diámetro mínimo tamizado no descrito</p>

21.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE CARBONO

Con el fin de establecer el SNMB, se desarrolló un sistema de clasificación de cobertura y uso de la tierra. Este proceso dio como resultado un sistema jerárquico, coherente, con definiciones precisas de las categorías nacionales y conforme con las principales categorías establecidas por el IPCC.

Para este sistema, la definición del bosque es un elemento fundamental, al considerar que, en los reportes a la CMNUCC, el país debe informar sobre la definición de bosque utilizada. Luego de un amplio proceso de consulta y debate, y una revisión final por MiAMBIENTE, se decidió optar por la definición de bosque que se presenta en el Cuadro 21.2, en el que se presentan algunas definiciones de interés para el inventario forestal.

21.3 DISEÑO DE MUESTREO

Para elaborar un diseño eficiente de un INFC, se requiere información previa sobre la variabilidad de diferentes parámetros clave dentro y entre los diferentes estratos posibles. Además, es necesario contar con información sobre tiempos y costos para levantar la información de campo. Adicionalmente, se debe establecer el alcance del inventario, ya sea en términos de la incertidumbre deseada de la información clave, o en términos de recursos financieros disponibles.

En el caso de Panamá, no se contaba con información previa. En consecuencia, se decidió utilizar fondos del programa ONU-REDD para realizar un inventario piloto para producir la información requerida y elaborar el diseño de este con apoyo de la información encontrada en el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012. Este mapa había considerado en su elaboración un sistema de clasificación de cobertura y uso de la tierra que facilitara la determinación objetiva de categorías temáticas tanto en las imágenes satelitales como en el campo (ANAM y ONU-REDD, 2014) y que a la vez permitiera al usuario utilizar la información agregada en cualquiera de sus cuatro niveles jerárquicos. El resultado fue un mapa con objetivo multipropósito, con gran cantidad de categorías temáticas, y con una escala meta de 1:50 000 y una unidad mínima cartografiada de 1 hectárea (ha) (Figura 21.2).

El diseño acordado para realizar este inventario piloto fue sistemático estratificado, contando con dos estratos: uno en áreas de bosques y otro en áreas sin bosques. Para llevar a cabo la estratificación, se utilizó una malla de puntos situados a 3 km por 3 km, cubriendo todo el territorio nacional, y el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012.

Para esta fase piloto se consideró de gran importancia los siguientes elementos:

- organización y vínculos institucionales;
- conformación de la UM;
- forma y tamaño de las parcelas;
- información para recolectar y protocolos de medición.

El inventario piloto realizó la primera medición de 36 UM en campo, de 50 seleccionadas previamente. La selección de las UM se efectuó de forma

sistemática. Los datos de la primera medición se utilizaron como premuestreo para definir el diseño final de la primera mensura del INFC, el que se continuó como sistemático estratificado, ampliando el número de estratos a cinco, y en el que se distribuyeron las UM en todo el territorio nacional, con intensidad no proporcional.

Inicialmente, se estimó la necesidad de 82 UM, a las que posteriormente se le agregaron 10 UM, producto del análisis de los estratos considerando criterios de intensificación mediante proporcionalidad y método de asignación de Neyman, totalizando 92 UM. La cantidad de UM para los cinco estratos generados se observa en el Cuadro 21.3.

La distribución de las 50 UM seleccionadas para la fase piloto, indicando aquellas que fueron medidas y aquellas que no fue posible medir, se puede observar en la Figura 21.3.

CUADRO 21.3

Unidades de muestreo del primer ciclo del Inventario Nacional Forestal y de Carbono

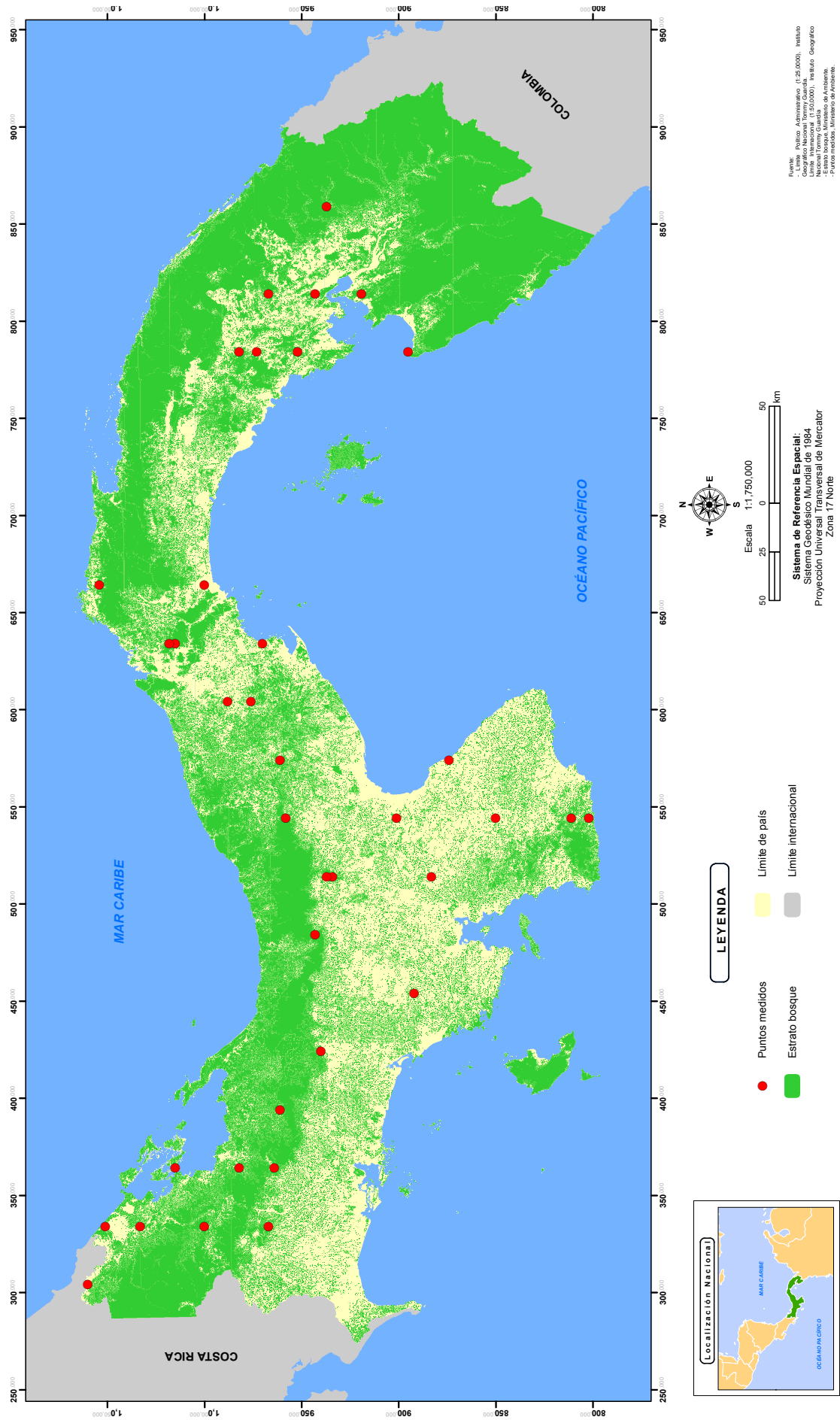
Estratos	Número de unidades de muestreo		
	Premuestreo estratificado	Muestreo adicional	Total
Bosque	24	22	46
Uso agropecuario	8	18	26
Manglar	2	4	6
Rastrojo	2	10	12
Otras coberturas y usos	0	2	2
Total	36	56	92



© Victor Corro

FIGURA 21.3

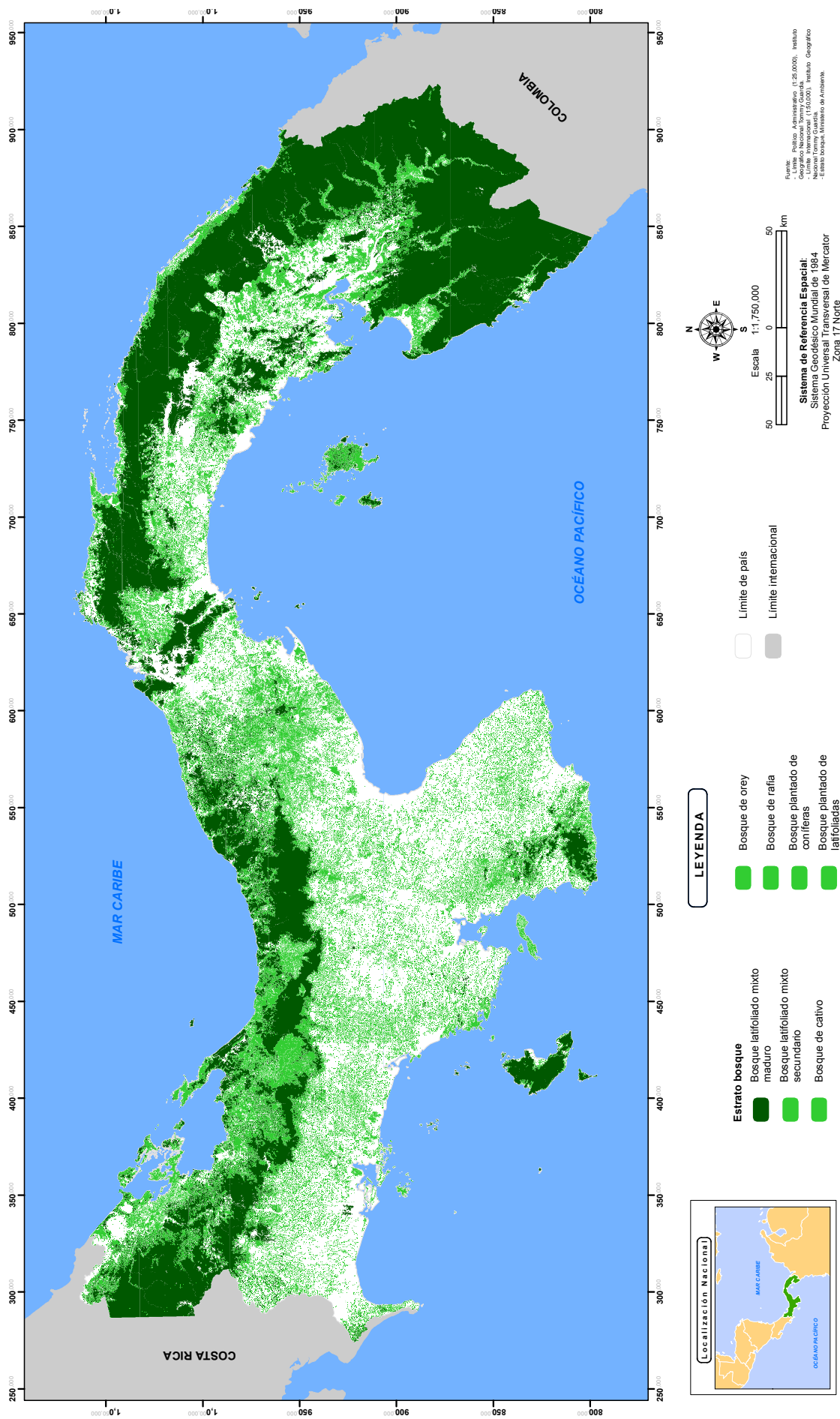
Puntos de muestreo en la fase piloto del Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MIAMBIENTE (2021a).

FIGURA 21.4 Estrato de bosque, agrupando las unidades de muestreo en las categorías de bosques del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012

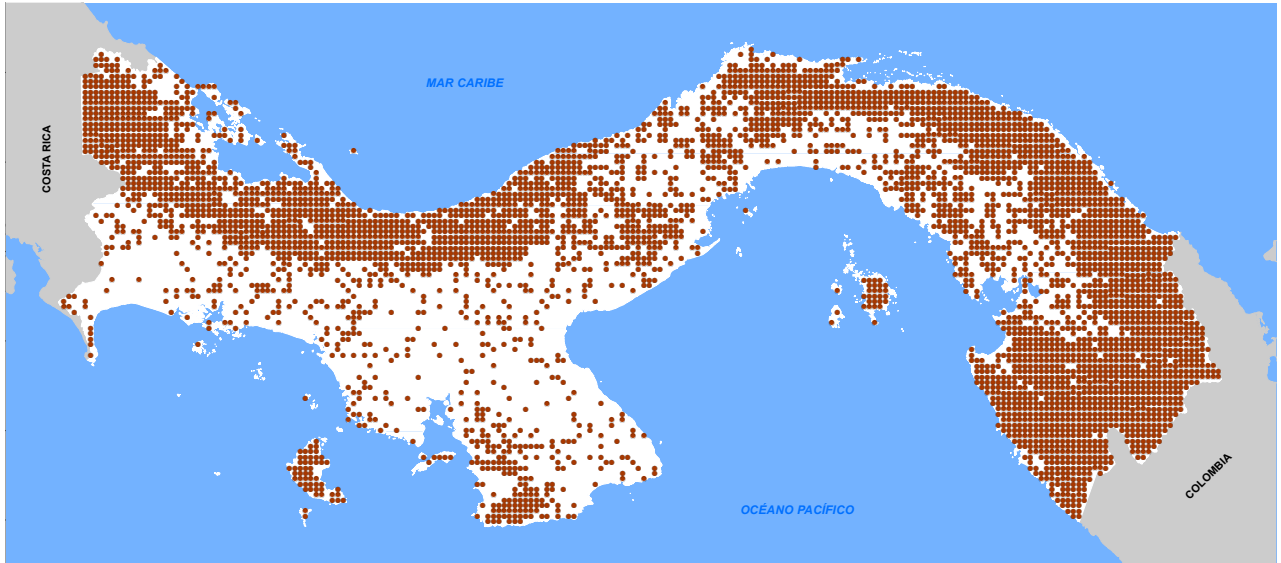
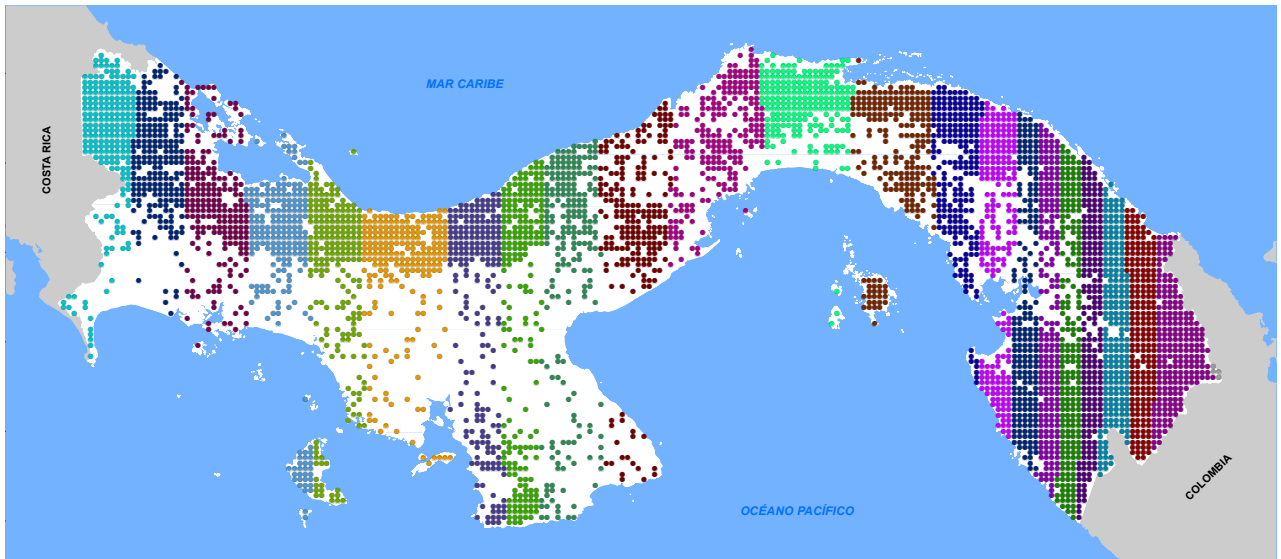


Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MIAAMBIENTE (2021b).

FIGURA 21.5

(a) Red de unidades de muestreo filtradas y (b) 22 bloques para la selección de muestras para el estrato bosque

A) RED DE UM PARA EL ESTRATO BOSQUE - MAPA 2012**B) 22 BLOQUES PARA EL ESTRATO DE BOSQUE - MAPA 2012**

Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MiAMBIENTE (2021c, 2021d).

Para determinar los diferentes estratos, se filtraron todas las UM en las categorías correspondientes del mapa de cobertura y uso de la tierra 2012 (Jiménez, 2016; Rodríguez y Corro, 2021). Por consiguiente, según Jiménez (2016) para el estrato de bosque, se filtraron todas las UM en las categorías de bosque del mapa 2012 (Figura 21.4).

Posteriormente, el número total de UM potenciales a ser medidas en el estrato bosque a nivel nacional fue dividido entre el número de muestras a

seleccionar, para obtener 22 bloques en el estrato bosque, cada uno con 219 puntos representativos de las UM. En cada bloque se seleccionaron de forma aleatoria las UM finales, lo que permitió una distribución homogénea en todo el territorio nacional (Jiménez, 2016), como se muestra en la Figura 21.5.

21.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

El diseño de la parcela de medición de campo para las UM permanentes del INFC ha variado entre el primer y segundo ciclo de mensura, con la finalidad de adecuar la toma de datos a las necesidades que se presentan, en el proceso de mejora continua de producción de información. Los diseños elaborados se presentan a continuación.

21.4.1. PRIMER CICLO

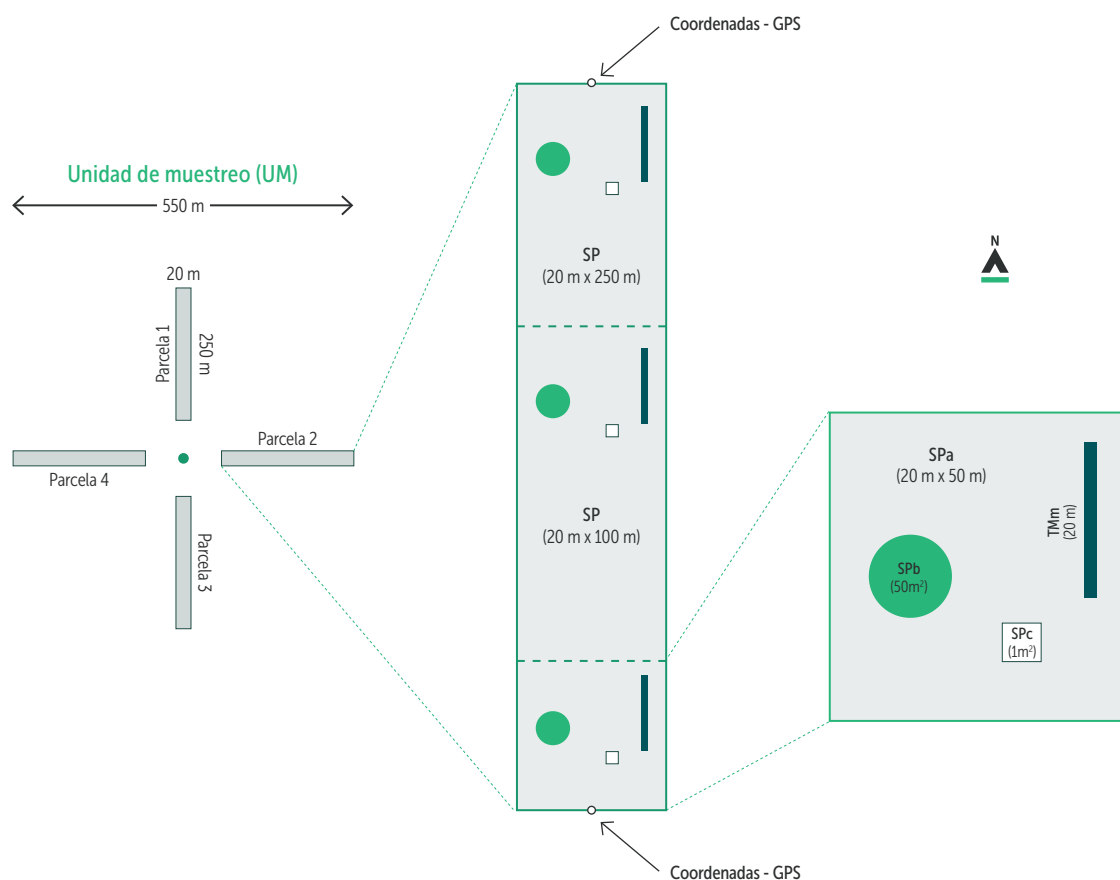
Durante la fase piloto, de conformidad con Melgarejo, Calderón y Ruiz (2015), las UM se establecieron de manera permanente. La UM era un conglomerado con cuatro parcelas de 20 m por 250 m en forma de cruz, cada parcela equidistante a 25 m del punto central.

Las parcelas fueron subdivididas en tres segmentos (subparcelas) para medir las distintas clases diamétricas de los árboles, una de 20 m por 250 m para diámetros mayores de 50 cm, una de 20 m por 100 m para diámetros mayores de 20 cm, y una de 20 m por 50 m para diámetros mayores de 10 cm. Además, las parcelas contaban con tres subparcelas de 50 m² para medir regeneración, tres subparcelas de 1 m² para medir hojarasca, y tres transectos de 20 m lineales para medir madera muerta caída (Figura 21.6).

Este diseño utilizado para la toma de datos durante el inventario piloto se continuó utilizando durante la fase definitiva del primer ciclo del INFC. En todas las UM se midieron los árboles, la hojarasca, la madera muerta caída y el suelo, y se hicieron observaciones sobre el uso de la tierra, el estado de degradación de los bosques y otras variables ambientales, así como información socioeconómica.

FIGURA 21.6

Diseño de la unidad de muestreo y subparcelas



Nota: GPS: Sistema de Posicionamiento Global; SP: subparcela; TMm: transecto de madera muerta.

Fuente: Melgarejo, Calderón y Ruiz (2015).

21.4.2. SEGUNDO CICLO

Con el fin de ampliar la representatividad de las coberturas forestales y los usos de la tierra, así como los diversos atributos relacionados, se dispuso a incrementar el número de muestras en los estratos considerados en el inventario forestal. Para tal efecto, se evaluaron las cuatro parcelas del conglomerado utilizado en el diseño de la UM original, en busca de aquellas que presentaban en conjunto la menor variación en los datos.

Como resultado de la evaluación, se seleccionó una UM de una hectárea, conformada por las parcelas orientadas al este y el sur, en la UM original.

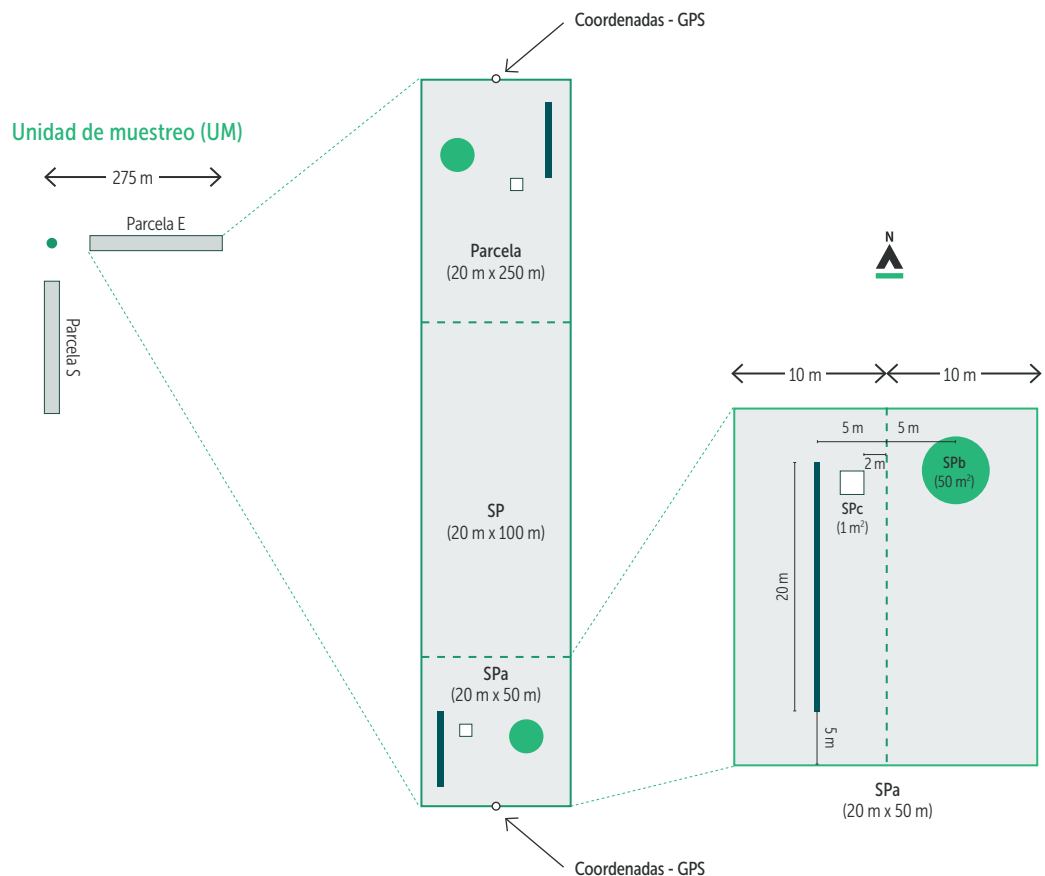
Las subparcelas seleccionadas sufrieron pequeñas modificaciones en relación con el diseño original.

Dichas modificaciones se realizaron en cuanto a la toma de información sobre regeneración natural, hojarasca y necromasa, donde se redujo a dos puntos de tres para la toma de esta información, eliminando el punto en el segmento de 20 m por 100 m, a la vez que se tomaron estos datos tanto a la izquierda como a la derecha de cada subparcela, como se indica en la Figura 21.7. Para las mensuras en las subparcelas, se continuó con el procedimiento utilizado durante la primera mensura.

Este diseño, que se encuentra en sus últimas etapas de discusión con personal de la Dirección Forestal y del INFC, permitirá aumentar el número total de UM a 150, las cuales serán distribuidas en todo el territorio nacional (con un error de muestreo en torno de 15% para la biomasa por encima del suelo).

FIGURA 21.7

Detalle de la propuesta de diseño de la unidad de muestreo, parcelas y subparcelas agrupadas para remedir el Inventario Nacional Forestal y de Carbono



Nota: GPS: Sistema de Posicionamiento Global; SP: subparcela.
Fuente: Rodríguez y Corro (2021).



21.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

El INFC incluyó para cada UM mediciones para estimar los cinco reservorios de carbono, información socioeconómica del poblado de influencia y características topográficas. Para cada parámetro recolectado se desarrolló un protocolo de medición; además, el trabajo en campo incluyó remedir un 20% de las UM para controlar la calidad de los datos recolectados (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015).

Durante el INFC, el diámetro a la altura del pecho (DAP), a una altura de 1,30 m, se midió con cinta diamétrica y la altura de todos los árboles mayores o iguales a 50 cm de DAP se midió con hipsómetro. Para los árboles entre 10 cm y 49,9 cm de DAP, la altura fue medida cada 10 árboles y para el resto de los árboles, fue estimada a simple vista (Melgarejo, Calderón y Ruiz, 2015).

Para la localización del punto central de la UM y los puntos inicial y final de cada parcela se utilizó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) y para mantener el rumbo de cada parcela se utilizó una brújula confirmando este rumbo cada 50 m con el GPS. Las distancias se tomaron con cintas métricas, aplicando la corrección por pendiente en aquellas UM que lo requerían.

La información obtenida en campo fue almacenada en una base de datos de SQL Server que fue diseñada específicamente para la estructura de datos del INFC. En ella se almacenaron los procedimientos de cálculo para las variables intermedias o derivadas como volumen, biomasa, carbono, entre otras (Calderón y Calderón, 2020).

Para el cálculo de áreas según la clase de uso de la tierra (CUT), se utilizó el método de croquis por su mayor precisión. Este método consiste en elaborar un croquis a través de la parcela en el cual se van dibujando los límites de cada tipo de CUT. Por otro lado, para calcular los factores de emisión con los datos del INFC, se utilizó el método de cálculo basado en Doble Muestreo Estratificado del software Silva Metricus (Calderón y Calderón, 2020)

Durante el proceso de trabajo de campo, durante el inventario definitivo algunas de las UM no fueron medidas, debido a su inaccesibilidad por aspectos de topografía o por la negativa de los propietarios a participar de la actividad. Debido a ello, dichas UM no fueron consideradas en los cálculos y, por lo tanto, el proceso de cálculo de los factores de emisión se realizó con 87 UM.

CUADRO 21.4

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variable	Ecuación	Referencia
	$V_{tot} = g \times h \times f$	
Volumen total (m³)	Donde: V_{tot} : volumen total del fuste del árbol (m ³) g : área basal del árbol (m ²) h : altura total del árbol (m) f : factor de forma según la calidad del fuste: - Fuste calidad A: $f = 0,68$ - Fuste calidad B: $f = 0,50$ - Fuste calidad C: $f = 0,40$	Resolución N.º AG-0168-2007 (2007)
	$ba = 0,0673 \times (\rho \times DAP^2 \times h)^{0,976}$	
Biomasa (kg)	Donde: ba : biomasa por encima del suelo, peso seco (kg) DAP : diámetro a la altura del pecho (cm) h : altura total del árbol (m) ρ : densidad de la madera (g/cm ³)	Chave <i>et al.</i> (2014)

Sobre las estimaciones de volumen y biomasa, las funciones utilizadas para estos cálculos se encuentran en el Cuadro 21.4.

Assumiendo que en los estratos individuales la población es infinita ($n < 0,05 N$), se simplifica la fórmula ignorando el factor de corrección debido a la población finita (Cochran, 1977; Quiroz, 2012), para obtener el error de muestreo de la variable y en el estrato, mediante la siguiente fórmula:

$$e_y = \sqrt{\frac{s_h^2}{n_h}} \times \sqrt{1 - \frac{n_h}{N_h}}$$

donde:

e_y = estimación del error estándar de la variable y

s_h = desviación estándar de la variable y en el estrato

n_h = número de UM en la muestra del estrato

N_h = número total de UM en el estrato

Assumiendo que en los estratos individuales la población es infinita ($n < 0,05 N$), se simplifica la fórmula ignorando el factor de corrección debido a la población finita (Cochran, 1977; Quiroz, 2012), para obtener el error de muestreo de la variable y en el estrato, mediante la siguiente fórmula:

$$e_y = \sqrt{\frac{s_h^2}{n_h}}$$

En consecuencia, en atención a Cochran (1977), como las fracciones de muestreo n_h/N_h de todos los estratos del inventario nacional resultaron despreciables, la fórmula considerada para estimar el error de muestreo de la variable y en la población fue la siguiente:

$$e_y = \sqrt{\frac{\sum W_h^2 \times s_h^2}{n_h}}$$

donde:

e_y = estimación del error estándar de la variable y

s_h = desviación estándar de la variable y en el estrato

n_h = número de UM en la muestra del estrato

W_h = ponderación del estrato

21.6 RESULTADOS DEL PRIMER CICLO: SUPERFICIE, BIOMASA Y VOLUMEN

Varios países utilizan su inventario nacional forestal para generar estadísticas oficiales de superficie de diferentes categorías de cobertura y uso de la tierra, ya que las observaciones realizadas en el campo son más confiables que las interpretaciones de imágenes de satélite. Sin embargo, por tratarse de un muestreo, se requiere una cantidad considerable de UM para lograr una incertidumbre aceptable.

Actualmente, no se ha concluido el análisis de todas las variables que se encuentran en la base de datos del INFC. Por lo tanto, los resultados deben ser considerados como datos preliminares, debido a que no todos representan datos de todo el territorio nacional, con el nivel de confianza deseado. En el Cuadro 21.5 se muestran algunos resultados correspondientes a la fase piloto del inventario.

Durante la fase piloto del primer ciclo del INFC, se registraron 648 especies de árboles. El 93,6% de estas se identificaron al menos en el nivel de familia, el 92,2% en el nivel de género y el 78,2% en el nivel de especie. El mayor número de individuos desconocidos se registró en territorios indígenas, en donde la colecta de material florístico no fue permitida, dificultando la identificación en el nivel de especie. Por otro lado, se registraron 17 especies endémicas y 62 especies amenazadas de acuerdo con el MiAMBIENTE, de las cuales dos especies fueron reportadas en peligro crítico, ocho en peligro y 52 vulnerables. Adicionalmente, se encontraron cinco especies nuevas para la ciencia (Melgarejo *et al.*, 2015).

Es importante mencionar que el sistema de clasificación de clases de uso de la tierra (CUT) establecido para el INFC1 de Panamá fue jerarquizado en cuatro niveles diferentes, siendo los primeros niveles los menos detallados en cuanto al número de clases que contenían. El nivel 3 de CUT se conoce también como el de las clases especiales del INFC, ya que define las principales categorías de

bosques. En total, fueron establecidas 10 categorías o CUT en este nivel, de las cuales cinco son de la categoría “bosque” y las restantes cinco clases de “no bosque”. Los promedios del carbono (todas las fuentes) en el nivel de CUT 3 y por región climática, con base en las 87 UM levantadas con el INFC1, se presentan en la Figura 21.8.

En el Cuadro 21.6 se presenta el detalle de los promedios de carbono para la parte aérea de árboles vivos, para el nivel 3 de CUT y por región climática, para las 10 categorías establecidas en el nivel. Estas estimaciones de carbono se efectuaron para todas las fuentes, para los cuatro niveles de CUT y por región climática; de la misma manera, se procedió a estimar las otras variables (volumen, biomasa, etc.).



© Victor Corro

CUADRO 21.5

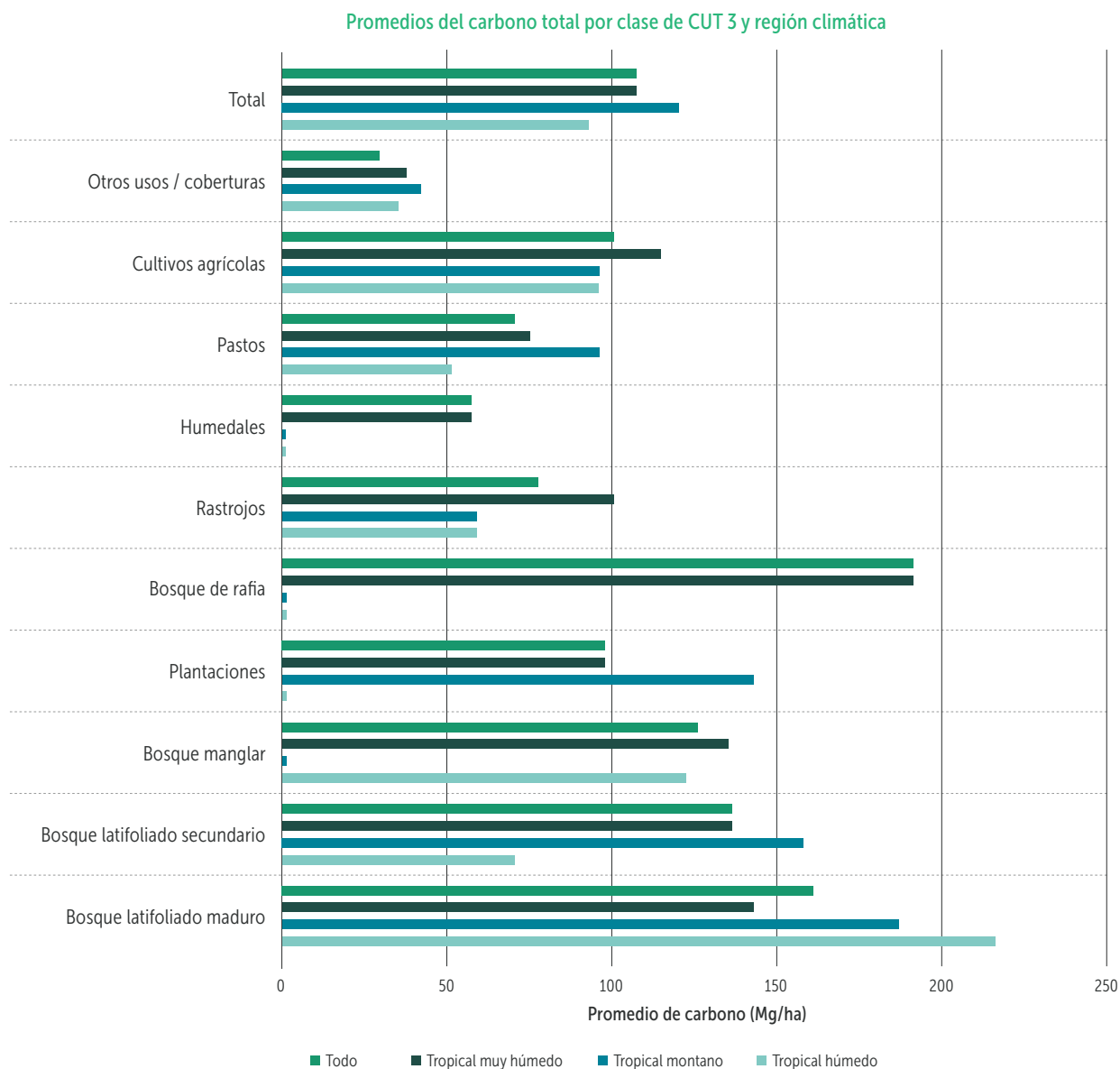
Resumen de resultados del primer Inventario Forestal Nacional 2013-2015 (fase piloto)

Variable	Resultado Inventario Nacional Forestal y de Carbono (INFC1) (error 95%)	Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012	Descripción
Superficie de bosque (ha)	4 295 321 (23,0%)	4 305 154	Incluye bosque primario, secundario, mangle, de palmas y plantaciones
Superficie de no bosque (ha)	3 068 087 (29,8%)	3 058 254	Incluye pastos con árboles
Total superficie terrestre (ha)	7 363 408	7 363 408	
Volumen (m³/ha)	153,9 (26%)		Incluye el promedio de volumen de todas las categorías medidas en el IFNC
Biomasa por encima del suelo (t/ha)	89,6 (26%)		Incluye el promedio de biomasa de todas las categorías medidas en el IFNC

Fuente: Melgarejo, Calderón y Ruiz (2015); Castillo, Samaniego y Kindgard (2015).

FIGURA 21.8

Promedios de carbono para el nivel 3 de clase de uso de la tierra, por región climática



Fuente: Calderón y Calderón (2020).

21.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad de los inventarios forestales es una actividad a la que se le brinda gran atención en los últimos años, principalmente en inventarios forestales nacionales con diseños complejos y múltiples objetivos. Con dichos inventarios se recolecta una gran cantidad de información, la que se sustenta en protocolos consistentes y lo más precisos posibles.

En el INFC de Panamá, el enfoque del control de calidad se basa en la selección aleatoria de un subconjunto de UM que son medidas por dos equipos de campo diferentes y que lo hacen de manera independiente. Las diferencias obtenidas por las dos cuadrillas de campo son evaluadas contra los estándares de calidad de cada variable, así como contra una tolerancia o umbral establecido (precisión del atributo).

El objetivo general del control de calidad es garantizar que el proceso de levantamiento de

CUADRO 21.6

Promedios de carbono para la parte aérea de árboles vivos (clase de uso de tierra nivel 3)

Uso tierra/cobertura nivel 3	Región climática					
	Tropical húmedo		Tropical montano		Tropical muy húmedo	
	Promedio (t/ha)	Error muestreo (%)	Promedio (t/ha)	Error muestreo (%)	Promedio (t/ha)	Error muestreo (%)
Bosque latifoliado maduro	67,21	5,17	86,27	40,27	71,29	21,51
Bosque latifoliado secundario	22,58	68,89	49,39	36,96	46,14	38,99
Bosque manglar	17,69	92,53	n/p	n/p	44,66	136,88
Plantaciones	n/p	n/p	76,42	n/p ¹	20,77	78,88
Bosque de Rafia	n/p	n/p	n/p	n/p	65,24	n/p ¹
Rastrojos	10,63	175,91	8,10	55,32	18,56	50,49
Pastos	2,97	84,40	8,16	47,95	6,54	57,01
Cultivos agrícolas	0,40	84,15	16,08	115,99	13,35	77,79
Otros usos/coberturas	4,35	209,79	2,97	211,15	24,86	130,57
Total	17,00	91,49	36,61	37,52	31,51	26,52

Nota: n/p: no procede. ¹ No se puede calcular porque la estimación proviene de un solo dato.

Fuente: Calderón y Calderón (2020).

datos en el terreno esté apegado a lo establecido en el manual de campo del INFC y que las diferentes variables que se miden estén de acuerdo con ciertos umbrales de tolerancia. La calidad de los datos recolectados en el inventario fue analizada y presentada mediante un informe, en donde la finalidad fue lograr el 100% de calidad en los datos.

21.8 OTRAS VARIABLES QUE SE RECOLECTAN EN EL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE CARBONO

El INFC es multipropósito con un enfoque en los objetivos de REDD+, en el que se encuentra información socioeconómica de los poblados con influencia sobre las UM; además del nombre del poblado y número de habitantes, se incluyen detalles de los grupos étnicos que lo habitan, servicios con que cuenta y la dinámica poblacional, entre otros. La información sobre los recursos forestales se concentra principalmente en calcular el contenido, como las emisiones y absorciones de carbono por deforestación y degradación de los bosques; con cuya información se establece la línea base requerida para el SNMB. En consecuencia, además de las variables necesarias para el cálculo de biomasa y volumen, en el primer

INFC se recolectaron muestras botánicas de cada especie de árbol presente en la UM para una colección de referencia y se registraron datos de la topografía, erosión, pendiente, pedregosidad, drenaje y color del suelo (Melgarejo *et al.*, 2015).

La información obtenida con el levantamiento de materia orgánica en el suelo es de destacar, debido a la escasa información que se tiene a nivel nacional sobre esta materia. En tal sentido, se midió carbono orgánico en calicatas de 1,50 m hasta 1 m de profundidad en tres horizontes: 0 cm a 30 cm, 30 cm a 60 cm, y más de 60 cm. En cada horizonte se tomaron muestras para determinar fertilidad en el laboratorio, coloración del suelo, densidad aparente y contenido de carbono en la materia orgánica.

Para fines de la CMNUCC, en los informes de país se debe reportar el contenido de carbono en los primeros 30 cm de profundidad. Sin embargo, para mejorar la información de suelos en el país, se levantó información de los tres horizontes y se realizaron análisis adicionales (Melgarejo *et al.*, 2015).



21.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

Entre las perspectivas a futuro para el INFC, se prevé incorporar mejoras en la determinación de los datos de actividad sobre la base de las recomendaciones y mejoras propuestas para el nivel de referencia de emisiones forestales (NRF/NREF) que se presentó a la CMNUCC. Incluye mejoras para el mapatón, nombre con el que se conoce en Panamá el método de levantamiento de datos geospaciales para determinar los cambios de uso de la tierra (datos de actividad), utilizando los componentes de la arquitectura de Collect Earth de la iniciativa Open Foris de la FAO (Bey *et al.*, 2015). Esta actividad comprende las siguientes tareas:

- Abordar el error en la medición o interpretación en la evaluación del uso de la tierra, ajustando los procedimientos de garantía de calidad y control de calidad, mediante talleres para el intercambio de conocimientos.
- Efectuar mejoras técnicas a la aplicación de las imágenes de Collect Earth, con la finalidad de mejorar los datos históricos, mediante la creación de capacidades para incrementar la cantidad de intérpretes por UM.
- Realizar la revisión del diseño de muestreo para la malla de puntos del mapatón, con la intención de evaluar la posibilidad de incluir las 32 CUT y fortalecer la información de las emisiones de CO₂ de las clases de cambio,



Se prevé también llevar a cabo una remediación entre 2021 y 2025 de las UM del Inventario Nacional Forestal y de Carbono (20% de las UM por año), a través de las siguientes actividades:

- haciendo énfasis en las tierras forestales convertidas en tierras no forestales.
 - Se espera generar protocolos más completos sobre la interpretación de imágenes satelitales, actualizando las metodologías utilizadas.
 - Se trabajará en mejorar el abordaje del tema de degradación y manejo forestal, ampliando las consultas, debido a que este componente contó con muchas opiniones encontradas sobre el enfoque adoptado para esta actividad en el NRF actual.
 - Se espera generar un protocolo de monitoreo sobre incendios forestales más eficiente (basado en teledetección).
- El equipo de campo del INFC será capacitado para un mejor desempeño durante la mensura de las UM para la remediación, a la vez que se familiarizará con el nuevo diseño de las UM del inventario, y se incrementará la participación de personal técnico capacitado en esta materia.
 - Se llevarán a cabo capacitaciones sobre generación y análisis de mosaicos de bosque en las UM para contabilizar las ganancias y pérdidas de las muestras; estas serán dirigidas a dos técnicos por región.
 - Se continuará con las capacitaciones en el uso de la herramienta Silva Metricus Android para el levantamiento de la información de las UM de manera digital por medio del paquete de aplicación Android (APK, por sus siglas en inglés), con el fin de ampliar el número de técnicos capacitados en el uso de esta herramienta.
 - Se espera implementar acciones de monitoreo permanentes por medio de sobrevuelos periódicos de las UM con drones.

REFERENCIAS

Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM) y Programa ONU-REDD. 2014. *Sistema de clasificación de la cobertura y uso de la tierra para el Sistema Nacional de Monitoreo de los Bosques*. Panamá. (disponible en: www.unredd.net/index.php?view=download&alias=14897-sistema-de-clasificacion-de-cobertura-y-uso&category_slug=sistema-nacional-monitoreo-bosques&option=com_docman&Itemid=134).

Bey, A., Sánchez-Paus, A., Pekkarinen, A., Patriarca, C., Maniatis, D., Weil, D., Mollicone, D., Marchi, G., Niskala, J., Rezende, M. y Ricci, S. 2015. *Collect Earth 1.1.1 user manual: A guide to monitoring land use change and deforestation with free and open-source software*. Roma, FAO. (disponible en: http://reddplus.mn/eng/wp-content/uploads/2018/08/Collect_Earth_User_Manual_20150618_highres_full.pdf).

Calderón, A. y Calderón, J. 2020. *Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá: Estimación de áreas y factores de emisión*. Panamá, Ministerio de Ambiente.

Castillo, M., Samaniego, R. y Kindgard, A. 2015. *Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012*. Panamá, Ministerio de Ambiente y Programa ONU-REDD. (disponible en: www.unredd.net/index.php?view=download&alias=14898-mapa-de-cobertura-boscosa-y-uso-de-la-tierrainforme-final&category_slug=sistema-satelital-monitoreo&option=com_docman&Itemid=134).

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., et al. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10): 3177–3190. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>).

Cochran, W.G. 1977. *Sampling Techniques, 3rd Ed.* New York (Estados Unidos), John Wiley & Sons.

FAO. 2018. *Fortalecimiento de los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques para REDD+*. Documento de trabajo sobre monitoreo y evaluación de los recursos forestales nacionales n.º 47. Roma. (disponible en: www.fao.org/3/CA0525ES/ca0525es.pdf).

FAO y PNUD. 1972. *Inventariación y demostraciones forestales – Panamá. Reconocimiento general de los bosques y inventario detallado de Azuero. I – Método y realización de los inventarios*. Roma, FAO.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). 2005. *Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura* (J. Penman, M. Gutarsky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, et al., coords). Ginebra (Suiza). (disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf.html).

IPCC. 2006. *Guidelines for national greenhouse gas inventories. Volumen 4: Agriculture, forestry and other land use* (National Greenhouse Gas Inventories Programme, H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, y K. Tanabe, coords). Hayama (Japón), IGES. (disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html).

Jiménez, A. 2016. *Inventario Nacional Forestal y de Carbono – Panamá: Distribución de muestras adicionales para la primera mensura del Inventario Nacional Forestal y de Carbono*. Documento de trabajo. Panamá, Ministerio de Ambiente.

Melgarejo, C., Calderón, C., y Ruiz, M.d.C. 2015. *Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá: Diseño de la Fase Piloto 2013-2015 y Propuesta para la Fase Final*. Panamá, Ministerio de Ambiente y FAO. (disponible en: https://unredd.net/index.php?view=download&alias=14901-inf-c-diseno-de-muestreo&category_slug=inventario-forestal-y-de-carbono&option=com_docman&Itemid=134).

Melgarejo, C., Corro, V., Ruiz, M.d.C., Calderón, A. y Sánchez de Stapf, M. 2015. *Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá: Resultados de la Fase Piloto 2013-2015*. Panamá, Ministerio de Ambiente y ONU-REDD. (disponible en: <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/Inventario%20Nacional%20Forestal%20-%20Resultados%20Fase%20Piloto%202013-2015.pdf>).

Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE). 2021a. Mapa del inventario piloto (no publicado). Panamá.

MiAMBIENTE. 2021b. Cobertura de bosque nacional – Mapa 2012 (no publicado). Panamá.

MiAMBIENTE. 2021c. Red de unidades de muestreo para el estrato bosque – Mapa 2012 (no publicado). Panamá.

MiAMBIENTE. 2021d. Bloques para el estrato de bosque – Mapa 2012 (no publicado). Panamá.

Queiroz, W. 2012. *Amostragem em inventário florestal*. Belém (Brasil), Universidade Federal Rural da Amazônia. (disponible en: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/417/o/amostragem_inventario_florestal_Waldeney_UFRA_2012.pdf).

Resolución N.º AG-0168-2007. Autoridad Nacional de Ambiente, Panamá, Panamá, 2 de abril de 2007. (disponible en: www.asamblea.gob.pa/APPS/LEGISPAN/PDF_NORMAS/2000/2007/2007_553_0120.pdf).

Rodríguez, E. y Corro, V. 2021. *Inventario Nacional Forestal y de Carbono de Panamá: Diseño de la segunda mensura 2021-2025*. Panamá, Ministerio de Ambiente.

Capítulo



PERÚ

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE DEL PERÚ

Alexs Arana Olivos, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Dirección de Inventario y Valoración, Av. Javier Prado Oeste 2442, Urb. Oarrantia, Magdalena del Mar, Lima, Perú

Ricardo Ernesto De la Cruz Paiva, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Dirección de Inventario y Valoración, Av. Javier Prado Oeste 2442, Urb. Oarrantia, Magdalena del Mar, Lima, Perú

Patricia Durán Montesinos, Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, Dirección de Inventario y Valoración, Av. Javier Prado Oeste 2442, Urb. Oarrantia, Magdalena del Mar, Lima, Perú

22.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES EN PERÚ

La ejecución de un inventario forestal a nivel nacional es de interés del Perú desde el inicio de las ciencias forestales en el país. Con la creación de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) en 1963 con apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que a su vez apoyaba a la Dirección General Forestal y de Caza (DGFC), se consideró el conocimiento del potencial forestal del país como base fundamental para el desarrollo de su política forestal. Es así como se gestó en el Departamento de Manejo Forestal (DMF) de la UNALM, con apoyo del Proyecto FAO/UNDP 116 (PER20) para la Educación y la Investigación Forestal en el Perú, un primer esfuerzo, que comprendía lo siguiente:

- La elaboración de un catálogo de los trabajos de evaluación forestal hasta 1972, publicado entre el DMF y la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN);
- La publicación por parte del DMF del *Mapa forestal del Perú* (Malleux, 1975), a una escala de 1:1 000 000, desarrollado con mosaicos aerofotográficos y fotografías aéreas pancromáticas de distintas escalas, utilizando criterios fisiográfico-florísticos y estableciendo clases de potencialidad del recurso forestal;
- La ejecución del Inventario Forestal Nacional (IFN), cuya fase de campo se ejecutó entre 1981 y 1982.

La realización de este Inventario Forestal Nacional requería la formación de una comisión nacional con participación de los actores de gobierno de distintos sectores a nivel central y regional. En su concepción, el IFN debería promover inventarios forestales de orden nacional y regional; generar información para realizar el plan de desarrollo forestal; normalizar y estandarizar métodos y desarrollar metodologías de inventario; y facilitar información confiable a las instituciones estatales y privadas.

El IFN proponía dividir al país en cuadrados de 120 kilómetros (km) de lado, subdivididos en subbloques cuadrangulares de 30 km de lado, y áreas de muestreo de 5 km de lado, en el interior de las cuales se establecerían las parcelas ("fajas o parcelas sistemáticas, según convenga" de acuerdo a Malleux, 1975, citado por Barrera *et al.*, 2011), con remediciones cada 10 años. El error sería del 20% al 95% de probabilidad estadística.

Los planes para realizar el IFN recién se concretaron en 1979, estableciéndose un área prioritaria de evaluación de bosques naturales en la Selva Central y, para la evaluación de plantaciones forestales, la parte andina de los departamentos de Cusco y Huánuco. Luego de una fase de planeamiento y diseño del inventario en 1980, entre 1981 y 1982 se desarrolló una fase de campo a cargo del DMF que desgraciadamente quedó incompleta, debido a la falta de recursos económicos.

Se evaluaron 1 714 914 hectáreas (ha) de tierras en la Selva Central, utilizando fotografías aéreas para la elaboración de los mapas, con áreas que serían mayormente de protección (debido a su fisiografía abrupta), y se pudo determinar que la deforestación era significativa (más del 18% del área evaluada). Se levantaron 199 parcelas de muestreo, encontrándose que el bosque poseía un buen potencial, pero carecía de especies llamadas “valiosas” (desde el punto de vista de su potencial de comercialización para la industria maderera).

Referente a la evaluación de plantaciones forestales, se encontró en el departamento del Cusco que las plantaciones mayores a 1 ha ubicadas sobre 2 800 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) abarcaban en total 11 670 ha (bastante menos que las estadísticas oficiales). De esta superficie, el 57% correspondía a plantaciones menores de 10 ha, y solo el 19% a áreas mayores de 30 ha.

En el año 1995, la Dirección General Forestal (antes denominada Dirección General Forestal y de Caza) del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) publicó el *Mapa forestal del Perú*, el cual actualizó la información sobre la cubierta forestal, aunque con criterios de clasificación diferentes a los del mapa de 1975. El nuevo mapa fue elaborado aplicando principalmente un enfoque eco-florístico, a partir de imágenes Landsat de 1990 con una escala de 1:250 000 (según INRENA, 1995, citado por Barrena *et al.*, 2011).

El mismo INRENA produjo otro mapa forestal el año 2000, elaborado a partir de la interpretación visual de imágenes Landsat, con criterios de clasificación diferentes a los mapas de 1975 y 1995. Si bien este mapa no fue publicado, fue muy utilizado en formato digital.

El año 2011, en un contexto global de preocupación por el cambio climático y el desarrollo sostenible, así como por el tratado de libre comercio entre el Perú y los Estados Unidos de América, se consideró

imprescindible el desarrollo de capacidades para adquirir, procesar, administrar y analizar información del recurso forestal. El Gobierno del Perú estableció un acuerdo con la FAO para la ejecución del proyecto “Inventario nacional forestal y manejo forestal sostenible del Perú ante el cambio climático” (GCP/GLO/194/MUL). El proyecto se ejecutó de manera conjunta entre el Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Ambiente, con participación consultiva de un Grupo Técnico de Apoyo (GTA) conformado por funcionarios de ambos ministerios, así como por expertos del Servicio Forestal de los Estados Unidos de América y miembros de la academia peruana.

En el marco de dicho proyecto, en el año 2012 se generó el marco metodológico, se estableció el diseño de muestreo y en el año 2013 se iniciaron operaciones de campo. La recolección de datos y reporte de información son procesos que sigue ejecutando el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre, a través de la Dirección de Inventario y Valoración.

Así entonces, el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) del Perú es el medio para recolectar datos y generar información, de manera continua, actualizada y confiable, para monitorear el estado y diversidad de los bosques del Perú, incluyendo los bosques naturales, plantaciones forestales y bosques secundarios, recolectando y procesando datos sobre la biomasa, biodiversidad, reservas de carbono, deforestación, emisión de gases de efecto invernadero, estado de la fauna silvestre e información socioeconómica de las poblaciones rurales asentadas en su entorno. El INFFS se ha concebido como un proceso continuo, en el que se realizarán mediciones permanentemente a lo largo de los años para analizar los cambios que ocurran en los ecosistemas forestales del país.

El Cuadro 22.1 presenta la descripción histórica de los inventarios forestales nacionales en el Perú.

CUADRO 22.1

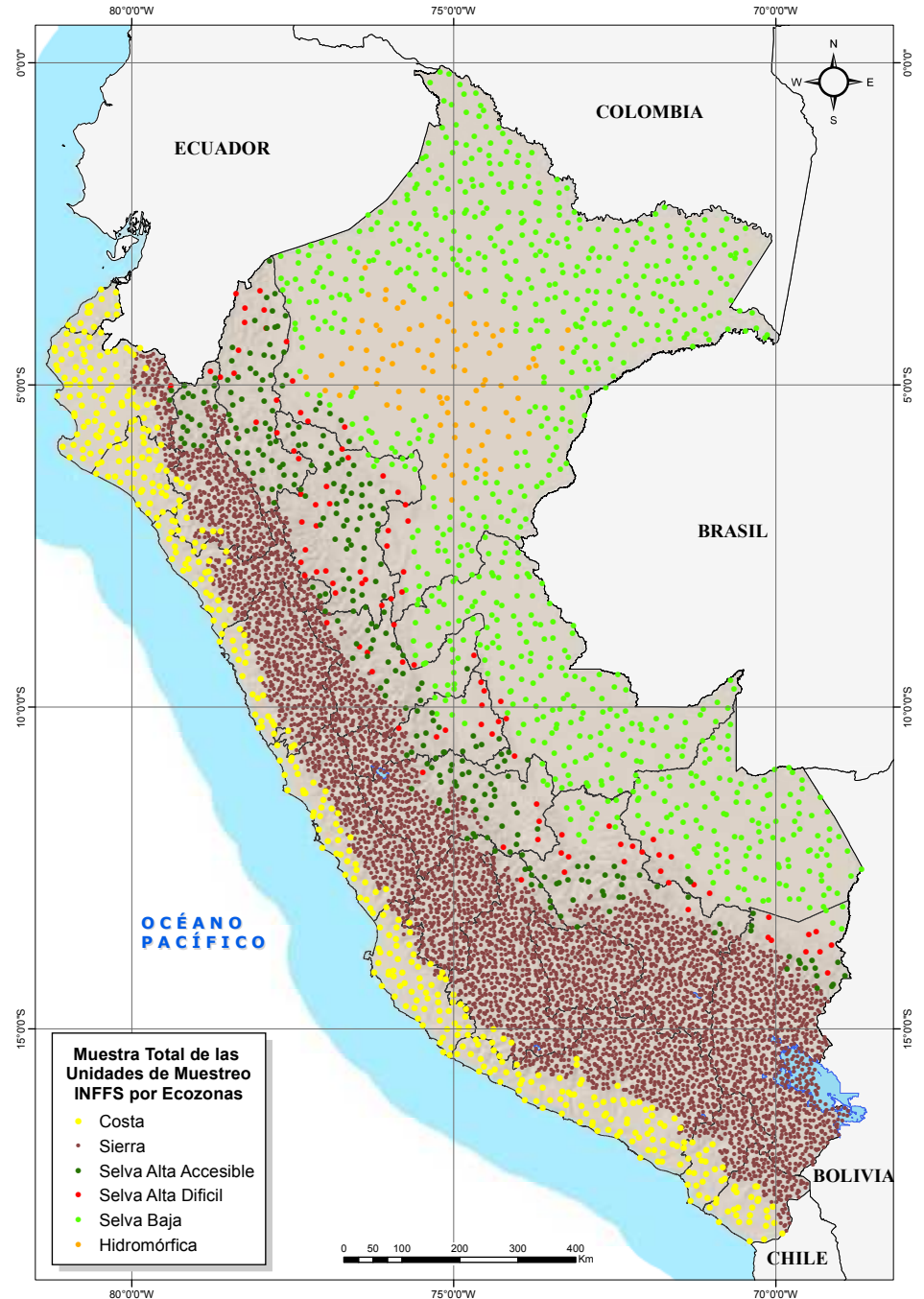
Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales del Perú

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN	1975-1980	Nacional	Diseño de muestreo por conglomerados multietápico. Malla nacional con bloques de 120 km x 120 km, subbloques de 30 km x 30 km y de 5 km x 5 km (Malleux, 1975).	Desconocido
INFFS	2013-2018	Nacional	Seis subpoblaciones (ecozonas) con una intensidad de muestreo diferente, determinada por mallas de distinto tamaño. Cada celda de la malla contiene una unidad de muestreo ubicada al azar (sistemático no alineado). El diseño de muestreo es bietápico por conglomerados de tamaño desigual (Cochran, 1977).	7 293 (de las cuales 1 797 corresponden a bosques)

En la Figura 22.1 se presenta la distribución de todas las unidades de muestreo para las seis ecozonas sobre todo el territorio nacional en áreas de bosque y no bosque. La distinta densidad de unidades de muestreo para cada ecozona es producto de los diferentes tamaños de malla.

FIGURA 22.1

Distribución de las unidades de muestreo del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú en función de las subpoblaciones o ecozonas



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: SERFOR (2019b).

CUADRO 22.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Ecosistema predominantemente arbóreo que se extiende por más de 0,5 hectáreas, con un ancho mínimo de 20 metros (m) y una cobertura de copa mínima del 10%, con árboles de al menos 2 m de altura en las regiones de costa y sierra, y 5 m en la selva amazónica, o árboles capaces de alcanzar esas alturas en las regiones mencionadas (MINAGRI y MINAM, 2016).	Superficie mínima: 0,5 ha Ancho mínimo: 20 m Cobertura de dosel de árboles: mayor o igual al 10% Altura potencial de árboles: a partir de 2 m en costa y sierra; a partir de 5 m en Amazonía
Otras tierras boscosas	No se ha definido expresamente para el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre; sin embargo, esta clase incluye las áreas que no se clasifican como bosque, pues su cubierta de copas de árboles no alcanza el 10%, aun cuando la altura de los árboles sea o no superior a 5 m en la Amazonía y 2 m en la costa y sierra. Además, incluye a las áreas de arbustos y matorrales que no presentan árboles. Usualmente, esta clase incluye los matorrales que se distribuyen en gran parte del país, en especial los matorrales de zonas áridas ubicadas en la ecozona de Sierra, región occidental andina, con especies que la caracterizan como el huanarpo, huancayo, mito, maguey, lloque, huaranhuay, y matorrales esclerófilos de los géneros <i>Weinmannia</i> , <i>Clusia</i> , <i>Persea</i> , etc. (SERFOR, 2019b).	Superficie mínima: no establecida Cobertura de copa de árboles: menor del 10% y altura potencial de árboles mayor de 5 m en la Amazonía o 2 m en costa y sierra, o mayor del 10% y altura potencial de árboles menor de 5 m en la Amazonía y 2 m en costa y sierra Áreas de arbustos y matorrales sin presencia de árboles
Otras tierras	Comprende todas las tierras que no son consideradas como "bosque" ni "otras tierras boscosas", entre las cuales se incluyen aquellas cuya cobertura o uso actual puede ser: herbazal hidrofítico, sabana hidrofítica, humedal costero, herbazal andino, bofedal, rodales de puya, pajonal andino, páramo, desierto, roquedales, glaciares y cuerpos de agua en general, agricultura, ganadería, agroforestería, barbechos, infraestructura y poblados (SERFOR, 2019b).	
Volumen	Volumen maderable: corresponde al volumen en metros cúbicos de madera en pie, calculado a partir del diámetro a la altura del pecho (DAP) (incluyendo corteza) y la altura del fuste, al cual se aplica el factor de forma 0,65 para la Amazonía (ecozonas Selva Baja, Selva Alta Accesible, Selva Alta de Dificil Acceso e Hidromórfica). Para las ecozonas Costa y Sierra, el factor de forma es de 0,70 (SERFOR, 2019a).	Diámetro base de medición: a partir de 5 cm para las ecozonas Costa y Sierra; a partir de 10 cm para las demás ecozonas La altura de fuste corresponde a la altura del tronco desde su base hasta el punto de ramificación. Se incluyen ramas en el caso de arbustos y árboles que ramifiquen a menos de 1,30 m de altura. En el caso de ramas y arbustos, se estima la longitud de la parte leñosa del elemento Corteza incluida
Biomasa viva	Biomasa por encima del suelo: biomasa seca en kilogramos de árboles, palmeras y lianas vivos a partir de 5 cm de DAP. Biomasa por debajo del suelo: estimada mediante la ecuación de Mokany <i>et al.</i> (2016), a partir de los valores de biomasa por encima del suelo.	Biomasa por encima del suelo: diámetro mínimo (DAP, a 1,30 m del suelo): 5 cm para ecozonas Costa y Sierra; 10 cm para el resto del país Biomasa por debajo del suelo: no medida

22.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE

A continuación, se presenta la definición de las variables volumen, biomasa viva y superficies de interés para el INFFS del Perú. El resumen de las mismas se presenta en el Cuadro 22.2.

- **Volumen:** Referido como volumen maderable, es la madera rolliza en pie calculada para los árboles vivos, en función al diámetro medido a la altura del pecho y la altura del fuste, más un factor de forma según subpoblación.
- **Biomasa viva:** La biomasa viva comprende a la biomasa seca por encima del suelo de árboles, palmeras y lianas vivas, considerando los siguientes umbrales de medición: diámetro mínimo (diámetro a la altura del pecho [DAP]) de 5 centímetros (cm) para ecozonas Costa y Sierra, y 10 cm para el resto del país. Asimismo, incluye a la biomasa radicular, que se calcula utilizando la ecuación desarrollada por Mokany *et al.* (2016), a partir de los valores de biomasa por encima del suelo.
- **Superficies de interés en el INFFS:** De acuerdo al marco metodológico, “la población de interés del INFFS es toda la superficie continental del territorio peruano, en donde se estiman los atributos y cambios que ocurren con relación a los bosques” (MINAGRI y MINAM, 2016). Los distintos tipos de bosques, las distintas formaciones vegetales y otros usos de la tierra se ordenan en clases de uso actual de la tierra (CUA), las cuales se definieron en base al *Mapa nacional de cobertura vegetal* elaborado por el Ministerio del Ambiente de Perú (2015).

22.3 DISEÑO DE MUESTREO

La definición de la población de interés, la configuración de las unidades de muestreo, así como el diseño de muestreo del INFFS, se establecieron bajo las siguientes consideraciones.

El INFFS debe responder a las necesidades de información resumidas en las siguientes temáticas:

- *Valoración y evaluación de los recursos forestales.*
- *Extensión, deforestación y degradación de los bosques.*
- *Absorciones y emisiones de carbono forestal.*
- *Diversidad biológica de los ecosistemas forestales.*
- *Aspectos socioeconómicos y de gobernanza forestal (MINAGRI y MINAM, 2016, p. 10).*

Además de lo anterior, el INFFS:

- *Debe considerar las limitantes de accesibilidad del país.*
- *Debe responder a un monitoreo permanente de los bosques.*
- *Debe facilitar la movilización de los recursos económicos, humanos y logísticos (MINAGRI y MINAM, 2016, p. 15).*

Dada la complejidad ecosistémica y las diversas condiciones de accesibilidad, se determinaron seis subpoblaciones de interés (ecozonas) para el INFFS, con el objetivo de optimizar el diseño de muestreo en cada una de ellas. Un tamaño de malla diferente ha sido generado para cada ecozona, y cada celda de la malla contiene una unidad de muestreo ubicada aleatoriamente, de manera no alineada (MINAGRI *et al.*, 2016).

Las seis ecozonas, que se muestran en la Figura 22.2, se definieron en base a cinco criterios: fisiográfico, fisonómico, florístico, capacidad de almacenamiento de carbono y accesibilidad. Sus características principales son las siguientes:

- *Costa, zona predominantemente desértica entre los 0 hasta los 2 000 msnm, con presencia de bosques secos, distribuidos principalmente al norte del país.*
- *Sierra, zona de los Andes. Desde los 2 000 msnm (en la zona de Costa), llegando hasta los 6 000 msnm y bajando en la zona oriental hasta los 3 800 msnm. Predominan coberturas de pajonal altoandino y páramos. Los bosques son de porte bajo de tipo relictos altos y mesoandinos homogéneos con fuertes intervenciones, complementada con los bosques secos de valles interandinos.*
- *Selva alta accesible, predomina el bosque de selva entre los 500 y 3 800 msnm, con no más de 20 km de infraestructura humana o áreas deforestadas.*
- *Selva alta difícil, predomina el bosque de selva entre los 500 y 3 800 msnm, con más de 20 km de infraestructura humana o áreas deforestadas.*
- *Selva baja, predominan los bosques de selva de la Amazonía peruana entre los 100 y 500 msnm.*
- *Hidromórfica, determinada por el abanico del río Pastaza, predominan zonas de bosques inundables, más homogéneos y por sus condiciones inundables se espera un mayor almacenamiento de carbono en suelos (MINAGRI y MINAM, 2016, pp. 15-16).*

En cada subpoblación, el tamaño de la muestra es diferente, debido a: i) las metas de precisión; ii) la variabilidad de los principales atributos; iii) la configuración de la parcela; iv) el área de bosque asignada para responder a las metas de precisión; v) la accesibilidad; y vi) los costos de levantamiento de campo.

Definido el tamaño de la muestra (7 293 unidades de muestreo [UM] distribuidas de manera sistemática no alineada), el siguiente paso fue el análisis de cobertura de las UM. A continuación, se realizó la visualización preliminar de la cobertura de cada UM utilizando imágenes de Google Earth. De esta forma, se seleccionaron para ser evaluadas en campo (donde corresponde realizar las observaciones

FIGURA 22.2

Subpoblaciones o ecozonas del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú

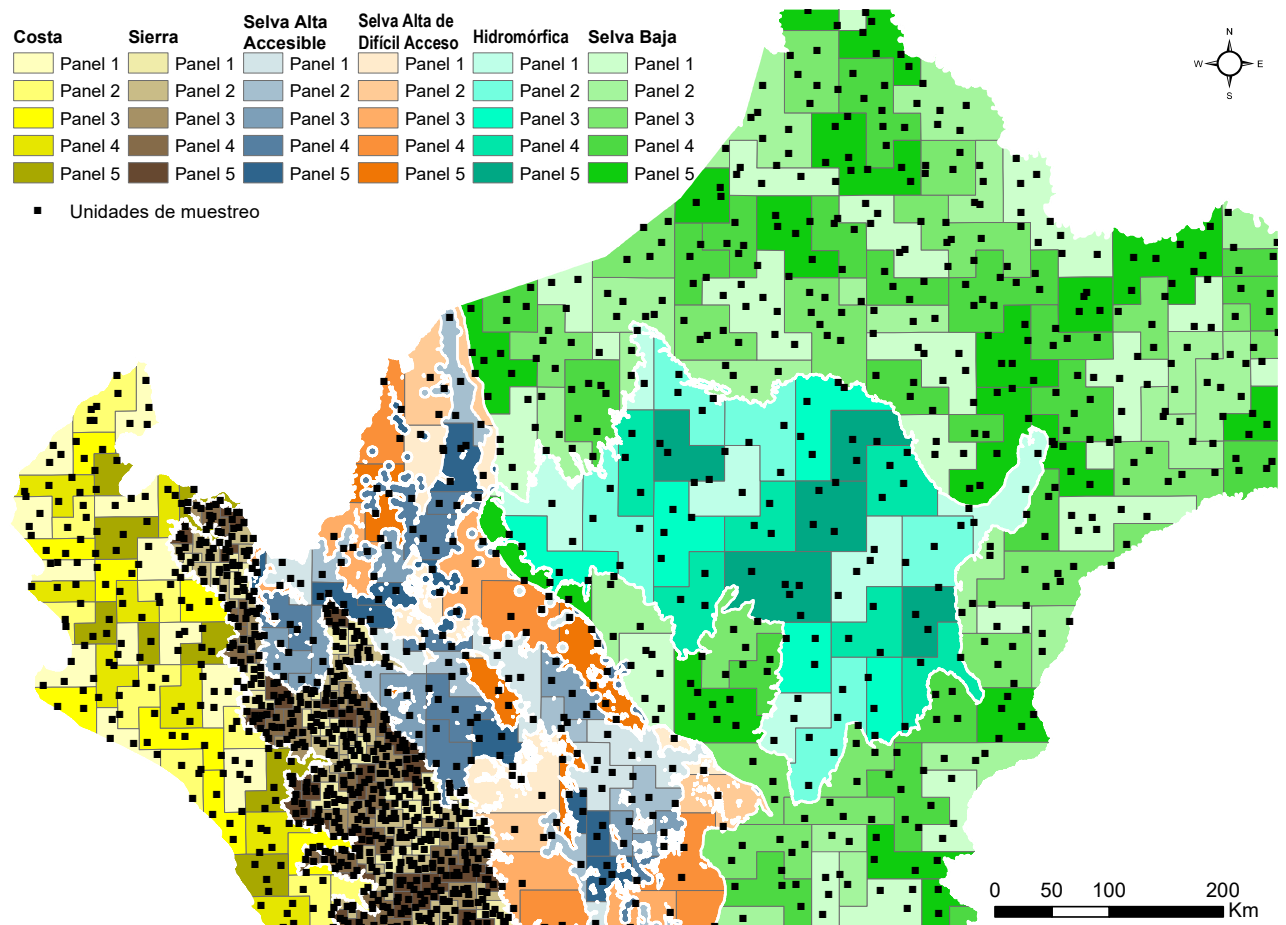


Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MINAGRI y MINAM (2016).

FIGURA 22.3

Agrupación y panelización de unidades de muestreo y conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MINAGRI y MINAM (2016).

biofísicas) las UM que presentaron bosque en por lo menos una unidad de registro (UR), descartándose para su visita en campo las que no cumplieron esta condición. También se seleccionaron para visita de campo las UM con cobertura no visible por nubes o sombras en la imagen. De esta forma, la muestra por evaluar fue constituida por 1 797 UM, misma que se agrupó en conglomerados. Posteriormente, se reagruparon estos conglomerados en cinco paneles (donde cada panel corresponde aproximadamente al 20% del total de la muestra de campo), con una distribución espacial balanceada, de tal forma que las UM de cada conglomerado puedan ser remedidas cada cinco años. Este diseño se comporta como un muestreo bietápico por conglomerados, donde los conglomerados son las unidades primarias y las UM son las unidades secundarias.

En la Figura 22.3 se presenta la configuración de los conglomerados que corresponden a cada uno de los pequeños polígonos en los que se ha dividido el territorio dentro de las ecozonas y que contienen cada uno más de una UM (puntos negros) con bosque o sin bosque. Asimismo, se puede ver que los conglomerados están agrupados en paneles, por lo cual se deduce que todas las UM de un conglomerado específico corresponden solo a un panel.

El Cuadro 22.3 presenta la clasificación de las unidades de muestreo del INFFS del Perú, donde se consideran tres categorías:

- Unidades de muestreo clasificadas como “bosque”: se refieren a aquellas UM que cuentan con al menos una de sus subunidades con bosque, pudiendo ser el resto “no bosque”; estas UM requerirán evaluación en campo.
- Unidades de muestreo clasificadas como “duda”: se refieren a aquellas en las cuales no se tiene certeza si presentan o no bosque en alguna de sus subunidades debido a que las imágenes de satélite utilizadas en la fase de planificación no son claras. Se requerirá visita de campo o el uso de otros medios remotos para confirmar la cobertura (por ejemplo, drones).
- Unidades de muestreo clasificadas como “no bosque”: no cuentan con bosque en ninguna de sus subunidades; por lo tanto, se descarta su evaluación en campo. Es importante señalar que el número de UM de bosque (actualmente, 1 797) es variable debido a los cambios ocurridos en la cobertura, que se verifican periódicamente mediante imágenes de satélite para efectos de la planificación de la recolección de datos.

22.4 DISEÑO DE MUESTREO

De acuerdo con el manual de campo (SERFOR, 2019b), las UM del INFFS tienen dos configuraciones distintas, que se caracterizan por el diseño en forma de “L” compuesto por un conglomerado de parcelas, con diseño anidado y diferentes mediciones según la variable evaluada.

22.4.1. UNIDAD DE MUESTREO PARA LAS ECOZONAS COSTA, SIERRA, SELVA ALTA ACCESIBLE, SELVA ALTA DE DIFÍCIL ACCESO E HIDROMÓRFICA

Conforme se muestra en la Figura 22.4, la UM consiste en un conglomerado en forma de “L”, con un eje de longitud de 276,2 metros (m) en dirección norte y otro similar en dirección este. La superficie total de la UM es de 5 000 metros cuadrados (m²) (equivalentes a 0,5 ha), dividida en 10 parcelas circulares de 12,62 metros de radio, equivalentes a 500 m² (0,05 ha). En cada eje se ubican cinco parcelas, distantes a 30 m entre sí.

Para las ecozonas Costa y Sierra, en toda la UM se miden los individuos vivos con DAP mayor de o igual a 10 cm. En las parcelas 1, 3, 5, 7 y 9 se miden los fustales (individuos con tallas entre 5 cm y 9,99 cm de DAP). En las parcelas 3, 5 y 7 se ubican las subparcelas de dimensiones más pequeñas, donde se mide la regeneración natural en términos de latizales y brinzales.

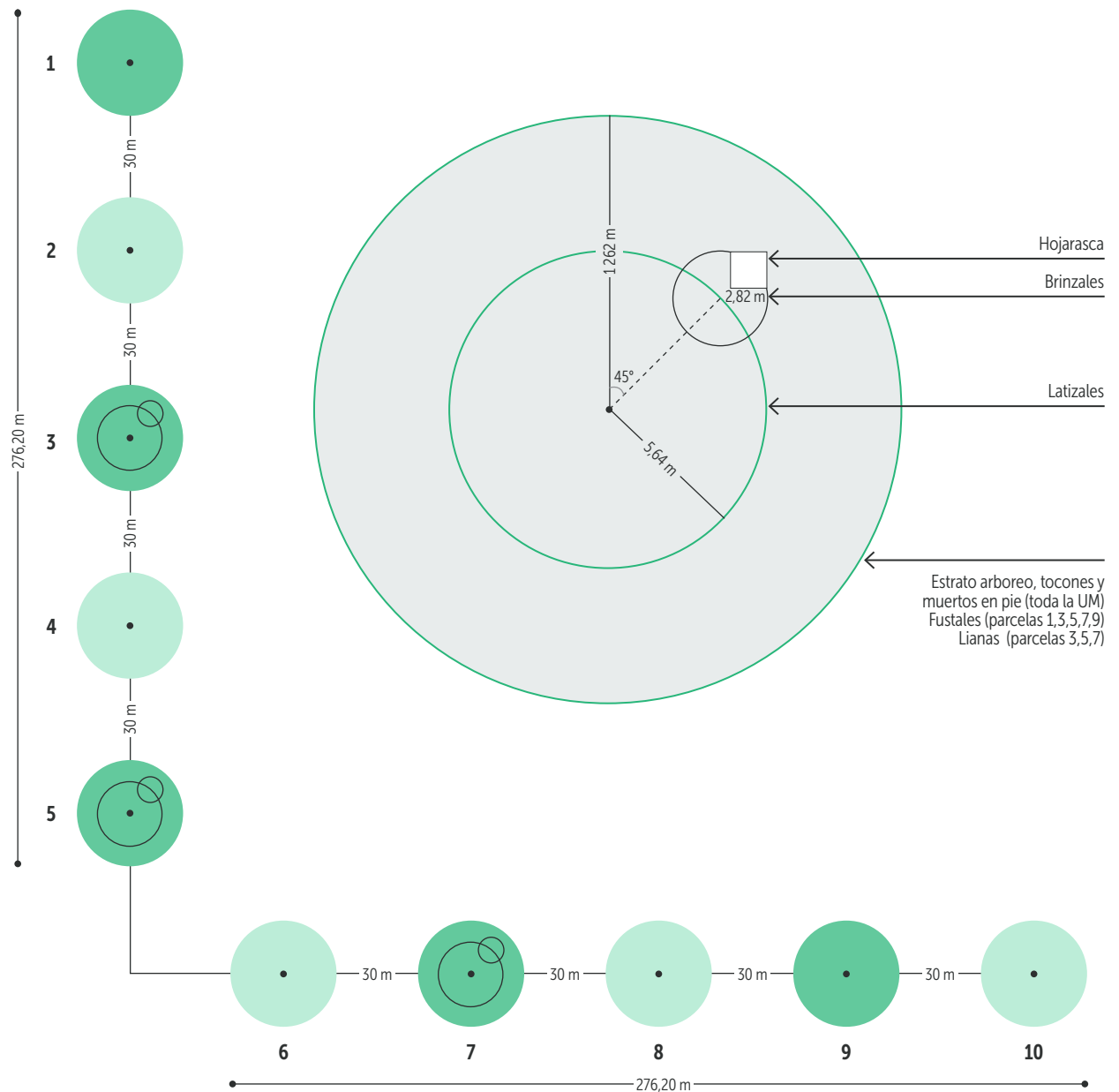
CUADRO 22.3

Características del diseño de muestreo

Ecozonas	Superficie total (1 000 hectáreas)	Categorías de unidad de muestreo por tipo de cobertura			Total de unidades de muestreo
		Bosque	Duda	No bosque	
Costa	15 130	102	7	351	460
Sierra	35 518	465	29	5 051	5 545
Selva Alta Accesible	11 161	242	5	41	288
Selva Alta de Dificil Acceso	11 413	101	0	0	101
Selva Baja	47 473	799	3	6	808
Hidromórfica	8 731	88	0	3	91
Total	129 427	1 797	44	5 452	7 293

FIGURA 22.4

Configuración de la unidad de muestreo para las ecozonas Costa, Sierra, Selva Alta Accesible, Selva Alta de Dificil Acceso e Hidromórfica



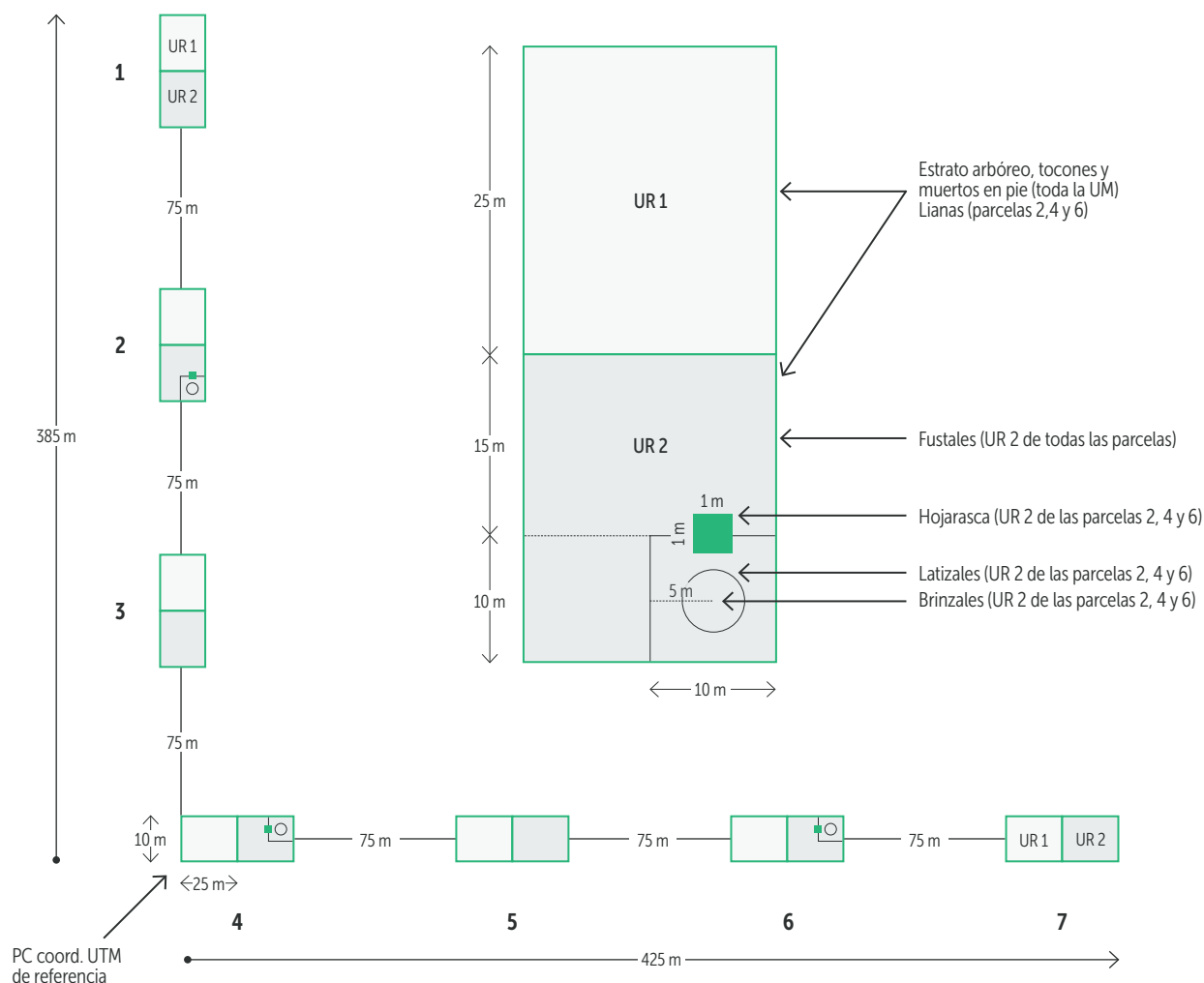
Nota: UM: unidad de muestreo.
Fuente: SERFOR (2019b).

Los latizales (individuos en crecimiento con diámetro menor de 5 cm, medido a una altura con respecto al suelo de 30 cm, y con una altura total entre 1 m y 3 m) se miden en subparcelas de 5,64 m de radio, equivalente a 100 m² (0,01 ha). Los brinzales (individuos con alturas entre 0,3 m y 1 m) se miden en subparcelas de 2,8 m de radio, equivalente a 25 m² (0,0025 ha).

Para las ecozonas Selva Alta Accesible, Selva Alta de Dificil Acceso e Hidromórfica, en toda la UM se miden los individuos vivos con DAP mayor de o igual a 30 cm. En las parcelas 1, 3, 5, 7 y 9 se miden los fustales (individuos de 10 cm a 29,9 cm DAP). La regeneración natural se mide igualmente en subparcelas anidadas dentro de las parcelas 3, 5 y 7, en términos de latizales (individuos con DAP menor de 10 cm y altura mayor de 3 m) y brinzales (individuos con alturas entre 1 m y 2,99 m).

FIGURA 22.5

Configuración de unidad de muestreo para ecozona Selva Baja



Notas: PC: punto central; UM: unidad de muestreo; UR: unidad de registro; UTM: universal transversal de Mercator.

Fuente: SERFOR (2019b).

22.4.2. UNIDAD DE MUESTREO PARA LA ECOZONA SELVA BAJA

Conforme se muestra en la Figura 22.5, esta unidad de muestreo constituye un conglomerado de subparcelas dispuestas en forma de "L", con un eje en dirección norte (longitud: 385 m) y otro eje en dirección este (longitud: 425 m). La superficie total de la UM es de 7 000 m² (0,7 ha), dividida en 7 parcelas rectangulares de 50 m de largo por 20 m de ancho, equivalentes a 0,1 ha cada una. La distancia entre las subparcelas es de 75 m.

En las siete parcelas, se miden los árboles mayores de 30 cm de DAP. Cada parcela está constituida por dos UR con dimensiones de 25 m de largo por 20 m de ancho, equivalente a 500 m² (0,05 ha).

En las UR de números pares se miden además los fustales (individuos en formación con tallas entre 10 cm y 29,9 cm de DAP).

La regeneración natural se mide en subparcelas anidadas en las UR 2 de las parcelas 2, 4 y 6 (latizales, que son individuos con DAP menor de 10 cm y altura mayor de 3 m y brinzales, con alturas entre 1 m y 2,99 m).

CUADRO 22.4

Estratos poblacionales por ecozona

Ecozona	Estrato	Definición
Costa y Sierra	Arbóreo	Individuos con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm
	Fustal	Individuos con DAP mayor o igual a 5 cm, pero menor de 10 cm
	Latizal	Individuos con diámetro menor de 5 cm (a 30 cm del suelo) y altura entre 1 m y 2 m
	Brinzal	Plántulas con alturas entre 0,30 m y 1 m
Selva Alta (Accesible y de Difícil Acceso), Selva Baja e Hidromórfica	Arbóreo	Individuos con DAP mayor o igual a 30 cm
	Fustal	Individuos con DAP mayor o igual a 10 cm, pero menor de 30 cm
	Latizal	Individuos con DAP menor de 10 cm y altura mayor de 3 m
	Brinzal	Plántulas con alturas entre 1 m y 3 m

En el Cuadro 22.4 se presentan los estratos poblacionales por ecozona. En todos los casos, el término “individuo” debe entenderse como todo espécimen vegetal evaluable: esto es, que tenga la talla mínima señalada para el estrato y parcela (sean del hábito: árbol, arbusto, cactácea, liana e inclusive helecho). Dichos registros son de interés desde el punto de vista del registro de las existencias de biomasa y carbono.

22.5 CÁLCULO DE VOLUMEN MADERABLE, BIOMASA Y SUPERFICIES DE BOSQUE

El volumen maderable se calcula para los árboles vivos en pie, los cuales son medidos teniendo en cuenta las particularidades de su conformación. El cálculo del volumen maderable difiere de acuerdo a la ecozona, conforme se describe en el Cuadro 22.5.

La biomasa por encima del suelo es toda la vegetación viva que se encuentra arriba del suelo, incluyendo troncos, ramas, semillas, flores y hojas. Para facilitar su medición, se separa en biomasa por encima del suelo arbórea y biomasa por encima del suelo no arbórea (por cuanto se miden árboles, arbustos, palmeras y en general toda vegetación que alcance la talla mínima para la ecozona). Por otra parte, se considera biomasa por debajo del suelo a aquella que conforma las raíces vivas, la cual es estimada a partir de la biomasa por encima del suelo.

Se define como hojarasca a toda la necromasa arriba del suelo (hojas, flores, corteza, ramas, troncos y cáscaras de frutos) que no está incluida en madera

muerta (en pie o yacente), por encima o dentro del suelo mineral u orgánico, que incluye los detritos y el humus. Asimismo, una fracción de la necromasa es la madera muerta yacente que se estima a partir de la medición de los troncos y ramas caídos en el suelo con más de 10 cm de diámetro.

El INFFS permite estimar la superficie de bosque para cada ecozona; asimismo, a partir de la variable CUA será posible monitorear los cambios de uso de la tierra a lo largo del tiempo. En ese sentido, el cálculo de la superficie de bosque se realiza a partir de los datos de la variable CUA, que se obtiene de dos formas: i) a partir de las visitas a las UM por las brigadas de campo; y ii) a partir de teledetección para aquellas UM clasificadas como no bosque (que no son visitadas), y para las UM que teniendo bosque fueron inaccesibles por distintos motivos (riesgos geográficos, prohibición del acceso por parte de actores sociales, peligro por actividades ilícitas, tierras de poblaciones indígenas en aislamiento voluntario, entre otros). En ese sentido, se puede obtener la estimación de la superficie de bosque de cada ecozona a partir del muestreo de las UM del INFFS; además, se puede estimar el error de muestreo (Cuadro 22.5).

CUADRO 22.5

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen, biomasa y superficies de bosque

Variabes	Ecuación	Referencia
Volumen maderable (m³)	$V = \pi/4 \times DAP^2 \times Hc \times ff$	
Donde: V: volumen maderable (m ³) DAP: diámetro a la altura del pecho (m) Hc: longitud del fuste (m) ff: para las ecozonas Costa y Sierra se consideró el factor de forma 0,70; para las demás ecozonas se aplicó el valor 0,65 π : pi (3,1416)		SERFOR (2019a)
Biomasa por encima del suelo (kg)	Costa: $0,112 \times (\rho \times DAP^2 \times Ht)^{0,916}$	
Sierra: $0,112 \times (\rho \times DAP^2 \times Ht)^{0,916}$		
Selva Alta: $\rho \times \text{Exp}(-1,239 + 1,980 \times \text{Ln}(DAP) + 0,207 \times \text{Ln}(DAP)^2 - 0,0281 \times \text{Ln}(DAP)^3)$		
Selva Baja: $\rho \times \text{Exp}(-1,499 + 2,148 \times \text{Ln}(DAP) + 0,207 \times \text{Ln}(DAP)^2 - 0,0281 \times \text{Ln}(DAP)^3)$		Chave et al. (2005)
Hidromórfica: $\rho \times \text{Exp}(-1,239 + 1,980 \times \text{Ln}(DAP) + 0,207 \times \text{Ln}(DAP)^2 - 0,0281 \times \text{Ln}(DAP)^3)$		
Donde: Ht: Altura total (m) DAP: diámetro a la altura del pecho (m) ρ : densidad de la madera (g/cm ³)		
Biomasa radicular (kg)	$BDS = 0,489 \times BES^{0,89}$	
Donde: BDS: biomasa por debajo del suelo BES: biomasa por encima del suelo		Mokany et al. (2016)
Necromasa de hojarasca (kg)	$Bh = Pft \times \left(\frac{Psm}{Pfm} \right)$	
Donde: Bh: necromasa de la hojarasca (kg) Psm: peso seco de la muestra recolectada (kg) Pfm: peso fresco de la muestra recolectada (kg) Pft: peso fresco total por parcela (kg)		SERFOR (2019a)
Necromasa de madera muerta yacente (kg)	$Vol = (\pi^2 \sum (d_n)^2) / (8 \times L)$	
Donde: Vol: volumen d_n : diámetro del árbol yacente (cm) L: longitud del transecto (m) π : pi (3,1416) Necromasa = volumen × grado de descomposición		De Vries (1986)

CONTINUA CUADRO 22.5

Variables	Ecuación	Referencia
	$S_b = N/n \times \sum S_{clm} \times \bar{x}_{pbpcm}$	
	Donde:	
Superficie de bosque (ha)	S_b : superficie de bosque para la ecozona	Cochran (1977)
	N : cantidad de conglomerados totales en la ecozona	
	n : cantidad de conglomerados muestreados	
	S_{clm} : superficie de cada conglomerado muestreado	
	\bar{x}_{pbpcm} : promedio de la proporción de bosque de las unidades de muestreo para cada conglomerado muestreado	

22.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE

Los resultados de volumen maderable, biomasa, presentados en los Cuadros 22.6, 22.7 y 22.8, corresponden al Panel 1 del INFFS.

El volumen por hectárea para las seis ecozonas del Panel 1 del INFFS ha sido estimado considerando las mediciones de árboles y arbustos vivos efectuados en los estratos fustal y arbóreo, tal como se presenta en el Cuadro 22.6. El cálculo incluyó fustes de árboles y arbustos con ramas, únicamente (no se incluyó el volumen de palmeras).

Evidentemente, los mayores volúmenes maderables han sido obtenidos en la Amazonía. El valor superior es el de la ecozona Selva Baja (7 106,44 millones de m³). La gradiente disminuye, conforme se eleva la altitud hacia las ecozonas de la Selva Alta Accesible y Selva Alta de Difícil Acceso (con valores de 674,94 millones de m³ y 260,07 millones de m³, respectivamente).

El volumen maderable para las ecozonas Costa y Sierra considera los fustes principales de árboles y arbustos, además de las ramas que hayan contado con el diámetro mínimo señalado para la ecozona (a partir de 5 cm para ambas). Estas condiciones inciden en el incremento del volumen, sobre todo en la ecozona Costa, con un valor de 65,96 millones de m³ y 13,71 millones de m³ para la ecozona Sierra.

Referente a los contenidos de biomasa viva y necromasa, la ecozona Selva Baja almacena en promedio la mayor cantidad, con 13 016,41 millones de toneladas, mientras que las ecozonas Hidromórfica, Selva Alta de Difícil Acceso y Selva Alta Accesible presentan valores de 1 614,24, 339,18 y 1 022,58 millones de toneladas, respectivamente.

Al nivel de las ecozonas de Sierra y Costa, los contenidos de biomasa y necromasa almacenada disminuyen considerablemente en comparación a la Amazonía, alcanzando los valores de 48,62 millones de toneladas y 69,95 millones de toneladas, respectivamente (véase el Cuadro 22.7).

En cuanto a la superficie de bosque, en el Cuadro 22.8 se presenta el área estimada para cada ecozona (en miles de hectáreas). Se observa que las ecozonas Selva Baja e Hidromórfica son las que tienen menor error de muestreo debido a que su área es casi en su totalidad bosque (si se compara con su superficie total); además, el nivel de avance en la evaluación de campo es mayor. Por otro lado, las ecozonas Costa y Sierra tienen un mayor error de muestreo, lo cual se debe a que la superficie de bosque representa menor proporción; además de que el nivel de avance en la evaluación de campo es menor que en Selva Baja e Hidromórfica. La Selva Alta de Difícil Acceso tiene el mayor error de muestreo debido a que su evaluación de campo no tiene gran avance, precisamente por su difícil accesibilidad.



CUADRO 22.6

Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1: volumen maderable

Ecozona	Volumen maderable del estrato fustal		Volumen maderable del estrato arbóreo		Volumen maderable total	
	Volumen (millones de m ³) (a)	Error de muestreo (%)	Volumen (millones de m ³) (b)	Error de muestreo (%)	Volumen (millones de m ³) (a + b)	Error de muestreo (%)
Costa	2,90	29,16	63,06	38,82	65,96	35,42
Sierra	2,03	23,05	11,69	23,89	13,71	23,23
Selva Alta Accesible	218,22	23,45	456,72	25,54	674,94	22,51
Selva Alta de Difícil Acceso	68,46	68,28	191,62	79,99	260,07	76,42
Selva Baja	1 992,42	12,59	5 114,02	11,81	7 106,44	11,79
Hidromórfica	326,61	22,61	471,57	21,63	798,18	14,89

Notas: error de muestreo a 95% de nivel de confianza.

CUADRO 22.7

Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1: biomasa y necromasa, por reservorio

Reservorio / Ecozona	Biomasa (millones de toneladas)		Necromasa (millones de toneladas)		Total (error de muestreo, en %)
	Biomasa por encima del suelo (error de muestreo, en %)	Biomasa radicular	Madera muerta yacente (error de muestreo, en %)	Hojarasca (error de muestreo, en %)	
Costa	59,83 (39,85)	10,12	n/p	n/p	69,95 (39,85)
Sierra	41,23 (20,11)	6,32	n/p	1,08 (22,4)	48,62 (30,12)
Selva Alta Accesible	838,77 (22,29)	111,46	55,79 (93,7)	6,56 (18,9)	1 022,58 (98,15)
Selva Alta de Difícil Acceso	282,40 (85,22)	36,97	16,34 (183,8)	3,48 (49,6)	339,18 (208,59)
Selva Baja	11 010,76 (12,13)	1 353,38	581,08 (51,7)	71,19 (8,0)	13 016,41 (53,73)
Hidromórfica	1 389,50 (12,33)	179,43	21,96 (41,6)	23,36 (51,1)	1 614,24 (67,06)

Notas: error de muestreo a 95% de nivel de confianza; n/p: no procede.

CUADRO 22.8

Resultados del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1: superficie de bosques

Ecozona	Resultado (1 000 ha)	Error de muestreo (%)	Intervalo de confianza ¹ (1 000 ha)
Costa	3 721	25,39	2 776 - 4 665
Sierra	1 034	19,35	834 - 1 234
Selva Alta Accesible	5 769	19,28	4 657 - 6 881
Selva Alta de Difícil Acceso	1 697	75,24	420 - 2 973
Selva Baja	37 273	11,32	33 054 - 41 492
Hidromórfica	7 368	10,93	6 563 - 8 174
Total	56 862		

Notas: ¹ 95% de nivel de confianza.

22.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

La entidad encargada de la ejecución del Inventario Forestal Nacional y de Fauna Silvestre es el Ministerio de Agricultura y Riego a través de la Dirección de Inventario y Valoración del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR), en coordinación con los gobiernos regionales y otros actores vinculados al ámbito geográfico de ubicación de las UM.

El trabajo de campo se desarrolla a través de contrataciones supervisadas por funcionarios del SERFOR, que realizan la planificación de actividades, programación presupuestal, socialización de la recolección de datos, entrenamiento de brigadas de campo y el control de calidad, para posteriormente realizar los análisis de datos para emitir informes y reportes.

Las brigadas de los contratistas registran los datos de campo en formularios impresos, que posteriormente son digitados por los propios brigadistas con el software Open Foris Collect.

Las acciones de control de calidad de la recolección de datos en campo son realizadas por funcionarios del SERFOR; se aplican al 10% del total de UM evaluadas, en las tres modalidades descritas a continuación.

Chequeo interno de la brigada en campo

Este control es realizado por el personal de la brigada de medición de campo, quien debe completar diariamente los formatos de revisión del avance en la UM del proceso y de los datos recolectados en los formularios de campo.

Este control de calidad es la primera instancia que debe garantizar el registro de cada una de las variables definidas en el formato de registro y el uso adecuado de los equipos.

Chequeo de campo en caliente

El chequeo en caliente o *hot check* se realiza a través de la supervisión del personal del SERFOR sobre el proceso del levantamiento de la primera unidad de muestreo asignada a la brigada de medición, para asegurar la correcta toma de datos de la UM. Este chequeo tiene el propósito de corregir errores o sesgos que se esté realizando en las mediciones, proporcionando en el momento medidas de corrección.

Chequeo de campo en frío

El control en frío o *cold check* consiste en la verificación en campo ejecutada por personal del SERFOR sobre los datos registrados en los formularios de la brigada asignada a la evaluación de una UM. Con este procedimiento se controla la calidad de los datos que trae la brigada de medición, la cual ayudará a realizar un seguimiento y análisis del desempeño de los personales de campo que realizan los inventarios. La selección de las UM a controlar con este procedimiento puede ser al azar u orientarse hacia las brigadas cuyo rendimiento se considera necesario verificar.

Chequeos en gabinete

Existen, además, chequeos que se aplican sobre las bases de datos y evidencias en general recolectadas en campo, a las que se aplican los siguientes procedimientos de control de calidad:

- Verificación de desplazamientos y accesos: a través de la verificación de los registros en los localizadores con Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) asignados a los especialistas de campo.
- Limpieza de datos: involucra la revisión de datos y de tablas provenientes del trabajo de campo, que se organizan por especialidades (flora, fauna, datos biométricos, mediciones de necromasa y construcción de base de datos). Con este procedimiento se gestionan los datos vacíos por omisión, errores de anotación, datos fuera de rangos, errores lógicos y errores de digitación.
- Análisis de consistencia: busca identificar datos erróneos, así como orientar su resolución. Eventualmente, los errores pueden ser subsanados en gabinete si se consultan al registrador al poco tiempo de su retorno de campo. En otros casos no se pueden subsanar.
- Verificación del registro fotográfico: como información de soporte a los datos registrados en los formularios de campo.

Los chequeos en gabinete se aplican al 100% de los datos recibidos; son realizados por un equipo multidisciplinario de profesionales de la Dirección de Inventario y Valoración del SERFOR.

22.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTAN

El INFFS tiene un concepto multipropósito, enfocado a la actualización continua de información sobre el estado de los productos y servicios de los bosques, las interacciones de las poblaciones que se benefician directa e indirectamente de ellos y el valor de los bosques en sus múltiples funciones, incluyendo la mitigación ante el cambio climático.

22.8.1. REGISTRO DE LA FAUNA SILVESTRE

La población objetivo son todos los vertebrados de las clases aves, mamíferos, reptiles y anfibios, que se identifican con nombre científico al nivel de especie, en el mejor de los casos. Para ello, se mantiene la metodología de recolección de datos de manera oportunista, durante el acceso a la UM y mientras se efectúa la evaluación de atributos del estado del bosque. Así, se procede al registro de evidencia directa (avistamientos o vocalizaciones) e indirecta (huellas, madrigueras, heces, plumas, entre otros) de la presencia de fauna cercana a las UM.

Los registros son valorados con mayor confianza si se acompañan de una fotografía o grabación.

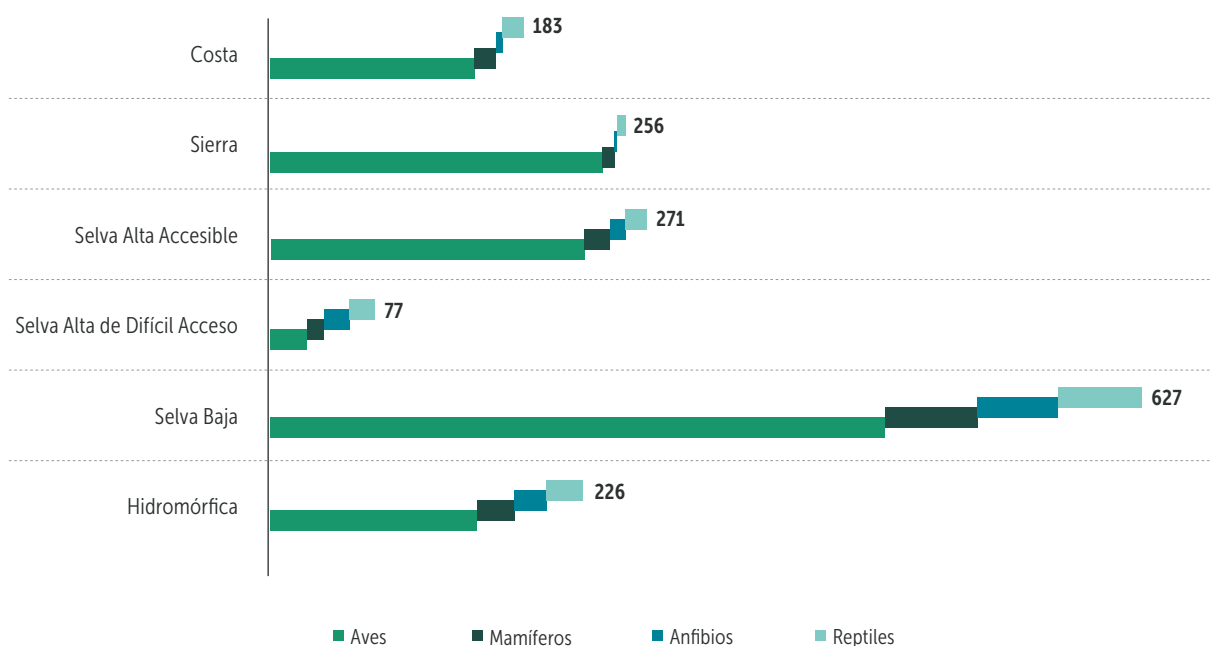
Sin embargo, se registran también evidencias indirectas, tales como colpas, bebederos, bañaderos, comederos, plumas, pieles, osamentas, excretas, huellas u olores que puedan ser útiles en la identificación.

Debido a las limitaciones en la recolección de datos por tiempo y requerimientos logísticos, la información recolectada no pretende servir como un inventario de fauna silvestre. La utilidad de estos registros radica en que se está generando una base de datos de presencia de especies en lugares donde anteriormente no se había accedido. Esto es posible gracias al diseño tan extendido de las UM, que incluya la mayor cantidad de evidencias para poder proyectar distribuciones de especies de las cuales en ciertos casos no se tiene más información.

Como resultados del Panel 1 del INFFS, en la Figura 22.6 se aprecia que la mayor cantidad de especies de fauna silvestre se encuentran en la región amazónica (ecozonas Selva Baja, Selva Alta Accesible, Selva Alta de Difícil Acceso e Hidromórfica) por la gran diversidad que se sabe existe en esta región. La ecozona Selva Baja es la que presenta mayor cantidad de especies (627 entre aves, mamíferos, anfibios y reptiles); sin embargo, se observa una diversidad menor de fauna silvestre para el resto de la Amazonía, lo cual puede

FIGURA 22.6

Número de especies de fauna silvestre, por taxón, registradas en el Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú, Panel 1



Fuente: Elaboración propia.

explicarse debido a que la Selva Baja contó con una cantidad bastante mayor de UM evaluadas.

En el caso de las ecozonas Costa y Sierra, se observa que hay más especies registradas en la segunda. Esto se debe a que la Sierra, que abarca 13 departamentos del país, cuenta con una mayor cantidad de pisos altitudinales, los cuales generan distintos ecosistemas y le da mayor diversidad que en la Costa, que para el Panel 1 cuenta con UM únicamente para Tumbes, Piura y Lambayeque.

Es interesante verificar que la mayor diversidad de especies para todas las ecozonas corresponde a la avifauna, ya que esta suele ser más perceptible que los taxones mamíferos, anfibios y reptiles.

22.8.2. MONITOREO SOCIOECONÓMICO FORESTAL

El monitoreo socioeconómico forestal es la recolección sistemática de datos sobre la relación entre el uso y aprovechamiento de los recursos forestales y los aspectos socioeconómicos de las comunidades que se benefician de los bosques. Es decir, incluye la forma en que las comunidades valoran sus bosques, conservan sus recursos, los productos que usan, sus conocimientos tradicionales, además de los aspectos referidos a quién y cómo se toman las decisiones para el manejo de los recursos. La población objetivo es aquella que tiene una relación directa con el bosque por su cercanía y que recibe directamente los beneficios del bosque, correspondiendo a los centros poblados rurales. La unidad de observación y análisis es el hogar rural.

A partir de la información de los centros poblados rurales, se estableció un diseño de muestreo probabilístico de áreas, estratificado y conglomerado, donde los estratos corresponden a las ecozonas, y los conglomerados los constituyen los centros poblados rurales, donde se seleccionaron las viviendas que correspondieron a las familias rurales. Los centros poblados rurales están conformados por unidades de entre 10 a 100 familias, con una población superior a los 100 habitantes, y que disten a menos de 5 km de las UM. En cada centro poblado seleccionado, se llevaron a cabo entrevistas con representantes de 10 hogares.

El enfoque utilizado para el diseño de la encuesta socioeconómica forestal se centra en el consumo de bienes y servicios (y no en la producción). También abarca los beneficios generados por los ingresos y empleos en el sector, que permiten a las personas colmar sus necesidades gracias al consumo de

los bienes y servicios comercializados. Sus ejes temáticos son:

- empleo e ingreso familiar;
- contribución del bosque al hogar;
- dinámica de aprovechamiento del bosque;
- estado del bosque;
- participación de la población local en la gestión del bosque.

De esta forma, el INFFS permitirá recabar y actualizar información que sirva para el desarrollo de políticas públicas que faciliten la buena gobernanza en el manejo de los bosques y el logro de mejores prácticas de manejo forestal sostenible, así como una mejor toma de decisiones sobre cómo ordenar el territorio y los bosques. Localmente, los beneficios repercutirán en las comunidades nativas y campesinas con mejores políticas que permitan el desarrollo sostenible de sus comunidades, manteniendo sus principales fuentes de alimentación y otros recursos que contribuyan a mejorar las condiciones de vida presentes y futuras. Además, el sector privado podrá contar con mejor información para desarrollar nuevas oportunidades de negocios forestales sostenibles.

Por el momento, el monitoreo socioeconómico forestal ha recolectado datos de las ecozonas Costa, Sierra y Selva Alta Accesible, cuyo análisis aún no ha sido reportado.

22.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

El INFFS provee de información para planificar el manejo sostenible de los bosques del país, objetivo global del sector forestal. Debe ser una parte integrante de toda política de mitigación y adaptación del cambio climático, con un enfoque nacional holístico, en el marco de las estrategias nacionales de desarrollo y de reducción de la pobreza.

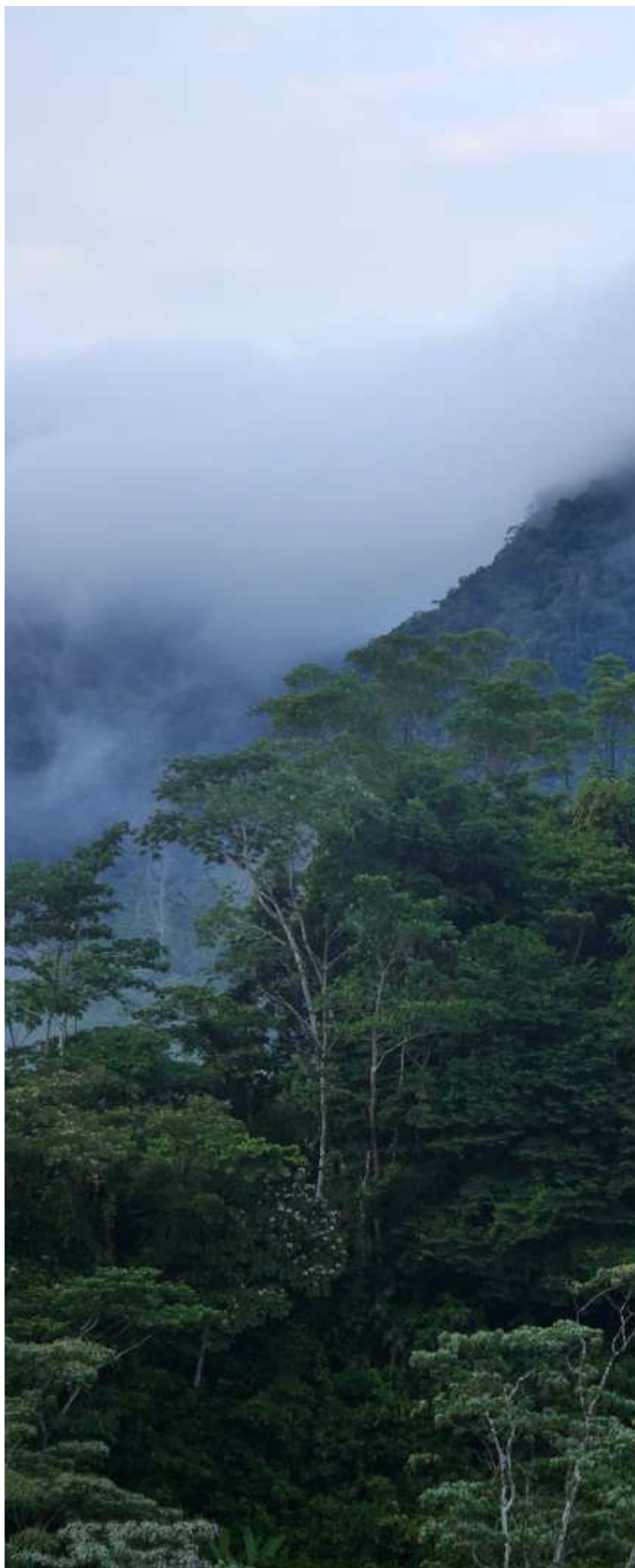
Existe a nivel de país la normativa que declara de interés nacional la implementación del Inventario Nacional Forestal, acción que también es parte de los compromisos asumidos en el acuerdo de libre comercio con los Estados Unidos de América. Sin embargo, esta prioridad no se materializa mediante la asignación oportuna de presupuesto estatal para la ejecución del INFFS. Esto se verifica al revisar el estado de avance de su ejecución.

De acuerdo con el diseño metodológico, la muestra organizada en cinco paneles debía haberse evaluado en cinco años a partir del año 2013. En este momento, se tiene concluido el Panel 1 y un avance del Panel 2 al 56%; existen muy escasos recursos monetarios asignados para gastos operativos en el plan anual institucional.

Cada vez se están identificando más usuarios que demandan información del INFFS, tanto del sector público como personas naturales. Un ejemplo es la zonificación forestal, proceso que se viene desarrollando como política de Estado, en el cual se utiliza los datos recogidos en campo del INFFS para caracterizar el potencial maderable de los bosques. Asimismo, la actualización de la lista de especies forestales y la lista de especies amenazadas de flora utiliza los datos de ubicación geográfica de los individuos que el INFFS registró en campo. Es importante además la contribución del INFFS a la investigación del patrimonio forestal, al ser empleado por estudiantes de universidades de diferentes países, quienes eventualmente solicitan los datos del INFFS para sus investigaciones.

Por otra parte, el INFFS contribuye con información para la elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, la estimación de factores de emisión forestal y la construcción del Nivel de Referencia Forestal (NREF), elementos que constituyen una importante herramienta para la toma de decisiones y que contribuyen a la formulación de políticas, estrategias y planes de desarrollo que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, y al cumplimiento de los compromisos asumidos en el marco de las negociaciones internacionales sobre el cambio climático. En este contexto, se requiere incorporar procesos de mejora continua que permitan aumentar la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de los inventarios futuros (por ejemplo, provisión de datos con mayor precisión y menor incertidumbre, mejoramiento de los sistemas de recopilación de datos, arreglos interinstitucionales para garantizar el financiamiento de los trabajos en campo, desarrollo y adecuación de metodologías para el análisis de la incertidumbre del inventario, entre otros).

En este contexto, el Gobierno del Perú debe establecer una mejor articulación entre el Ministerio de Agricultura y Riego, entidad generadora de información, y el Ministerio de Ambiente, que es el punto focal ante la Convención





Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, a fin de mejorar el reporte de los avances realizados en el país para lograr un desarrollo bajo en carbono y resiliente al clima. De esta forma, se posibilitará una distribución simétrica de los recursos propios del país y los provenientes de la cooperación internacional para la implementación de acciones y el fortalecimiento institucional de las entidades de gobierno vinculadas a la conservación de los ecosistemas forestales.

Existen, asimismo, una serie de mejoras en la recolección de datos y gestión de la información generada que se prevén implementar en el corto plazo, según se lista a continuación:

- Implementar a mayor escala el módulo socioeconómico del INFFS que permitirá conocer la interrelación y dinámica entre el bosque y la población local que accede a este. De esta manera, se podrá conocer las formas, métodos y frecuencia de acceso al bosque, así como el valor que representan los productos del bosque y cuáles son los beneficios para las familias y economías locales.
- Estimar resultados a nivel de departamentos, lo cual permitirá a los gobiernos regionales aplicar políticas sectoriales con el acompañamiento del SERFOR. Estas políticas estarán orientadas al aprovechamiento del bosque o a su conservación, lo cual dependerá del estado de las especies y las prioridades de los gobiernos regionales.
- Incorporar nuevas variables en la estructura de levantamiento de datos para el monitoreo del bosque, de acuerdo con los eventos climáticos que puedan suscitarse, así como la aparición de plagas y declinaciones poblacionales de especies forestales y de fauna silvestre, entre otros.
- Incorporar nuevas herramientas tecnológicas en la toma de datos de los inventarios forestales mediante el uso de dispositivos electrónicos colectores de datos (libretas electrónicas), así como equipos con menores márgenes de error para la medición de alturas y diámetros.
- Facilitar el acceso a los resultados del INFFS. Para tal fin, se debe considerar nuevos medios digitales interactivos, a través de los cuales el usuario podrá acceder a la información obtenida.

- Fortalecer las capacidades de los especialistas de los gobiernos regionales, a través de la conformación de los grupos técnicos regionales de inventarios forestales.
- Desarrollar modelos predictivos del comportamiento del bosque con los datos del inventario forestal, los cuales podrían servir como un sistema de alerta ante algún comportamiento inusual de alguna variable del bosque.
- Mejorar las herramientas metodológicas e informáticas para el procesamiento y análisis de la información proveniente de campo, mediante la actualización de ecuaciones alométricas para estimaciones de biomasa, así como el uso de programas de software libre para análisis estadístico, entre otros.
- Optimizar la toma de datos en campo a partir de análisis que permitan determinar el tamaño óptimo de las unidades de medición en campo, por ejemplo, la determinación de la longitud óptima del transecto para calcular el carbono de la necromasa de la madera yacente, entre otros.

En este escenario, existe interés por parte del Perú en la armonización de datos entre países de América Latina y el Caribe para poder alcanzar la comparabilidad entre los resultados de los inventarios nacionales forestales de los países, que permitan la generación de estadísticas regionales consistentes, además de establecer el intercambio de conocimientos técnicos, científicos y tecnológicos entre pares. De esta forma, se espera mejorar la visibilidad de los IFN, generando la incidencia necesaria para su uso en la toma de decisiones de políticas públicas, que en el corto plazo permita acceder a mayores recursos para su financiamiento.

Es importante además trabajar en la armonización de las agendas internacionales vinculadas al manejo de los recursos naturales, como son la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre otras.

REFERENCIAS

- Barrena, V., Vargas, C., Zúñiga, C. y Guillén, R.** 2011. *Bases técnicas del Inventario Nacional Forestal*. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H. et al.** 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests, *Oecologia*, 145: 87-99. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>).
- Cochran, W.G.** 1977. *Sampling Techniques, 3rd Ed.* Nueva York (Estados Unidos), John Wiley & Sons.
- De Vries, P.G.** 1986. *Sampling Theory for Forest Inventory*. Berlin, Springer-Verlag.
- Malleux, J.** 1975. *Mapa Forestal del Perú (Memoria Explicativa)*. Lima, Departamento de Manejo Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú (MINAGRI) y Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM).** 2016. *Marco metodológico del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre*. Lima. (disponible en: www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2017/02/MARCO%20METODOLOGICO%20DEL%20INFFS.pdf).
- MINAGRI, MINAM y FAO.** 2016. *Memoria descriptiva del mapa de ecozonas: Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (INFFS) – Perú*. Lima. (disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/memoria-descriptiva-mapa-ecozonas-inventario-nacional-forestal-fauna>).
- MINAM.** 2015. *Mapa de cobertura vegetal del Perú: Memoria descriptiva*. Lima. (disponible en www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL_compressed.pdf).
- Mokany, K., Ferrier, S., Connolly, S. R., Dunstan, P. K., Fulton, E. A., Harfoot, M. B., Harwood, T. D. et al.** 2016. Integrating modelling of biodiversity composition and ecosystem function. *Oikos*, 125(1): 10-19. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/oik.02792>).
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).** 2019a. *Informe del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Panel 1*. Lima. (disponible en: www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2020/03/INFORME-DEL-INFFS-PANEL-1.pdf).
- SERFOR.** 2019b. *Manual de Campo del Inventario Nacional Forestal y de Fauna Silvestre del Perú. Instructivo para la colecta de datos (no publicado)*. Lima.

Capítulo



**PUERTO RICO Y LAS
ISLAS VÍRGENES DE LOS
ESTADOS UNIDOS**

INVENTARIOS FORESTALES DE PUERTO RICO Y LAS ISLAS VÍRGENES DE LOS ESTADOS UNIDOS

Thomas Brandeis, Servicio Forestal de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur, Inventario y Análisis Forestal, 4700 Old Kingston Pike, Knoxville, Tennessee, 37934, Estados Unidos de América

Humfredo Marcano Vega, Servicio Forestal de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur, Inventario y Análisis Forestal, Jardín Botánico SUR, 1201 Ceiba, San Juan, Puerto Rico, 00926, Estados Unidos de América

23.1 INVENTARIOS PERIÓDICOS DE PUERTO RICO (1980-1990)

Antes de la década de 1990, el Programa de Inventario y Análisis Forestal (FIA, por sus siglas en inglés), el cual nominalmente era un inventario forestal nacional, era implementado por las Estaciones de Investigación regionales del Servicio Forestal de los Estados Unidos de América. En esa época, había inicialmente seis regiones separadas que posteriormente se consolidaron en cuatro Estaciones de Investigación regionales: del Noroeste del Pacífico, de las Montañas Rocosas, del Norte, y del Sur. En aquel momento, al igual que en la actualidad, el Programa de FIA de la Estación de Investigación del Sur (SRS, por sus siglas en inglés) era el responsable de los inventarios forestales de Puerto Rico y de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. El Programa SRS-FIA realizó inventarios forestales periódicos en un ciclo de diez años aproximadamente. Los equipos de campo trabajaban en un estado durante un año, completando las mediciones en todas las unidades de muestreo (UM) del estado, y luego se trasladaban a otro estado al año siguiente. Estos datos de campo se procesaban y se reportaban en una serie de publicaciones especiales del Servicio Forestal. Estas mediciones cíclicas se llevaron a cabo desde finales de la década de los 1960 hasta finales de la década de los 1990, y todos los estados del sur de los Estados Unidos de América fueron remedidos tres o cuatro veces. Para un mayor detalle de la historia sobre los primeros años del Programa de FIA, se puede consultar LaBau *et al.* (2007) y otra documentación del programa disponible en el sitio web del Programa de FIA (www.fia.fs.fed.us/library/index.php).

Los puntos de muestreo se situaron en una malla de aproximadamente 4,8 kilómetros (km) por 4,8 km, lo que equivale a 3 millas por 3 millas, o cada 2 304 hectáreas (ha); sin embargo, esto varió ligeramente a lo largo del tiempo, por región y en algunas zonas. La intensidad del muestreo se incrementó en las zonas con bosques de especial interés económico, sobre todo en las planicies costeras de pinos del sureste. Las mediciones de campo se realizaron dentro de un conglomerado de parcelas de radio variable con submuestreo para la regeneración de los árboles. Durante este período se realizaron inventarios forestales periódicos en Puerto Rico, pero no en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Los métodos utilizados en Puerto Rico eran versiones simplificadas de los utilizados en los estados del sur de los Estados Unidos de América.

El primer inventario forestal de Puerto Rico se completó en 1980; su objetivo era coherente con los objetivos del inventario forestal de los Estados Unidos de América continental: evaluar el potencial de producción de madera de los bosques de la isla (Birdsey y Weaver, 1982). En toda la isla principal de Puerto Rico, se establecieron 978 puntos de muestreo permanentes a lo largo de una malla con una separación de 3,0 km por 3,0 km (1,9 millas por 1,9 millas, o cada 900 ha) (ver el Cuadro 23.1).

Esta intensidad se derivó de los errores de muestreo estimados a partir de un trabajo de campo anterior en los bosques de Puerto Rico (Birdsey y Weaver, 1982). Las islas más pequeñas y boscosas de Vieques, Culebra y Mona no se incluyeron en el inventario.

Para ello, se realizó una estimación de la superficie forestal en toda la isla para las zonas productivas y no productivas a nivel comercial, a partir de fotografías aéreas, aunque la cobertura fue incompleta. Se instalaron parcelas de muestreo permanentes en dos de las seis zonas de vida de Holdridge en la isla (descritas en Ewel y Whitmore, 1973) que se consideraron con potencial para la producción comercial de madera: los bosques húmedos subtropicales y los bosques muy húmedos subtropicales. Estas dos zonas de vida incluían 437 puntos de muestreo, 133 de los cuales eran forestales. Las dos zonas de vida y cuatro categorías de suelo se utilizaron para estratificar las parcelas. Se excluyeron del estudio los bosques públicos, las llanuras inundables, las zonas urbanas, los manglares, las zonas con suelos pobres, las zonas de vida subtropicales secas, las pendientes escarpadas (más del 60%) y las cuencas hidrográficas críticas con alta pluviosidad, por lo que solo se instalaron parcelas de inventario en aproximadamente la mitad de la superficie total de la isla.

Las unidades de muestreo (UM) de campo instaladas eran una variación simplificada de aquellas utilizadas en el sur de los Estados Unidos de América. Se conformaban por un conglomerado de tres parcelas de radio variable en cada punto de muestreo sobre el terreno para medir los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 12,7 centímetros (cm). Cada árbol medido en la parcela de radio variable representa 2,5 metros cuadrados (m²) de área basal por hectárea, o 0,83 m² de área basal por hectárea cuando las parcelas estaban agrupadas. Los árboles con un DAP menor de 12,7 cm se contaron en parcelas de 3,6 m de radio fijo (aproximadamente 40 m²) centradas alrededor de los centros de las parcelas de radio variable. Cinco años después del primer inventario, el Programa SRS-FIA elaboró una estimación más exhaustiva de la superficie forestal a partir de fotografías aéreas más recientes y representando toda la isla. La estimación fotográfica aérea de la cobertura forestal se amplió para incluir todos los tipos de bosque, excepto los bosques montanos y las plantaciones. Se volvió a examinar una submuestra de las parcelas del inventario de 1980 instaladas en bosques con potencial comercial para actualizar los resultados del muestreo (Birdsey y Weaver, 1987).

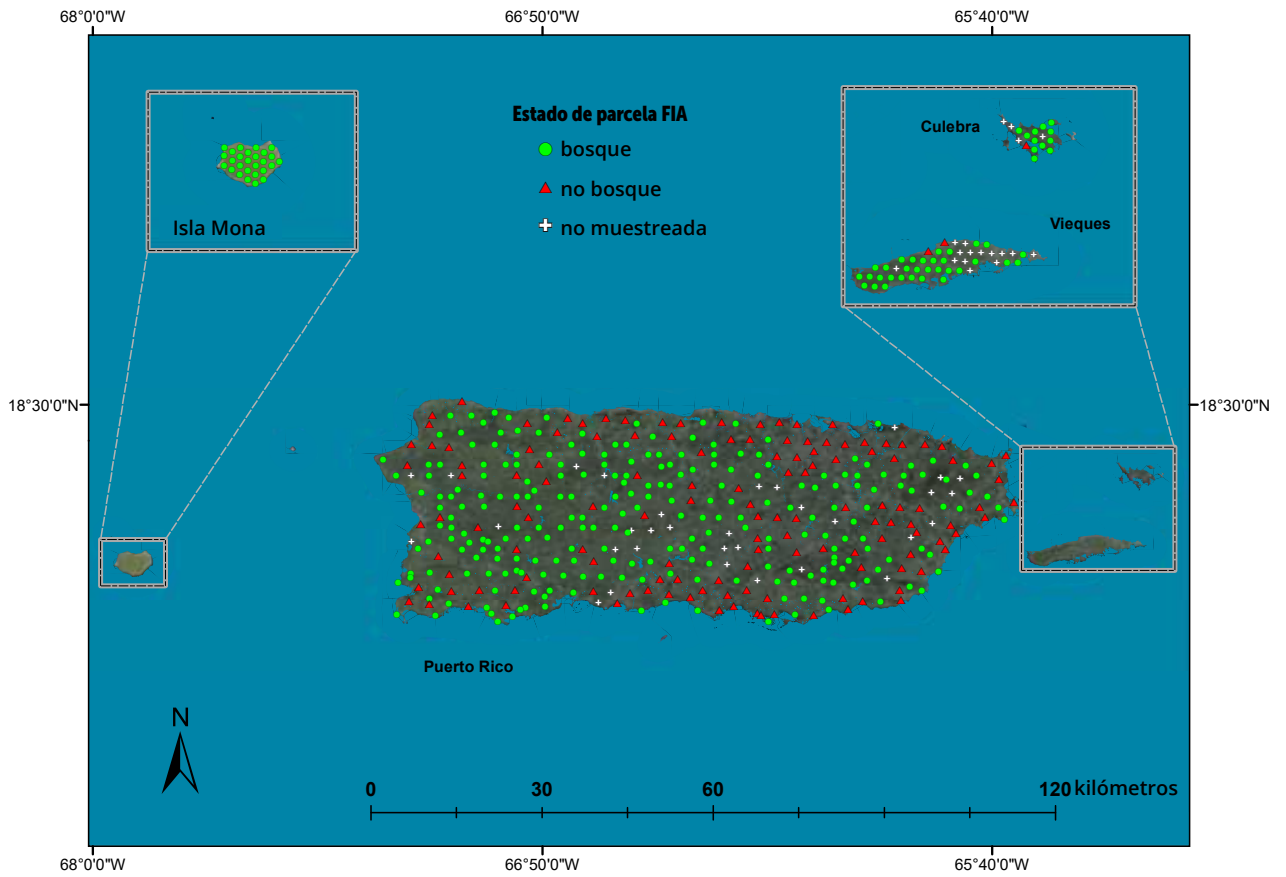
Los datos recopilados durante la actualización del muestreo se ampliaron para incluir los factores de erosión, la hidrología y las condiciones de explotación, así como las mediciones de las copas y las ramas de los árboles. Los bosques de la isla se volvieron a medir en 1990 utilizando la metodología actualizada de los levantamientos anteriores. Se volvieron a medir las 437 parcelas de muestreo permanentes instaladas en 1980 para confirmar su estado y se midieron 167 parcelas boscosas (Franco, Weaver y Eggen-McIntosh, 1997).

23.2 INVENTARIO Y ANÁLISIS FORESTAL ANUALIZADO DE PUERTO RICO Y LAS ISLAS VÍRGENES DE LOS ESTADOS UNIDOS, 2001-PRESENTE

A mediados de la década de 1990, el Programa de FIA hizo la transición hacia un diseño de inventario anualizado descrito en Brandeis (2003). A partir de 2001, el diseño anualizado del FIA se implementó en Puerto Rico con algunas modificaciones en el diseño de muestreo, la intensidad del muestreo y la distribución de las UM de campo, que se describen en las secciones posteriores de este capítulo (Brandeis, 2003, 2011) (ver Cuadro 23.1 y Figura 23.1). Aunque algunos revisores técnicos creían que el diseño del FIA no permitiría muestrear adecuadamente los bosques insulares de gran diversidad debido a la superficie relativamente pequeña muestreada por cada parcela y a la falta, en aquel momento, de la recopilación de datos específicos de la isla, el Programa de FIA adaptó con éxito su programa de Inventario Forestal Nacional (IFN) a los bosques insulares del Caribe con complementos y modificaciones relativamente menores. Entre los ejemplos de estos cambios se incluyen los descriptores de las clases de uso y cobertura de la tierra aplicables a las islas, y las ecuaciones de volumen y biomasa para las especies arbóreas insulares. El nuevo diseño de inventario forestal sistemático y anualizado se aplicó a las Islas Vírgenes de los Estados Unidos por primera vez en 2004 (ver Cuadro 23.2 y Figura 23.2). Los resultados del IFN 3 de Puerto Rico se publican en Brandeis, Helmer y Oswald (2007); el IFN 4 en Brandeis y Turner (2013); y el IFN 5 en Marcano Vega (2019). Los resultados del primer IFN de las Islas Vírgenes de Estados Unidos se publican en Brandeis y Oswald (2007) y el IFN 2 en Marcano Vega (2020).

FIGURA 23.1

Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional de Puerto Rico



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: FIA: Inventario y Análisis Forestal.

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 23.1

Descripción histórica del Inventario Forestal Nacional de Puerto Rico

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN 1	1980	Nacional	Sistemático	978
IFN 2	1990	Nacional	Sistemático	978
IFN 3	2001-2004	Nacional	Sistemático	514
IFN 4	2006-2009	Nacional	Sistemático	550
IFN 5	2010-2014	Nacional	Sistemático	574
IFN 6	2016-2019	Nacional	Sistemático	581

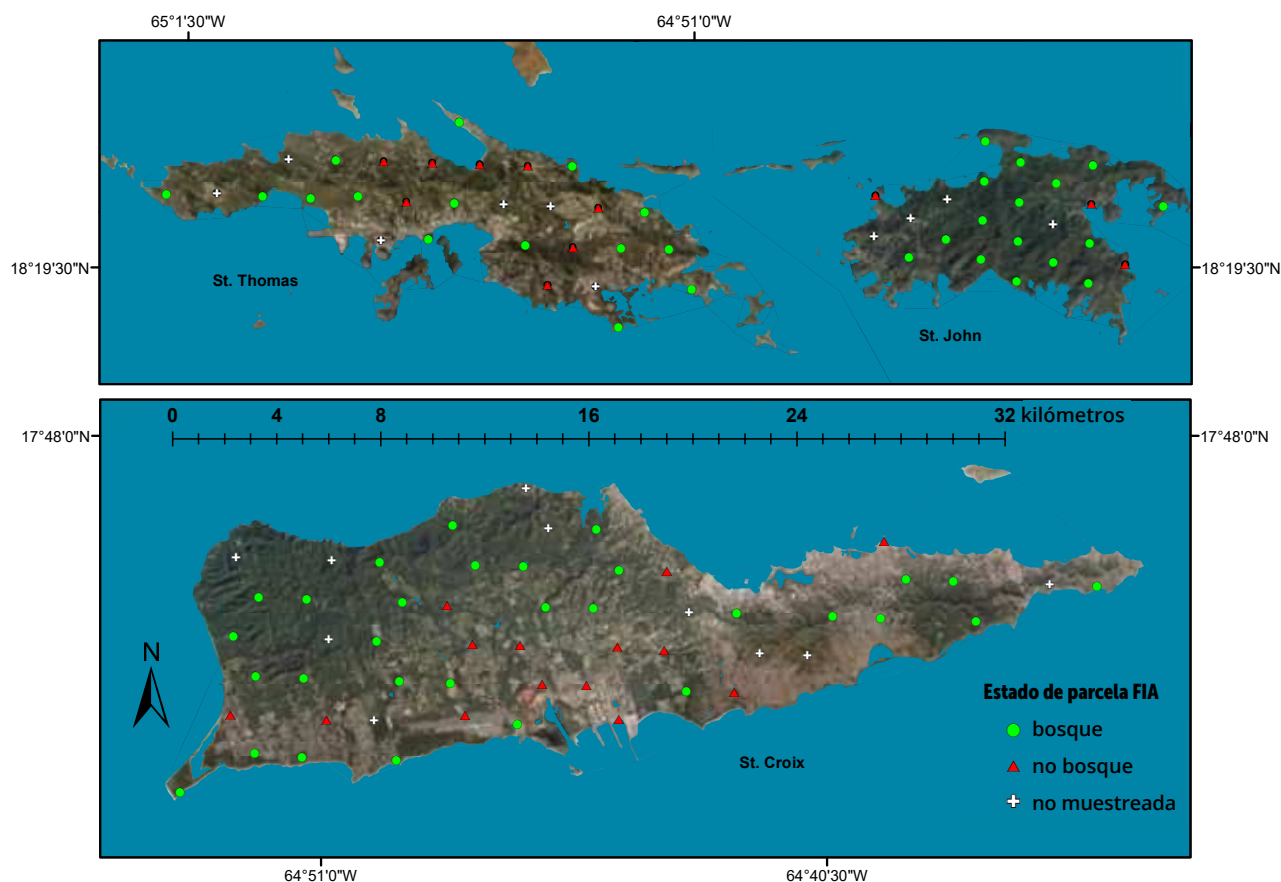
CUADRO 23.2

Descripción histórica del Inventario Forestal Nacional de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN 1	2004	Nacional	Sistemático	109
IFN 2	2009	Nacional	Sistemático	114
IFN 3	2014	Nacional	Sistemático	116
IFN 4	2019	Nacional	Sistemático	116

FIGURA 23.2

Diseño de muestreo del Inventario Forestal Nacional de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Nota: FIA: Inventario y Análisis Forestal.

Fuente: Elaboración propia.

23.3 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

El Programa de FIA utiliza definiciones coherentes para tierras forestales, volumen y biomasa en todo el ámbito geográfico de los Estados Unidos de América y las Mancomunidades y Territorios asociados. Las tierras forestales se definen principalmente por un mínimo del 10% de cobertura de copas de especies arbóreas, como se indica en el Cuadro 23.3. Los equipos de campo pueden utilizar múltiples métodos cuantitativos para determinar si la cobertura arbórea de una posible parcela alcanza el umbral mínimo. La elección del método depende del grado de cobertura de copas y de las condiciones del posible emplazamiento de la parcela. (Los detalles sobre estas definiciones y métodos se pueden encontrar en la base de datos del FIA [FIADB] y en la documentación de la Guía

de Campo, disponible en www.fia.fs.fed.us/library/database-documentation/index.php y www.fia.fs.fed.us/library/field-guides-methods-proc/index.php, respectivamente).

Se hizo una excepción a la definición de tierras forestales para las islas del Caribe. Normalmente, cualquier actividad humana en la tierra que impida la regeneración natural del bosque excluiría esa tierra de su inclusión como bosque. Sin embargo, se decidió que los sistemas agrícolas de sotobosque que mantienen la cobertura mínima de copas de los árboles, como la agrosilvicultura y el cultivo de café de sombra, se incluirían como tierras forestales. No obstante, estas tierras forestales reciben un código de uso de la tierra especial para poder diferenciarlas de otras tierras forestales. Las definiciones de tipo de bosque utilizadas por el Programa de FIA del Servicio Forestal de los Estados Unidos para implementar el IFN en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos se pueden encontrar en el Cuadro 23.3.

Las mediciones individuales de los árboles se utilizan para calcular el volumen, la biomasa y el carbono del árbol mediante una combinación de ecuaciones de volumen, ecuaciones alométricas y factores de expansión de la biomasa. Las estimaciones de volumen se realizan para el fuste principal del árbol y pueden expresarse como volúmenes brutos o netos, así como volumen cúbico total o volumen en pie tablar de madera aserrada. Las estimaciones de biomasa y carbono se dividen en múltiples componentes. Oswalt y Conner (2011) y Woodall *et al.* (2011) proporcionan más detalles sobre las metodologías utilizadas para realizar estas estimaciones.



© Servicio Forestal del USDA / Humberto Marcano Vega

CUADRO 23.3

Resumen de las definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	<p>Tierras forestales accesibles - Las tierras forestales que tienen al menos un 10% de cobertura de copas de especies arbóreas vivas de cualquier tamaño o han tenido al menos un 10% de cobertura de copas de especies arbóreas vivas en el pasado, basándose en la presencia de tocones, madera muerta u otras evidencias. Además, la condición no está sujeta a usos no forestales que impidan la regeneración y sucesión normal de los árboles, como la poda regular, el pastoreo intensivo o las actividades recreativas.</p> <p>Para calificarse como tierras forestales, la superficie debe tener un tamaño mínimo de 0,4 hectáreas (1,0 acres) y una anchura de 36 metros (120,0 pies) medida de tronco a tronco desde el extremo exterior. Las franjas forestales deben tener 36 metros (120,0 pies) de ancho en una longitud continua de al menos 110 metros (363,0 pies) para cumplir el umbral de acre. Las franjas forestales que no cumplen estos requisitos se clasifican como parte de las tierras no forestales adyacentes.</p> <p>Árbol - Planta leñosa perenne, generalmente de gran tamaño, con un único tronco bien definido que lleva una copa más o menos definida; a veces se define como aquella que alcanza un diámetro mínimo de 7,6 centímetros y una altura mínima de 4,6 metros (15 pies) en la madurez.</p>	<p>Método Ocular - El método ocular solo se utiliza en zonas que evidentemente tienen un 0% de cobertura de copa viva o falta más de un 10% de cobertura de copa viva.</p> <p>Método de Acre - Si existe una condición cercana al 10% de cobertura de copa, y otros métodos pueden no representar con precisión la cobertura de copa debido a la distribución espacial irregular de las copas de los árboles (por ejemplo, la aglomeración), el método de Acre proporciona otra estimación del área total de la copa de los árboles dentro del radio de una parcela de 0,4 hectáreas (1 acre) situada dentro de la condición en cuestión.</p> <p>Método de Subparcela - Para estimar la cobertura con el método de las subparcelas, el equipo mide las copas de todos los árboles vivos, plántulas y árboles jóvenes en cada una de las cuatro subparcelas de 0,017 hectáreas (1/24 acres).</p>
Otras tierras boscosas	<p>Otras tierras boscosas - Otras tierras boscosas tienen al menos un 5%, pero menos de un 10%, de cobertura de copas de especies de árboles vivos de cualquier tamaño o han tenido al menos un 5%, pero menos de un 10%, de cobertura de copas de especies arbóreas en el pasado reciente, basándose en la presencia de tocones, madera muerta u otras evidencias. Otras tierras boscosas se reconocen como un subconjunto de las tierras no forestales y, por lo tanto, no se consideran actualmente una clase distinta de condición.</p>	Véase las variables y umbrales para las Tierras forestales accesibles
Otras tierras	<p>Tierras no forestales - Tierras que poseen menos del 10% de cobertura de copas de especies arbóreas independientemente de su tamaño (vivas e inexistentes) y, en el caso de las tierras forestadas, menos de 375 árboles establecidos por hectárea (150 por acre); o tierras que tienen suficiente cobertura de copas o fustes pero que están clasificadas como uso de tierras no forestales (ver criterios bajo uso actual de tierras no forestales). Las tierras no forestales incluyen áreas que tienen suficiente cobertura o fustes vivos para cumplir con la definición de tierras forestales, pero que no cumplen con los requisitos de dimensión para ser considerados como tal.</p>	Véase las variables y umbrales para las Tierras forestales accesibles

CONTINUA CUADRO 23.3

Término	Definición	Variables y umbrales
Volumen	<p>Volumen - Medida del contenido sólido del tronco del árbol utilizada para medir la cantidad de madera.</p> <p><i>Volumen bruto de pie tablar</i> - Volumen total de pie tablar de madera dentro de la corteza, sin deducciones del total del pie tablar de madera defectuosa.</p> <p><i>Volumen bruto en pies cúbicos</i> - Volumen total de pies cúbicos de madera dentro de la corteza sin deducciones de madera defectuosa podrida, inexistente o de copa quebrada.</p> <p><i>Volumen neto de pie tablar</i> - Volumen bruto de pie tablar menos las deducciones del total del pie tablar de madera defectuosa.</p> <p><i>Volumen neto en pies cúbicos</i> - Volumen bruto en pies cúbicos menos las deducciones de madera defectuosa podrida, inexistente y de copa quebrada.</p>	<p>Variables utilizadas para estimar el volumen de los árboles con un DAP de al menos 12,7 cm (5 pulgadas):</p> <p>Diámetro a la altura del pecho (DAP) - A menos que se dé una de las siguientes situaciones especiales, se debe medir el DAP a 1,37 metros (4,5 pies) por encima de la línea del suelo en el lado ascendente del árbol.</p> <p>Diámetro al cuello de la raíz (DCR) - Para las especies que requieren un diámetro al cuello de la raíz, se mide el diámetro en la línea del suelo o al cuello de la raíz del fuste, cualquiera que tenga mayor altura. En el caso de estos árboles, considere los grupos de troncos con una copa unificada y una raíz común como un solo árbol.</p> <p>Fórmula para calcular el DRC:</p> $DRC = \sqrt{\sum_{i=1}^n \text{Stem diameter}_i^2}$ <p>Longitud Total - Registrar la longitud total del árbol, con una aproximación de 30 cm (1,0 pie) desde el nivel del suelo hasta la copa del árbol.</p> <p>Longitud real - Registrar los árboles a los que les falta la copa (la copa de los árboles vivos está completamente desprendida; la copa de los árboles muertos está desprendida en más de un 50% del árbol).</p> <p>Madera defectuosa podrida/inexistente - Registrar el porcentaje en pies cúbicos de madera defectuosa podrida o inexistente en todos los árboles vivos mayores o iguales a 12,7 cm (5,0 pulgadas) de DAP/DCR y toda la madera muerta en pie mayor o igual a 12,7 cm (5,0 pulgadas).</p>
Biomasa	<p>Biomasa por encima del suelo (metodología regional) - Para la región sur, la biomasa total por encima del suelo se estima utilizando ecuaciones alométricas y se define como el peso por encima del suelo de la madera y la corteza en árboles vivos $\geq 2,5$ cm (1,0 pulgadas) de DAP/DCR desde el suelo hasta la punta del árbol, excluyendo todo el follaje (hojas, acículas), brotes, frutos y ramas $< 1,3$ cm (0,5 pulgadas) de diámetro. La biomasa se expresa en peso seco con estufa y las unidades son en toneladas.</p> <p>Biomasa por encima y por debajo del suelo (CRM, por sus siglas en inglés) - A nivel nacional, la biomasa por encima y por debajo del suelo se estima a partir del volumen de madera sana de cada árbol utilizando un método de relación de componentes que se aplica sistemáticamente en todas las regiones del FIA.</p> <p><i>Biomasa bruta por encima del suelo</i> - Biomasa arbórea total, excluyendo el follaje y las raíces, sin deducciones de madera defectuosa en pies cúbicos podrida, inexistente o quebrada.</p> <p><i>Biomasa neta por encima del suelo</i> - Biomasa bruta por encima del suelo menos las deducciones por la falta de madera defectuosa, copas rotas y una reducción por una proporción de madera defectuosa podrida para los árboles vivos en pie o la madera muerta en pie $\geq 12,7$ cm (5,0 pulgadas) DAP.</p> <p><i>Biomasa por debajo del suelo</i> - Solo raíces gruesas.</p> <p>Además, la biomasa por encima del suelo neta total estimada mediante el método de relación de componentes se divide en los siguientes componentes:</p> <p><i>Copa</i> - La parte del tronco principal de un árbol de especies maderables por encima del diámetro de la copa de 10,2 cm (4 pulgadas).</p> <p><i>Ramas</i> - Todas las ramas de un árbol de especies maderables, excluyendo el tronco principal.</p> <p><i>Fuste</i> - Tronco comercializable del árbol, incluye madera de tallo y corteza, desde un muñón de 1 pie hasta un diámetro superior de 4 pulgadas.</p> <p><i>Tocón</i> - La parte de las especies maderables por debajo de 30 cm (1 pie) al nivel del suelo.</p>	<p>Ver variables y umbrales para Volumen. Las estimaciones regionales de biomasa se derivan de ecuaciones alométricas que utilizan el DAP y la longitud real. Las estimaciones de biomasa que utilizan el método de relación de componentes emplean un factor de expansión de la biomasa aplicado a la estimación del volumen para árboles con DAP $\geq 12,7$ cm (5 pulgadas) y ecuaciones alométricas que utilizan el DAP y la longitud real para árboles con DAP $\geq 2,5$ cm (1 pulgada) pero $< 12,7$ cm (5 pulgadas).</p>

Fuente: Servicio Forestal del USDA (2020); Woudenberg et al. (2010).

CUADRO 23.4

Tipos de bosques reconocidos en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos

Isla	Tipo de bosque	Definición de tipo de bosque
Puerto Rico	Bosque seco subtropical	Se encuentra en zonas con una precipitación anual de entre 600 mm y 1 100 mm. <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg., <i>Bucida buceras</i> L., <i>Cephalocereus royenii</i> (L.) Britton, y <i>Guaicum officinale</i> L. son especies típicas del bosque seco de Puerto Rico. Las áreas de bosque seco más perturbadas tienen numerosos individuos de tronco pequeño de <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) deWit, <i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC., <i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. y <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.
	Bosque húmedo subtropical	Se encuentra en zonas con una precipitación anual de entre 1 000 mm y 2 200 mm. La zona de vida húmeda subtropical es la más extensa de Puerto Rico y cubre una amplia variedad de materiales parentales del suelo, clases topográficas y usos de la tierra que dan lugar a mezclas de especies muy diversas que suelen incluir <i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britton, <i>Spathodea campanulata</i> Beauv., <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer, <i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC., <i>Roystonea borinquena</i> O.F. Cook, <i>Mangifera indica</i> L., <i>Cecropia peltata</i> L., <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyermark & Frodin, y especies de los géneros <i>Nectandra</i> , <i>Ocotea</i> y <i>Coccoloba</i> .
	Bosque muy húmedo y pluvial subtropical	Se encuentra en zonas con precipitaciones anuales de entre 2 000 mm y 4 000 mm. <i>Dacryodes excelsa</i> Vahl., <i>Sloanea berteriana</i> Choisy, y <i>Manilkara bidentata</i> (A.DC.) son especies indicativas del tipo de bosque de tabonuco. <i>Cecropia peltata</i> L., <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyermark & Frodin, y <i>Ochroma lagopus</i> Sw. son también comunes en los rodales de bosque húmedo en etapas tempranas de sucesión o de recuperación de la perturbación. Los cafetales de sombra de bosque muy húmedo contienen especies como <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer, <i>Inga laurina</i> (Sw.) Willd., <i>Inga vera</i> Willd. y <i>Erythrina poeppigiana</i> (Walp.) O.F. Cook. El bosque de palmeras caracterizado por <i>Prestoea acuminata</i> (Willd.) H.E. Moore var. <i>montana</i> (Graham) A. Hend. & G. Galeano ocupa las elevaciones más altas que se encuentran en la zona de pluviselva subtropical.
	Bosque muy húmedo y pluvial montano bajo	Se encuentra en zonas con elevaciones entre 700 m y 1 000 m. Los tipos de bosque y sus especies típicas incluyen el tipo de bosque de palo colorado (<i>Cyrtia racemiflora</i> L., <i>Ocotea spathulata</i> Mez, <i>Micropholis chrysophylloides</i> Pierre y <i>Micropholis garciniaefolia</i> Pierre), el tipo de bosque de elfo (<i>Eugenia borinquensis</i> Britton, <i>Tabebuia rigida</i> Urban, <i>Weinmannia pinnata</i> L. y <i>Calycogonium squamulosum</i> Cogn.) y el tipo de bosque montano denso de palmeras (<i>Prestoea acuminata</i> (Willd.) H.E. Moore var. (Graham) A. Hend. & G. Galeano).
	Manglares	Los manglares conformados por <i>Rhizophora mangle</i> L., <i>Avicennia nitida</i> Jacq., <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f. y <i>Conocarpus erectus</i> L. se encuentran a lo largo de las líneas costeras y los estuarios.
Rodales sin existencias	Rodales con menos del 10% de árboles vivos.	
Islas Vírgenes de los Estados Unidos	Bosque seco subtropical	Se encuentra en zonas con precipitaciones anuales de entre 600 mm y 1 100 mm. Algunas de las especies arbóreas nativas que son comunes en el bosque seco subtropical de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos son el palo mulato [<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.], el palo de gas (<i>Amyris elemifera</i> L.), la alcaparra de Jamaica (<i>Capparis cynophallophora</i> L.), el manjack negro (<i>Cordia rickseckeri</i> Millsp.), el mampoo de agua (<i>Pisonia subcordata</i> Sw.), el guayaco (<i>Guaicum officinale</i> L.), el alhelí blanco (<i>Plumeria alba</i> L.) y el tachuelo [<i>Pictetia aculeata</i> (Vahl) Urban]. En las zonas de bosque seco más perturbadas hay numerosos ejemplares de troncos más pequeños de zarcilla [<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) deWit], algarrobo (<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.), faique (<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl.) y aroma [<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.].
	Bosque húmedo subtropical	Se encuentra en zonas con precipitaciones anuales de entre 1 000 mm y 2 200 mm. Algunas de las muchas especies indicadoras naturales del bosque húmedo subtropical en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos incluyen el almendro macho [<i>Andira inermis</i> (W. Wright) Kunth ex DC.], el palo de corcho [<i>Guapira fragrans</i> (Dum.- Cours.) Little], el jobo (<i>Spondias mombin</i> L.), el úcar (<i>Bucida buceras</i> L.), el jabillo (<i>Hura crepitans</i> L.), el ceibo [<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.], el cedro americano (<i>Cedrela odorata</i> L.), el bay-rum (<i>Pimenta racemosa</i> var. <i>racemosa</i>), la palma real (<i>Roystonea borinquena</i> O.F. Cook) (solo en Saint Croix), el guapinol (<i>Hymanaea courbaril</i> L.), el yagrumo (<i>Cecropia schreberiana</i> Miq.) y el cedro blanco [<i>Tabebuia heterophylla</i> (DC.) Britt.]. Mientras que los bosques húmedos subtropicales tienen algunas de las mismas especies introducidas encontradas en el bosque seco subtropical, el tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.) y el mamoncillo (<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.) también se encuentran comúnmente.
	Manglares	Los manglares conformados por <i>Rhizophora mangle</i> L., <i>Avicennia nitida</i> Jacq., <i>Laguncularia racemosa</i> (L.) Gaertn. f. y <i>Conocarpus erectus</i> L. se encuentran a lo largo de las líneas costeras y los estuarios.
	Rodales sin existencias	Rodales con menos del 10% de existencias o cobertura de copas de árboles vivos.



© Servicio Forestal del USDA / Preston Keres

23.4 DISEÑO DE MUESTREO

El sistema de muestreo sistemático para generar puntos de muestreo monitoreados permanentemente en todo el territorio de los Estados Unidos de América, las Mancomunidades y los Territorios asociados sustituye las mallas de forma cuadrada de muestreo regionales utilizadas para los inventarios forestales periódicos con una única malla de base hexagonal construida sobre el marco de muestreo del Programa de Evaluación y Monitoreo Ambiental de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) (White, Kimerling y Overton, 1992; Reams *et al.* 2005). La ventaja de una malla hexagonal sobre las mallas de muestreo cuadradas es que los hexágonos pueden descomponerse más fácilmente (dividirse en hexágonos más pequeños) en múltiplos de 3, 4, 7, 9 y 11 hasta alcanzar la

intensidad de muestreo deseada, lo que la hace más flexible y versátil (Reams *et al.*, 2005). Una malla hexagonal también tiene ventajas sobre aquellas que utilizan la latitud y la longitud para crear una malla de muestreo porque el área muestreada permanece constante a medida que los meridianos convergen hacia los polos de la Tierra, una característica clave cuando se muestrea en un rango geográfico tan extenso. El Programa de FIA necesita un esquema de muestreo que permanezca constante en tierras tan al norte como la Alaska polar (24,5465° Norte) y tan al sur como la Samoa Americana (14,2710° Sur), o Saint Croix en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos (17,7246° Norte) en el hemisferio norte.

A nivel nacional, el Programa de FIA utiliza como base una malla de muestreo de un punto de muestreo cada 2 428 hectáreas (6 000 acres) (Reams *et al.*, 2005).

Cada punto de muestreo se asigna sistemáticamente a uno de los cinco paneles interconectados con la intención de medir anualmente todas o la mitad de las UM de cada panel. Al final de un ciclo de cinco o diez años, se vuelven a medir las UM del primer panel y el ciclo comienza de nuevo.

La intensidad del muestreo se incrementa para garantizar una muestra adecuada, especialmente en las islas más pequeñas, mientras que Puerto Rico podría tener potencialmente una muestra adecuada con un punto de muestreo por cada 2 428 ha si el objetivo fuese producir estimaciones muy amplias a escala estratégica sin hacer estimaciones para diferentes estratos forestales. En el inventario periódico de 1980 se muestreó la isla con un punto de muestreo aproximadamente cada 900 ha, lo que representa una intensificación de tres veces el nuevo muestreo anualizado (Birdsey y Weaver, 1982). En lugar de utilizar esta intensificación a lo largo de toda la isla, lo que habría dado lugar a un sobremuestreo del bosque húmedo subtropical más común y a un potencial submuestreo de los tipos de bosque menos comunes como el montano bajo, se decidió definir los tipos de bosque potencialmente submuestreados utilizando el mapa de zonas de vida de Holdridge y luego intensificar el muestreo dentro de esos polígonos. El bosque montano bajo, los bosques en suelos serpentinos y los bosques secos subtropicales recibieron una intensificación de muestreo de 12 veces la cuadrícula base.

Las islas más pequeñas también requirieron una intensificación de las muestras. La isla puertorriqueña de Vieques se muestreó a 9 veces la cuadrícula base, mientras que las islas de Culebra y Mona se muestrearon a 12 veces la cuadrícula base. En las Islas Vírgenes de Estados Unidos se tomaron muestras de 6 a 12 veces la cuadrícula base.

En Puerto Rico, los puntos de muestreo se distribuyen en cuatro paneles anuales, en lugar de cinco, y todas las UM en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos se realizan en un año, lo que convierte a este último en un inventario periódico. El ciclo de cuatro paneles permite un año de trabajo de estudio especial en Puerto Rico y hacer todo el trabajo en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos simplifica la logística de trabajar allí desde la base del Servicio Forestal de los Estados Unidos en San Juan, Puerto Rico. En la actualidad, se está estudiando la posibilidad de adoptar un esquema anualizado en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos a medida que evolucionan las cuestiones de personal y logística.

La malla de base hexagonal permite generar mallas de muestreo muy intensivas en áreas de estudio especiales, incluso más pequeñas. El Servicio Forestal de los Estados Unidos mantiene una red de bosques y cordilleras experimentales (EFR, por sus siglas en inglés) en los que se lleva a cabo una investigación ecológica a largo plazo, a menudo con un monitoreo forestal intensivo. Las mallas de muestreo hasta 36 veces más intensas que la malla base (un punto de muestreo cada 67,4 ha) en los EFR (el Bosque Experimental de Luquillo en Puerto Rico y el Estate Thomas en Saint Croix) y los bosques de la mancomunidad (Guánica, Toro Negro, Monte Guilarte y Carite) permiten a los investigadores extrapolar los resultados de estos bosques intensamente estudiados y monitoreados a los bosques circundantes de toda la isla.

Cuando el porcentaje de cobertura de copas de las especies arbóreas cumple los requisitos mínimos del 10% y de uso de las tierras forestales descritos anteriormente en el Cuadro 23.3, se instala una UM de medición del IFN en el punto de muestreo. Al momento de redactar ese documento, el IFN de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos no tomaba muestras de árboles en la categoría "otras tierras", es decir, tierras con menos del 10% de cobertura de copas de especies arbóreas con un uso de tierra no forestal (ver el Cuadro 23.5).

© Servicio Forestal del USDA / Vicéns Jiménez



CUADRO 23.5

Características del diseño de muestreo de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos a partir de 2019

Región/territorio	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo		
		Bosque	Otras tierras boscosas	No bosque
Puerto Rico				
Puerto Rico	865 098	243	243	486
Vieques	13 431	33	19	52
Culebra	3 359	12	5	17
Mona	5 581	26	0	26
Subtotal	887 469	314	267	581
Islas Vírgenes de los Estados Unidos				
St. Croix	21 375	30	31	61
St. John	4 895	16	7	23
St. Thomas	6 980	15	17	32
Subtotal	33 251	61	55	116
Total	920 720	375	322	697

23.5 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

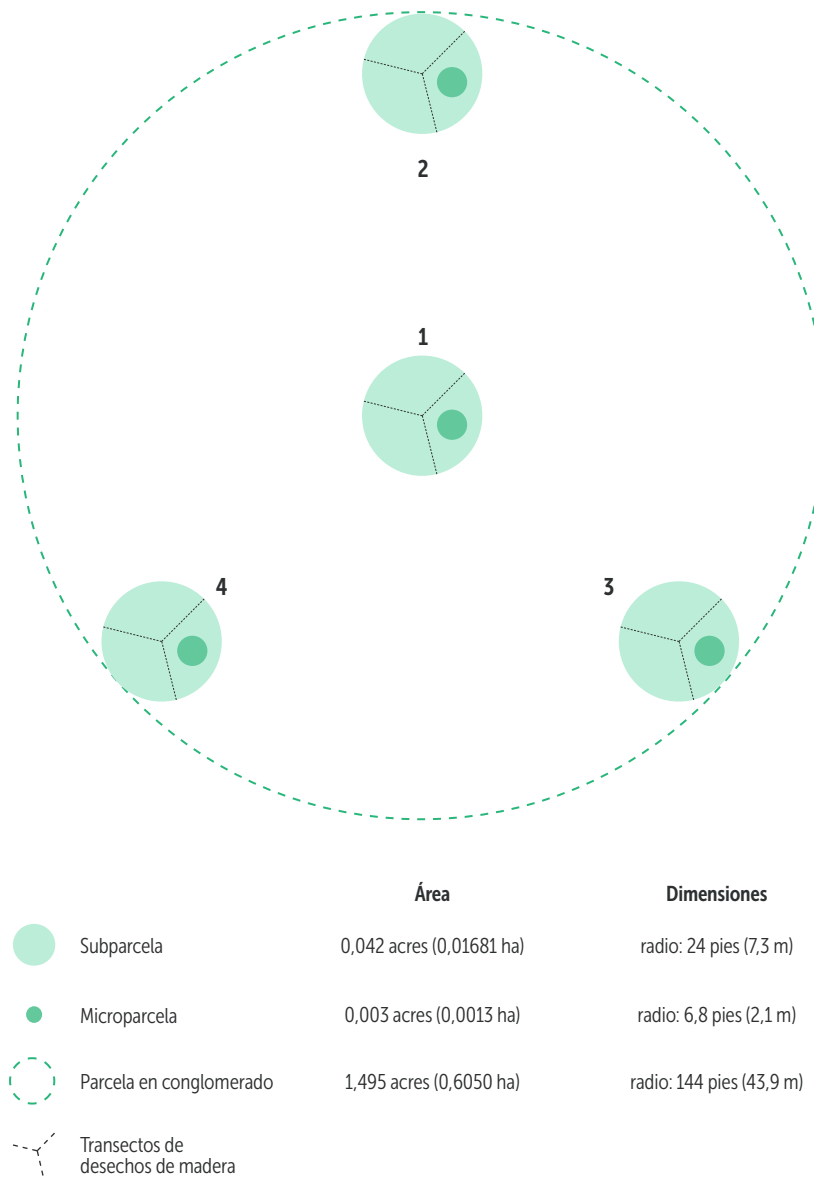
El diseño de las parcelas del FIA, coherente a nivel nacional, consiste en un conglomerado de cuatro subparcelas (Figura 23.3). Cada subparcela circular del grupo tiene un radio de 7,3 m, lo que hace que cada subparcela tenga 0,017 hectáreas (una veinticuatroava parte de un acre), lo que da una superficie total muestreada de 0,067 hectáreas (una sexta parte de un acre) (Bechtold y Scott, 2005). Hay 36,6 metros entre los centros de cada subparcela, por lo que la ocupación total de la UM abarca aproximadamente una superficie de 0,40 hectáreas (1 acre). En todas las UM se realizan descripciones de la zona y de la UM, como la ubicación (coordenadas y descripciones políticas), la pendiente, la elevación, el tipo de bosque, la propiedad, la clase de tamaño del rodal y muchos otros descriptores relevantes para el IFN. Para más detalles sobre los datos recopilados, ver Servicio Forestal del USDA (2020). Se identifican y miden todos los árboles de las subparcelas con un DAP (medido a 1,37 m) mayor o igual a 12,7 cm. Las variables adicionales describen la salud de cada árbol, la presencia de daños y la calidad en

términos de producción de madera. Los equipos de campo identifican y miden todos los árboles jóvenes con un DAP entre 2,5 cm y 12,6 cm dentro de una microparcela de 2,1 m de radio anidada dentro de cada subparcela. También identifican y cuentan todas las plántulas con una altura mayor o igual a 30 cm dentro de la microparcela. La eliminación de los múltiples diseños de UM regionales y de la recolección de datos específicos de cada región simplificó en gran medida la documentación de la guía de campo y la capacitación del personal de campo.

Además de la recopilación de datos de las UM de muestreo estándar del IFN descrita anteriormente, se pueden implementar en la zona de las parcelas del FIA una serie de protocolos adicionales de recopilación de datos que se utilizan para evaluar y controlar la salud de los bosques. Se han desarrollado guías de campo y rutinas de procesamiento para evaluar los suelos del bosque, los materiales leñosos del suelo, el estado y la salud de las copas, la vegetación del sotobosque y la diversidad de líquenes del bosque.

FIGURA 23.3

Configuración de las unidades de muestreo del Inventario Forestal Nacional utilizada en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos



Fuente: Servicio Forestal del USDA (2020).

23.6 CÁLCULO DE LA SUPERFICIE, EL VOLUMEN Y LA BIOMASA

El procesamiento de los datos del IFN recopilados en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos es coherente con el utilizado por el Programa de FIA a nivel nacional. En el sitio web de la Biblioteca del FIA (www.fia.fs.fed.us/library/sampling/index.php), se puede encontrar una amplia y detallada documentación de estos procedimientos y sistemas,

así como en otras numerosas publicaciones. Las características clave incluyen el uso de registradores portátiles de datos (PDR, por sus siglas en inglés) para la recopilación de datos sobre el terreno, la transmisión digital de datos desde las ubicaciones sobre el terreno a los servidores centrales, un sistema nacional de procesamiento y almacenamiento de datos y una base de datos de acceso público con los resultados del IFN.

Los datos se recopilan en el campo con los PDR que utilizan un software personalizado, el Mobile Integrated Data Acquisition System (MIDAS), que cuenta con pantallas y campos que emulan las hojas de registro en papel. Al comienzo de la temporada de campo, los miembros del equipo de campo descargan la lista de UM que se les ha asignado para medir desde los servidores del FIA a sus PDR. En el caso de las parcelas que se han medido previamente, también se descarga la información anterior. A medida que se recopilan los datos en la UM, el programa cuenta con numerosas verificaciones de rango y lógicas para contribuir al aseguramiento de la calidad de los datos.

Una vez recolectados los datos de una UM, se transmiten por internet a los servidores del FIA. Desde allí, los datos se cargan en el Sistema Nacional de Gestión de la Información (NIMS, por sus siglas en inglés) para su procesamiento y almacenamiento en una base de datos relacional de Oracle. Se realizan varios procedimientos de estimación mediante módulos que se ejecutan sobre los datos de campo recopilados para generar valores calculados como los volúmenes de los árboles, la biomasa y el carbono, así como para calcular los factores de expansión que se utilizarán para ampliar los valores de los árboles y las UM en estimaciones de población. Algunos módulos del NIMS necesitaron una considerable ampliación para incorporar los inventarios forestales de estas islas del Caribe, principalmente la lista maestra de especies arbóreas y las referencias a las ecuaciones de volumen, biomasa y carbono que se deben aplicar para cada especie. Fue necesario añadir a esta tabla de referencia de especies todas las especies arbóreas que podrían encontrarse en estas islas del Caribe. Se utilizó la base de datos de Plant List of Accepted Nomenclature, Taxonomy and Symbols (PLANTS) (<https://plants.sc.egov.usda.gov/>) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) como autoridad taxonómica definitiva y fuente de nomenclatura. Antes de añadir las especies arbóreas del Caribe (y de añadir posteriormente las especies arbóreas urbanas y de las islas del Pacífico), había aproximadamente 380 especies arbóreas en la tabla de referencia de especies del NIMS. La incorporación de las islas del Caribe al FIA supuso añadir más de 870 nuevas especies arbóreas a esta tabla.

El Programa de FIA utiliza datos procedentes de una muestra espacialmente equilibrada de UM de inventario para estimar diversos parámetros forestales, incluida la superficie forestal y los atributos de los árboles, como el volumen y el número de árboles. El inventario se diseñó para producir estimaciones aceptablemente precisas de

parámetros clave para áreas geográficas relevantes (subpoblaciones), que se denominan unidades de estimación. Estas incluyen estados, áreas de varios condados, bosques nacionales u otras áreas de interés. La estimación se basa en un paradigma de población finita y en la inferencia basada en el diseño. La posestratificación, que suele utilizar estratos formados a partir de mapas categóricos basados en datos de teledetección, se utiliza para mejorar la precisión de las estimaciones (Scott *et al.*, 2005). Los mapas de estratos se conforman de diversas maneras en las distintas regiones, pero generalmente se basan en mapas de la cobertura de la tierra (proporciones de la cobertura de copas o designación de tierras forestales/no forestales). También pueden incluir otros mapas, como el de propiedad u otras categorías *wall-to-wall*. El proceso de posestratificación implica etiquetar cada UM con su identidad de estrato basada en la ubicación geográfica, calcular las medias y varianzas de los estratos a partir de los valores a nivel de parcela, y utilizar las ponderaciones de los estratos (a partir de las proporciones de área de los estratos dentro de la unidad de estimación) para crear estimaciones ponderadas y combinadas para el atributo y su varianza dentro de la unidad de estimación (Scott *et al.*, 2005). En Puerto Rico, las categorías de cobertura de bosque para la posestratificación se derivan de la base de datos nacional de la cobertura de la tierra (USGS, 2016), un mapa nacional de la cobertura de la tierra hecho a partir de imágenes satelitales. Como este mapa de la cobertura de la tierra no incluye las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, allí se utiliza el muestreo aleatorio simple, en lugar de la posestratificación.

Antes de la estimación, se analizan los datos brutos en busca de errores y se aplican pasos de procesamiento, como el cálculo de variables computadas como el volumen de los árboles y la biomasa, así como ajustes para manejar la falta de respuesta. Un componente del proceso de estimación es la generación de valores a nivel de UM a partir de los elementos de datos constitutivos. Por ejemplo, se generan los totales a nivel de UM para el volumen de árboles por acre o del número de árboles por acre, así como la proporción de las diferentes clases de tipos de tierras. Las proporciones de los tipos de tierras se calculan trazando un mapa de las áreas de las distintas variables de los tipos de tierras (propiedad, cobertura de la tierra, uso de la tierra, tipo de existencias, etc.) en cada UM. Estos totales a nivel de UM se utilizan para generar las medias a nivel de estrato y de unidad de estimación, como se ha descrito anteriormente; estos valores medios se multiplican entonces por las superficies conocidas de las unidades de estimación para obtener los valores de las cantidades totales de cada atributo.

El volumen individual de los árboles, la biomasa y el carbono se estiman utilizando la metodología nacional estándar del FIA y los conjuntos de ecuaciones documentados en Oswalt y Conner (2011) y Woodall *et al.* (2011). Básicamente, los volúmenes de los árboles sin corteza se estiman mediante un modelo de regresión lineal convencional. Se trata del volumen neto de madera en el tronco central de un árbol de muestra con un diámetro de 12,7 cm o más, desde un tocón de 30 cm hasta un diámetro superior mínimo con corteza de 10 cm (DOB, por sus siglas en inglés), o hasta donde el tronco central se divide en ramas que todas tienen menos de 10 cm de DOB. Con pocas excepciones, el volumen de las especies caribeñas se estima utilizando dos ecuaciones

genéricas para maderas de frondosas no comerciales y coníferas desconocidas (especies arbóreas para las que nunca se desarrollaron ecuaciones a nivel de género o especie) que se encuentran en el sureste continental de Estados Unidos de América (Cuadro 23.6). Las ecuaciones adicionales de biomasa específicas de las islas del Caribe se derivaron de la literatura publicada, dando preferencia a las que se desarrollaron a partir de los datos recopilados en Puerto Rico (ver referencias en los Cuadros 23.6 y 23.7). Se carece de ecuaciones alométricas de la biomasa del bosque seco subtropical, por lo que se elaboró un muestreo destructivo y una ecuación que se documentó en Brandeis *et al.* (2006) (Cuadro 23.7).

CUADRO 23.6

Ecuaciones empleadas para predecir el volumen total del tronco en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos

Grupo de especies	Ecuación	Fuente
Maderas de frondosas no comerciales del este	$V = 0,062125 + 0,002494 (D_{bh}^2 H_T)$	Oswalt y Conner (2011)
Diversas coníferas	$V = 0,065755 + 0,002813 (D_{bh}^2 H_T)$	Oswalt y Conner (2011)

Notas: El volumen neto de madera en el tronco central de un árbol de muestra es mayor o igual a 12,7 cm de diámetro, desde un tocón de 30 cm hasta un diámetro superior mínimo de 10 cm con corteza (DOB), o hasta donde el tronco central se divide en ramas que todas tienen menos de 10 cm de DOB. D_{bh} = diámetro en pulgadas a 1,37 metros; H_T = altura total del árbol en pies; V = volumen total del tronco (en pies cúbicos).

CUADRO 23.7

Ecuaciones empleadas para predecir la biomasa por encima y por debajo del suelo en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de Estados Unidos

Zona o especies de vida forestal	Ecuación	Fuente
Bosque muy húmedo y pluvial montano bajo	$BES = 4,7962 + 0,0310 \times D_{bh}^2 H_T$	Weaver y Gillespie (1992)
Bosque muy húmedo y pluvial subtropical	$BES = e^{(0,950 \times \ln D_{bh}^2 H_T - 3,282)}$	Scatena <i>et al.</i> (1993)
Bosque húmedo subtropical	$BES = e^{(-1,71904 + 0,78214 \times \ln D_{bh}^2 + H_T)}$	Brandeis <i>et al.</i> (2006)
Bosque seco subtropical	$BES = e^{(-1,94371 + 0,84134 \times \ln D_{bh}^2 + H_T)}$	Brandeis <i>et al.</i> (2006)
Bucida buceras, todos los grupos de tipo forestal	$BES = e^{(-1,76887 + 0,86389 \times \ln D_{bh}^2 + H_T)}$	Brandeis <i>et al.</i> (2006)
Prestoea montana, todos los grupos de tipo forestal	$BES = 10,0 + 6,4 \times H_T$	Frangi y Lugo (1985), Brown (1997)
Rhizophora mangle, manglar	$BES = \left[125,957 \times (D_{bh}^2 H_T^{0,8557}) \right] / 1000$	Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984)
Laguncularia acemose, manglar	$BES = \left[70,0513 \times (D_{bh}^2 H_T^{0,9084}) \right] / 1000$	Cintrón y Schaeffer-Novelli (1984)
Avicennia germinans, manglar	$BES = 0,14 \times D_{bh}^{2,4}$	Fromard <i>et al.</i> (1998)
Biomasa por debajo del suelo, todos los tipos de bosque	$BDS = e^{(-1,0587 + 0,8836 \times \ln (BES))}$	Cairns <i>et al.</i> (1997)

Notas: La biomasa por encima del suelo se expresa en kilogramos secados con estufa de todas las partes vivas de los árboles por encima del suelo, incluidos el tronco, el tocón, las ramas, la corteza, las semillas y el follaje, según las estimaciones de las ecuaciones de regresión que predicen la biomasa por encima del suelo a partir de las mediciones del diámetro a la altura del pecho y de la altura total de cada árbol.

La biomasa por debajo del suelo también se expresa en kilogramos secados con estufa de todas las partes vivas de los árboles por debajo del suelo, según una ecuación de regresión que modela la relación entre la biomasa por encima del suelo y la biomasa por debajo del suelo (Cairns *et al.*, 1997). BDS: biomasa por debajo del suelo en kilogramos secados con estufa; BES: biomasa por encima del suelo en kilogramos secados con estufa; D_{bh} : diámetro en centímetros a 1,37 metros; H_T : altura total del árbol en metros.

Una vez procesados los nuevos datos, se elaboran conjuntos de tablas de estimación de la población para su revisión por parte de los analistas del FIA y de determinadas partes interesadas. Si no se encuentran problemas, los datos se publican en la FIADB (base de datos del FIA), de acceso público, donde las herramientas en línea permiten a los usuarios consultar los datos y generar tablas y mapas de recursos forestales (los enlaces se encuentran en www.fia.fs.fed.us/tools-data/). La documentación de la base de datos del FIA y los procedimientos de estimación de la población están disponibles en el sitio web de la biblioteca nacional del FIA (www.fia.fs.fed.us/library/database-documentation/index.php#FIADB).

23.7 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL MÁS RECIENTE

Los resultados presentados en esta sección se basan en el sexto y más reciente inventario forestal (2016-2019) en Puerto Rico, y el tercer inventario forestal (2014) en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos.

Después de una fase caracterizada por una alta tasa de aumento de la cobertura de bosque en Puerto Rico, mostrada por los inventarios forestales ejecutados desde 1980 hasta 2004 (de 31,3% a 52,8% de la superficie total), el archipiélago ha pasado a una fase de estabilización de la cobertura de bosque desde 2004 (Marcano Vega, 2019). Sin embargo, los cambios estructurales del bosque durante el período de 2004 a 2019 muestran que los rodales en Puerto Rico aumentaron en volumen neto, biomasa por encima del suelo de los árboles vivos y carbono de los árboles vivos. Esta tendencia indica una progresión hacia etapas de desarrollo maduro dentro de los rodales secundarios que caracterizan típicamente a los bosques puertorriqueños. No obstante, entre los dos últimos inventarios en Puerto Rico, el volumen del rodal y la biomasa y el carbono de los árboles vivos se mantuvieron relativamente estables. Esto es significativo teniendo en cuenta el paso de los huracanes Irma y María por Puerto Rico durante septiembre de 2017. El monitoreo continuo determinará si la estructura del bosque eventualmente cambiará, considerando que algunos fustes que fueron afectados estructuralmente por las tormentas mostraron densidades de follaje más bajas que los valores previos al huracán que se consideran como normales para soportar su biomasa maderera.

El total de tierras forestadas estimadas para Puerto Rico fue de 467 320 ha en 2019, lo que

representa una cobertura forestal del 52,7% del archipiélago. Esta cobertura forestal está asociada a un volumen neto (árboles de al menos 12,5 cm de DAP) de 38,28 millones de metros cúbicos de madera y una biomasa de 37 546 460 toneladas secadas con estufa de biomasa por encima del suelo (árboles vivos de al menos 2,5 cm de DAP). Los valores de carbono por encima y por debajo del suelo de árboles vivos (árboles de al menos 2,5 cm de DAP) muestran 22 482 140 toneladas almacenadas en los bosques de Puerto Rico (Cuadro 23.8).

En las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, la superficie forestal total se ha mantenido relativamente estable desde el primer inventario forestal, pero los rodales aumentaron en volumen neto, biomasa por encima del suelo de los árboles vivos y carbono de los árboles vivos durante el período de 2004 a 2014. Aunque esto sugiere, al igual que en el caso de Puerto Rico, una tendencia hacia etapas maduras de desarrollo dentro de los rodales, el cuarto inventario forestal en curso de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos permitirá interpretar si el paso de los huracanes Irma y María tuvo un efecto significativo en el estado actual de los bosques en esa isla.

El total de tierras forestadas estimado para las Islas Vírgenes de los Estados Unidos era de 19 010 hectáreas en 2014, lo que representa una cobertura forestal del 57,2% de la superficie total. Los valores del volumen neto de fustes vivos muestran un total de 0,59 millones de metros cúbicos de madera y los valores de la biomasa muestran 919 500 toneladas secadas con estufa de biomasa por encima del suelo. Los valores de carbono de los árboles vivos por encima y por debajo del suelo muestran 554 850 toneladas almacenadas en los bosques de las Islas Vírgenes de Estados Unidos (Cuadro 23.9).

23.8 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

El Programa de FIA cuenta con procedimientos de garantía de calidad y control de calidad a través de todo el programa y, particularmente, a lo largo del flujo de datos desde el campo hasta la base de datos, cuyos detalles se pueden encontrar en la nota informativa sobre la garantía de calidad (Pollard, s.f.). Todos estos procedimientos nacionales del FIA se aplican a los datos recopilados en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Los procedimientos formales de gestión orientan el desarrollo del programa, la estandarización nacional y los cambios propuestos.

CUADRO 23.8

Resultados del Inventario Forestal Nacional de Puerto Rico (2019)

Variable	Resultado (porcentaje de error de muestreo)	Descripción
Superficie	467,32 ± 16,40	Tierras forestales, miles de hectáreas
Volumen	38,28 ± 2,80	Millones de metros cúbicos, en árboles de al menos 12,5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)
Biomasa	37 546,46 ± 2 402,97	Biomasa por encima del suelo de los árboles vivos, en miles de toneladas secadas con estufa, en árboles de al menos 2,5 cm de DAP
Carbono	22 482,14 ± 1 434,36	Carbono de los árboles vivos por encima y por debajo del suelo, en miles de toneladas, en árboles de al menos 2,5 cm de DAP

Notas: con intervalos de confianza al 68%.**CUADRO 23.9**

Resultados del Inventario Forestal Nacional de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos (2014)

Variable	Resultado (porcentaje de error de muestreo)	Descripción
Superficie	19,01 ± 1,65	Tierras forestales, miles de hectáreas
Volumen	0,59 ± 0,11	Millones de metros cúbicos, en árboles de al menos 12,5 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)
Biomasa	919,50 ± 111,90	Biomasa por encima del suelo de los árboles vivos, en miles de toneladas secadas con estufa, en árboles de al menos 2,5 cm de DAP
Carbono	554,85 ± 67,19	Carbono de los árboles vivos por encima y por debajo del suelo, en miles de toneladas, en árboles de al menos 2,5 cm de DAP

Notas: con intervalos de confianza al 68%.

El programa pone a disposición del público la documentación de las guías de campo, la estructura de la base de datos, los procedimientos de estimación, etc. para garantizar la transparencia. Los miembros del equipo de campo deben recibir capacitación y pasar las pruebas de certificación antes de que se les permita recopilar datos para el Programa de FIA.

Actualmente, el Programa de FIA a nivel nacional tiene una distribución por género de 72% de hombres y 28% de mujeres. En la región sur, donde recae la responsabilidad del inventario de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de Estados Unidos, la distribución es de un 83% de hombres y un 17% de mujeres. El equipo de campo de tres personas que trabaja en las islas está integrado por dos hombres y una mujer, además de un analista masculino.

En terreno, existe un sólido sistema de verificación de errores, lógica y alcance del PDR diseñado para minimizar el registro de datos erróneos mientras los miembros del equipo de producción siguen en la parcela. Después de recopilar los datos de campo,

el objetivo del FIA es que los experimentados inspectores de campo que desempeñan la función de supervisores visiten hasta el 8% de las parcelas. Las mediciones de los datos continuos, como el DAP, la altura de los árboles, el azimut y la distancia a los árboles, se evalúan en función del porcentaje de consecución de los objetivos de calidad de las mediciones presentados en la guía de campo del FIA. Se evalúa la importancia estadística de las diferencias (sesgo) entre los supervisores y los equipos de producción. Algunas visitas de verificación de campo son realizadas por los supervisores con los equipos de producción presentes con el objetivo de proporcionar una retroalimentación inmediata y una capacitación complementaria; estas se denominan "verificaciones en caliente". Las "verificaciones en frío" son visitas de los supervisores sin la presencia del equipo de producción, pero con los datos que han recopilado. Este proceso controla la calidad de los datos recopilados por el equipo de producción y la información obtenida se utiliza para proponer mejoras en su trabajo. Cuando los supervisores revisan una parcela terminada sin los

datos del equipo de producción, lo que se denomina “controles a ciegas”, se obtiene una estimación de la medición de la incertidumbre e información sobre la replicabilidad de las propias variables que se pueden utilizar para mejorar continuamente el programa.

Antes de que los datos recopilados sobre el terreno se puedan transmitir a la base de datos del FIA, se someten a otra serie de controles automatizados y manuales. Los datos cuestionables se marcan para un examen más exhaustivo. Los cambios en los datos solo se realizan cuando la causa del error es obvia (números transpuestos, por ejemplo) y se puede solucionar fácilmente. Sin embargo, por política, rara vez se modifican o descartan los datos. Una vez que todos los datos han pasado las verificaciones, se procesan y se elaboran las estimaciones de población. Se generan conjuntos de tablas de revisión para que las examinen los analistas de recursos y los socios clave familiarizados con estos bosques antes de su validación final y su publicación para el acceso público.

23.9 OTRAS VARIABLES RELEVANTES RECOLECTADAS

Se han diseñado protocolos complementarios de recolección de datos para abordar características estructurales forestales especiales y la necesidad de información detallada sobre la regeneración de los bosques, así como para permitir un monitoreo más minucioso de los indicadores de salud forestal. Aunque estos protocolos complementarios no se aplican en todas las parcelas en todo momento, pueden aplicarse cuando las circunstancias lo requieran y se disponga de recursos. Cada complemento de recolección de datos cuenta con una guía de campo completamente desarrollada, un programa de PDR, tablas de bases de datos y algoritmos de procesamiento y procedimientos de estimación de la población ya establecidos y listos para su implementación.

En los bosques en los que predominan los árboles de gran diámetro y muy espaciados, a fin de garantizar una muestra adecuada de los mismos es necesario ampliar el área total muestreada dentro de cada UM. El radio de la subparcela se amplía a 17,9 m para incluir más árboles con diámetros superiores a 60 cm. En el extremo opuesto del espectro de tamaños, otro conjunto de protocolos de recolección de datos ampliados incluye información más detallada sobre

las plántulas de árboles que se encuentran dentro de las microparcels de regeneración anidadas dentro de cada una de las cuatro subparcelas.

Los protocolos complementarios de recolección de datos sobre la salud de los bosques incluyen aquellos relativos a los materiales leñosos, la evaluación del estado de las copas de los árboles, el estudio de los líquenes, el muestreo del suelo y del piso del bosque, el estudio completo de las plantas vasculares y una evaluación más simplificada de la vegetación del sotobosque centrada principalmente en las características estructurales y en las especies vegetales predominantes presentes. En Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, los datos de materiales leñosos se recolectan regularmente en un subconjunto de las UM forestales y también se han recolectado en UM afectadas recientemente por huracanes como parte de estudios especiales. El muestreo del suelo se realizó en este mismo subconjunto en 2001, pero estos datos ya no se recolectan. Se han realizado estudios completos de plantas vasculares en dos áreas de estudio especiales, el Parque Nacional de las Islas Vírgenes en Saint John, Islas Vírgenes de los Estados Unidos, junto con un estudio de aves migratorias neotropicales (Oswalt, Brandeis y Dimick 2006) y la Reserva Natural Isla de Mona, Puerto Rico (Brandeis, Meléndez-Ackerman y Helmer, 2012).

El Programa de FIA también cuenta con protocolos para la realización de inventarios de árboles urbanos aplicados actualmente a las ciudades del territorio continental de los Estados Unidos de América. Las primeras versiones de esta recopilación de datos y la nueva medición de UM dentro del estuario de la bahía de San Juan (que abarca la mayor parte del área metropolitana de San Juan, Puerto Rico) se describen en Brandeis *et al.* (2014). Se está planificando una tercera medición de los árboles urbanos de San Juan con un diseño de muestreo nuevo y ampliado. El próximo inventario forestal de las Islas Vírgenes de los Estados Unidos se realizará utilizando una combinación de los métodos del IFN previamente implementados, más los métodos de inventario forestal urbano en aquellos puntos de muestreo que no cumplen con la cobertura mínima de copas (10%) o los requisitos de uso de la tierra para una parcela de inventario forestal. Esto proporcionará el primer inventario de árboles en todas las tierras para esas islas.

23.10 PERSPECTIVAS A FUTURO

Las perspectivas de los IFN en Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos son prometedoras porque están proporcionando información única y valiosa con cada nueva medición. La disponibilidad de los datos de manera pública, su compatibilidad con los datos del FIA recopilados en todas partes de los Estados Unidos de América y sus territorios, la metodología transparente, la documentación amplia y detallada, y la disponibilidad de asistencia técnica e interpretación de los datos han contribuido a un número creciente y diverso de usuarios de los datos del FIA. Aun así, se pueden introducir mejoras para aumentar aún más el valor de los IFN, sobre todo en relación con los impactos y la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales del Caribe al cambio climático.

Las tasas de crecimiento de la mayoría de las especies subtropicales del Caribe medidas por estos IFN nunca se habían cuantificado antes (Brandeis *et al.*, 2006). Ahora, el Programa de FIA necesita mejorar las ecuaciones de volumen, biomasa y carbono de las especies arbóreas subtropicales para no depender tanto de ecuaciones genéricas para sus estimaciones de almacenamiento y secuestro de carbono. El FIA también necesita aumentar tanto la frecuencia como la intensidad de muestreo de su monitoreo de los reservorios de carbono del sotobosque y del piso del bosque y cómo responden frente a perturbaciones como huracanes e incendios forestales. La capacidad de monitorear la dinámica de la vegetación forestal también se debe fortalecer con una mayor implementación de medición de plantas vasculares no arbóreas. En el futuro será vital ampliar la inclusión de árboles en superficies no forestales, como las tierras urbanas y agrícolas. Gran parte de estas islas están densamente pobladas y los usos de la tierra son espacialmente complejos y fragmentados. El hecho de no incluir los árboles en estas superficies no forestales subestima en gran medida los servicios ecosistémicos que proporcionan a las poblaciones de las islas.

El Programa de FIA también debe emplear en mayor medida las imágenes de teledetección y las fuentes de datos auxiliares para complementar y fortalecer las actuales evaluaciones de los IFN. Las imágenes satelitales de alta resolución pueden ofrecer una cobertura más detallada *wall-to-wall* mediante la extrapolación de la red de parcelas del FIA sobre el terreno. Estas imágenes también pueden ayudar a proporcionar mejores estimaciones en zonas más pequeñas con un número inadecuado de parcelas del FIA, o en zonas cuyas formas son difíciles de muestrear bien con el sistema de muestreo basado en cuadrículas del FIA, como los manglares, las zonas ribereñas y las cimas de las montañas.

REFERENCIAS

- Bechtold, W.A. y Scott, C.T.** 2005. The forest inventory and analysis plot design. En W.A. Bechtold y P.L. Patterson, coords. *The Enhanced Forest Inventory and Analysis Program – National Sampling Design and Estimation Procedures*, pp. 27–42. General Technical Report SRS-80. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SRS-GTR-80>).
- Birdsey, R.A. y Weaver, P.L.** 1982. *The forest resources of Puerto Rico*. Resource Bulletin SO-85. New Orleans (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación Experimental del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SO-RB-85>).
- Birdsey, R.A. y Weaver, P.L.** 1987. *Forest area trends in Puerto Rico*. Research Note SO-331. New Orleans (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación Experimental del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SO-RN-331>).
- Brandeis, T.J.** 2003. Puerto Rico's forest inventory: adapting the forest inventory and analysis program to a Caribbean island. *Journal of Forestry*, 101(1): 8-13. (disponible en: <https://academic.oup.com/jof/article/101/1/8/4613034>).
- Brandeis, T.J.** 2011. Implementing a national forest inventory system on subtropical Caribbean islands. Presentation abstract in the Proceedings of the 2011 Society of American Foresters National Convention. *Journal of Forestry*, 109(8): 485-490. (disponible en: <https://academic.oup.com/jof/article/109/8/485/4598987>).
- Brandeis, T.J., Delaney, M., Parresol, B.R. y Royer, L.** 2006. Development of equations for predicting Puerto Rican subtropical dry forest biomass and volume. *Forest Ecology and Management*, 233(1): 133-142. (disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.06.012>).
- Brandeis, T.J., Escobedo, F.J., Staudhammer, C.L., Nowak, D.J. y Zipperer, W.C.** 2014. *San Juan Bay Estuary watershed urban forest inventory*. Informe Técnico General SRS-190. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SRS-GTR-190>).
- Brandeis, T.J., Helmer, E.H. y Oswalt, S.N.** 2007. *El estado de los bosques de Puerto Rico, 2003*. Resource Bulletin SRS-119. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/30560).
- Brandeis, T.J., Meléndez-Ackerman, E. y Helmer, E.H.** 2012. *Forest vegetation cover assessment on Mona Island, Puerto Rico*. Informe Técnico General SRS-165. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/41575).
- Brandeis, T.J. y Oswalt, S.N.** 2007. *The status of U.S. Virgin Islands' forests, 2004*. Resource Bulletin SRS-122. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/29228).
- Brandeis, T.J. y Turner, J.A.** 2013. *Los bosques de Puerto Rico, 2009*. Resource Bulletin SRS-191. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/47948).
- Brown, S.** 1997. *Estimating biomass and biomass change in tropical forests: A primer*. Documento Forestal de la FAO 134. Roma, FAO. (disponible en: www.fao.org/3/w4095e/w4095e00.htm).
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H. y Baumgardner, G.A.** 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*, 111: 1-11. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s004420050201>).
- Cintrón, G. y Schaeffer-Novelli, Y.** 1984. Características y desarrollo estructural de los manglares de Norte y Sur América. *Ciencia Interamericana*, 25: 4-15.
- Ewel, J.J. y Whitmore, J.L.** 1973. *The ecological life zones of Puerto Rico and the U.S. Virgin Islands*. Documento de Investigación ITF-018. Río Piedras (Puerto Rico), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Instituto Internacional de Dasonomía Tropical. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/5551).
- Franco, P.A., Weaver, P.L. y Eggen-McIntosh, S.** 1997. *Forest resources of Puerto Rico, 1990*. Resource Bulletin SRS-22. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SRS-RB-22>).
- Frangi, J.L. y Lugo, A.E.** 1985. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs*, 55(3): 351-369. (disponible en: <https://doi.org/10.2307/1942582>).

- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L. y Cadamuro, L.** 1998. Structure, above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia*, 115: 39-53. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s004420050489>).
- LaBau, V.J., Bones, J.T., Kingsley, N.P., Lund, H.G. y Smith, W.B.** 2007. *A history of forest survey in the United States: 1830-2004*. FS-877. Washington DC, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.fia.fs.fed.us/library/historical-documentation/docs/1830-2004%20History%20of%20Forest%20Survey.pdf).
- Marcano Vega, H.** 2019. *Los bosques de Puerto Rico, 2014*. Resource Bulletin SRS-224. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/58591).
- Marcano Vega, H.** 2020. *U.S. Virgin Islands' forests, 2014*. Resource Bulletin SRS-227. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: <https://srs.fs.usda.gov/pubs/59781>).
- Oswalt, C.M. y Conner, R.C.** 2011. *Southern forest inventory and analysis volume equations user's guide*. Informe Técnico General SRS-138. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/38319).
- Oswalt, S.N., Brandeis, T.J. y Dimick, B.P.** 2006. Phytosociology of vascular plants on an international biosphere reserve: Virgin Islands National Park, St. John, US Virgin Islands. *Caribbean Journal of Science*, 42(1): 53-66. (disponible en: www.srs.fs.usda.gov/pubs/30026).
- Pollard, J.** s.f. *Forest Inventory and Analysis Quality Assurance: FIA Fact Sheet Series*. Washington DC, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.fia.fs.fed.us/library/fact-sheets/data-collections/QA.pdf).
- Reams, G.A., Smith, W.D., Hansen, M.H., Bechtold, W.A., Roesch, F.A. y Moisen, G.G.** 2005. The forest inventory and analysis sampling frame. En W.A. Bechtold y P.L. Patterson, coords. *The Enhanced Forest Inventory and Analysis Program - National Sampling Design and Estimation Procedures*, pp. 11-26. Informe Técnico General SRS-80. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SRS-GTR-80>).
- Scatena, F.N., Silver, W.L., Siccama, T., Johnson, A. y Sanchez, M.J.** 1993. Biomass and nutrient content of the Bisley Experimental Watershed, Luquillo experimental Forest, Puerto Rico, before and after Hurricane Hugo, 1989. *Biotropica*, 25(1): 15-27. (disponible en: <https://doi.org/10.2307/2388975>).
- Scott, C.T., Bechtold, W.A., Reams, G.A., Smith, W.D., Westfall, J.A. Hansen, M.H. y Moisen, G.G.** 2005. Sample-based estimators used by the forest inventory and analysis national information management system. En W.A. Bechtold y P.L. Patterson, coords. *The Enhanced Forest Inventory and Analysis Program - National Sampling Design and Estimation Procedures*, pp. 43-67. Informe Técnico General SRS-80. Asheville (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Sur. (disponible en: <https://doi.org/10.2737/SRS-GTR-80>).
- Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (Servicio Forestal del USDA).** 2020. *Forest Inventory and Analysis National Core Field Guide. Vol. 1: Field data collection procedures for Phase 2 plots, Version 9.0*. Washington DC, Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (disponible en: www.fia.fs.fed.us/library/field-guides-methods-proc/docs/2019/core_ver9-0_10_2019_final_rev_2_10_2020.pdf).
- Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS).** 2016. National Land Cover Database. Actualizado en 2016. (disponible en: www.usgs.gov/centers/eros/science/national-land-cover-database?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects). Acceso: 29 de julio de 2021.
- Weaver, P.L. y Gillespie, A.J.** 1992. Tree biomass equations for the forests of the Luquillo Mountains, Puerto Rico. *Commonwealth Forestry Review*, 71(1): 35-39. (disponible en: www.sidalc.net/repdoc/A11326i/A11326i.pdf).
- White, D., Kimerling, J.A. y Overton, S.W.** 1992. Cartographic and geometric components of a global sampling design for environmental monitoring. *Cartography and Geographic Information Systems*, 19(1): 5-22. (disponible en: <https://doi.org/10.1559/152304092783786636>).
- Woodall, C.W., Heath, L.S., Domke, G.M. y Nichols, M.C.** 2011. *Methods and equations for estimating aboveground volume, biomass, and carbon for trees in the U.S. forest inventory, 2010*. Informe Técnico General NRS-88. Newtown Square (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación del Norte. (disponible en: www.nrs.fs.fed.us/pubs/39555).
- Woudenberg, S.W., Conkling, B.L., O'Connell, B.M., LaPoint, E.B., Turner, J.A. y Waddell, K.L.** 2010. *The Forest Inventory and Analysis database: database description and user's manual version 4.0 for Phase 2*. Informe Técnico General RMRS-GTR-245. Fort Collins (Estados Unidos), Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Estación de Investigación de las Montañas Rocosas. (disponible en: www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/37446).

Capítulo



REPÚBLICA DOMINICANA

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

Ramón A. Díaz Beard, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ave. Cayetano Germosen esq. Ave. Gregorio Luperón, Sector Pedregal, Santo Domingo, República Dominicana

24.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LOS INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES

En 1972, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) realizó el primer Inventario Forestal Nacional (IFN) de la República Dominicana, donde se determinó que la cobertura boscosa total del país era de 22,9%. Este inventario procuraba conocer la ubicación, extensión y estructura de los bosques. Incluía su delimitación, clasificación, composición de especies, dimensiones, calidad de la madera, enfermedades, tendencias y necesidades para su ordenación y manejo, principalmente con un enfoque productivo (FAO, 1973).

La República Dominicana emprendió en el año 2015 la planificación y ejecución del segundo IFN, liderado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) con el respaldo técnico de la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) y en coordinación con la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), a través del Programa Regional de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (Programa Regional REDD/CCAD-GIZ). Durante este proceso, que finalizó en mayo de 2016, se logró concluir con la etapa de premuestreo (Fase I) la cual permitió evaluar la logística y acceso, los arreglos institucionales y el tiempo requerido para el establecimiento de las parcelas, así como recabar la información de campo para refinar el cálculo del tamaño definitivo de la muestra. La segunda etapa del IFN2 se desarrolló en 2018 y 2019, en el marco del Proyecto de preparación de readiness de la República Dominicana, con el apoyo del Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF, por sus siglas en inglés) y el Banco Mundial (Cuadro 24.1).

24.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES

En el Cuadro 24.2 se presentan las principales definiciones utilizadas para implementar el segundo IFN, y las variables correspondientes.

La construcción del nivel de referencia para la Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+) utiliza la siguiente definición operativa de bosque:

Ecosistema natural o plantado con diversidad biológica y enriquecimiento de especies leñosas, que produce bienes, provee servicios ambientales y sociales, cuya superficie mínima de tierra se extiende por más de 0.81 ha [...] con una cobertura de copa arbórea que supera el 30% de dicha superficie y árboles o arbustos con potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros en su madurez in situ y 3 metros para bosque seco. Se incluyen en esta definición los sistemas agroforestales que cumplan con estos criterios (MARN, 2019a, p. 11).

El desarrollo del segundo IFN tuvo por objetivo principal determinar las existencias, características y el estado de los recursos forestales del país como base para orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración.

Para el levantamiento de campo del segundo IFN en la Fase I, se utilizó como base cartográfica el mapa de cobertura forestal y usos de la tierra (MARN, 2014). Luego, para la ejecución de la Fase II, se utilizó el mapa de cobertura forestal elaborado con imágenes RapidEye con una resolución de

5 metros (m), el cual se desarrolló en 2014 (MARN, 2015). Finalmente, durante la fase de procesamiento del segundo IFN, se utilizó el último estudio de cobertura forestal de la República Dominicana, efectuado con imágenes Planet de 5 metros (MARN, en prensa). Como resultado de este último estudio de cobertura forestal, se obtuvieron las superficies indicadas en el Cuadro 24.3. Los tipos de bosques de mayor participación son el bosque latifoliado húmedo (39,8%), el bosque seco (22,6%) y el bosque latifoliado semihúmedo con un 15,2% (véase el Cuadro 24.3 y la Figura 24.1).

CUADRO 24.1

Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales en la República Dominicana

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN 1	1969-1972	Nacional	Bloques cuadrados de igual tamaño, con 2 a 4 transectos distribuidos al azar. Los transectos de 3 600 m ² en pino (12 círculos de 300 m ² , dispuestos en secuencia a 30 m de distancia) y 6 000 m ² en latifoliados (30 círculos de 200 m ² en secuencia a 20 m de distancia)	360
IFN 2	2015-2018	Nacional	Estratificado y sistemático (7 estratos y 0,1 ha de tamaño)	404

CUADRO 24.2

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Nacional Forestal

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Es un ecosistema natural o intervenido, con una superficie mínima de 0,5 hectáreas, con cobertura arbórea que supera el 40% de dicha superficie y árboles y arbustos con potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros en su estado de madurez.	Superficie mínima: 0,5 ha Cobertura de copa: 40% Altura de árbol \geq 5 m Ancho mínimo: sin definir
Otras tierras boscosas	Tierra no definida como bosque que se extiende por más de 0,5 ha, con una cobertura de copa mayor del 40%, con especies arbustivas y arbóreas que crecen en áreas en proceso de regeneración natural, con una altura inferior a 5 m o capaces de alcanzar estos límites mínimos <i>in situ</i> . En ciertos casos las condiciones ecológicas y el sustrato geológico y el suelo limitan su desarrollo. No incluye la tierra sometida a un uso predominantemente agrícola o urbano.	Superficie mínima: 0,5 ha Cobertura de copa: 40% Altura de árbol \geq 5 m Ancho mínimo: sin definir
Otras tierras	Árboles vivos, de árboles a partir de 2 cm de DAP; incluye corteza.	Diámetro mínimo (DAP a 1,30 m): \geq 2 cm Inclusión/exclusión del tocón: incluye tocón Diámetro mínimo de fin fuste: Altura total: de la base a la punta de copa
Biomasa (kg)	Biomasa por encima del suelo: biomasa seca (kg) de árboles vivos a partir de 2 cm de DAP. Biomasa por debajo del suelo: no medida. Necromasa: biomasa seca de material muerto de hojarasca y madera muerta caída cilíndrica y semicilíndrica de troncos y ramas con diámetro mínimo de 10 cm y longitud mínima de 1,5 cm. No incluye árboles muertos en pie ni tocones.	Biomasa por encima del suelo: diámetro mínimo (DAP a 1,30 m): 2 cm Biomasa por debajo del suelo: no incluido Necromasa: – tocones: no incluido – diámetro mínimo de madera muerta caída: 2 cm – hojarasca diámetro mínimo tamizado: no descrito

Fuente: MARN (2014); MARN y GIZ (2014); MARN (2021).

CUADRO 24.3

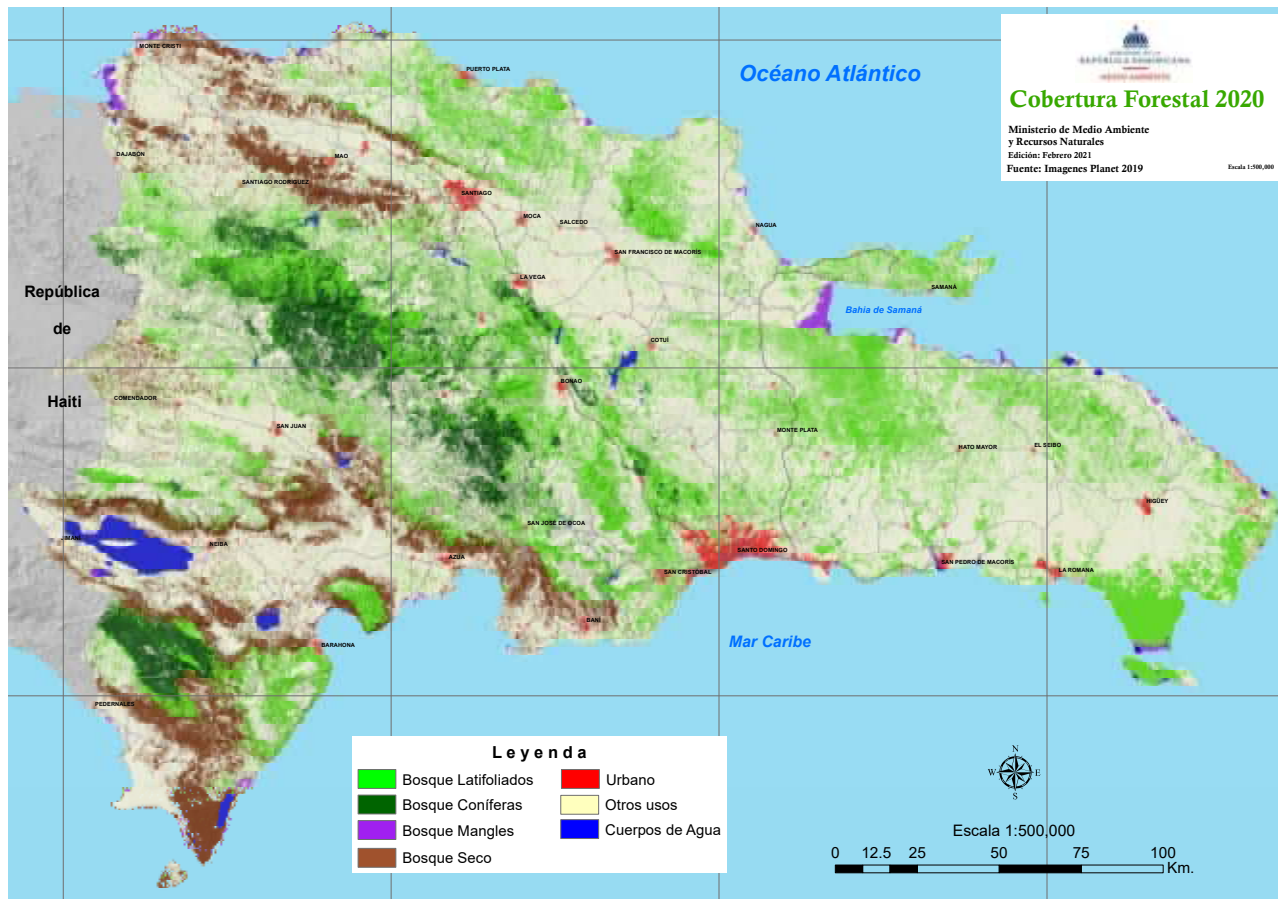
Superficie con cobertura forestal en la República Dominicana al 2020

Tipo de cobertura	Superficie (1 000 ha)	Porcentaje (%)	
Bosque conífero denso	167,8	9,2%	13,8%
Bosque conífero disperso	83,3	4,6%	
Bosque de mangle	27,0	1,5%	1,5%
Bosque latifoliado húmedo	721,9	39,8%	62,1%
Bosque latifoliado nublado	129,5	7,1%	
Bosque latifoliado semihúmedo	275,6	15,2%	
Bosque seco	409,6	22,6%	22,6%
Total de bosques	1 814,5		100%
% del país			37,7%

Fuente: MARN (en prensa).

FIGURA 24.1

Mapa de cobertura forestal en República Dominicana 2019 con imágenes Planet



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MARN (en prensa).

CUADRO 24.4

Características del diseño de muestreo de los inventarios forestales nacionales en la República Dominicana

Ciclo del IFN	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total número de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
IFN 1	2 321	360	0	0	360
IFN 2	4 819	404	17	3	424

Fuente: Elaboración propia con base en FAO (1973) y MARN (2021).

24.3 DISEÑO DE MUESTREO

El primer inventario forestal nacional fue realizado por la FAO siguiendo el proceso siguiente: se preparó una base general de trabajo a partir de fotos aéreas a escala 1:20 000 tomadas en 1966-67 y un mapa topográfico nacional a escala 1:50 000 preparado por la Universidad Autónoma de Santo Domingo en 1958-1960. Asimismo, se utilizaron mapas de zonas de vida, geológico, de clases de uso de suelos, geomorfológicos, de isoyetas y topográficos. Con estos recursos, se realizó una preclasificación del uso de los suelos de las fotos en zonas forestales, agrícolas y con otros usos. Los bosques se reportaron en cinco categorías: pino adulto, mixto adulto, pinares en regeneración, latifoliado y latifoliado seco. Como se muestra en el Cuadro 28.4, el diseño incluyó 360 unidades de muestreo, en las cuales se definió el “bloque” como la unidad básica de cobertura homogénea con extensiones entre 100 hectáreas (ha) y 250 ha. El muestreo del bloque se hizo en transectos de 50 m y se escogió al azar en el que harían parcelas de 300 m² para coníferas y de 200 m² para latifoliadas, cada 30 m y 20 m, respectivamente. Se denominaron “unidades” a las áreas con formaciones boscosas homogéneas y “compartimiento” al conjunto de unidades contiguas de un mismo tipo de bosque.

En cuanto al diseño de muestreo del IFN2, se definió una preestratificación que permitió definir los tipos de bosques existentes (conífero denso, conífero disperso; latifoliado húmedo, latifoliado nublado, latifoliado semihúmedo; bosque seco; manglar). Cada tipo de bosque correspondió a un estrato y se aplicó un muestreo sistemático en cada uno de ellos, con una intensidad de muestreo variable, de manera que el error de muestreo fuese inferior al 15%. La unidad de muestreo utilizada correspondió a un sistema de parcelas fijas de diferentes dimensiones según el componente a medir, conjugándose siete parcelas anidadas en un mismo sitio.

Para hacer el levantamiento de campo más eficiente en lo relativo a aspectos logísticos y tiempos de desplazamiento, se dividió al país en seis regiones operativas (RO): Noroeste (RO I), Nordeste (RO II), Suroeste (RO III), Sur Central (RO IV), Este (RO V) y Yaque del Norte (RO VI) (ver la Figura 24.3).

Entre enero de 2015 y mayo de 2016, se realizó la primera fase (premuestrero) del segundo IFN. En cada región operativa definida, se establecieron 22 unidades de muestreo, a excepción de la RO VI (piloto cuenca alta del río Yaque del Norte) con 19 unidades, totalizando 129 unidades de muestreo que incluyeron siete tipos de bosques (Cuadro 24.5).

El premuestrero permitió evaluar la logística y acceso, los arreglos institucionales y el tiempo requerido para el establecimiento de las parcelas, así como recabar la información de campo para refinar el cálculo del tamaño de la muestra de la Fase II del segundo IFN. Determinó también el número de parcelas requerido para lograr el error de muestreo preestablecido (máximo de 15% para cada estrato), tomando como referencia la variable principal de interés (existencias de dióxido de carbono [CO₂]), con un nivel de confianza estadística de 90% (Cuadro 24.6).

El detalle de las parcelas evaluadas por cada RO del segundo IFN se presenta en el Cuadro 24.7.

CUADRO 24.5

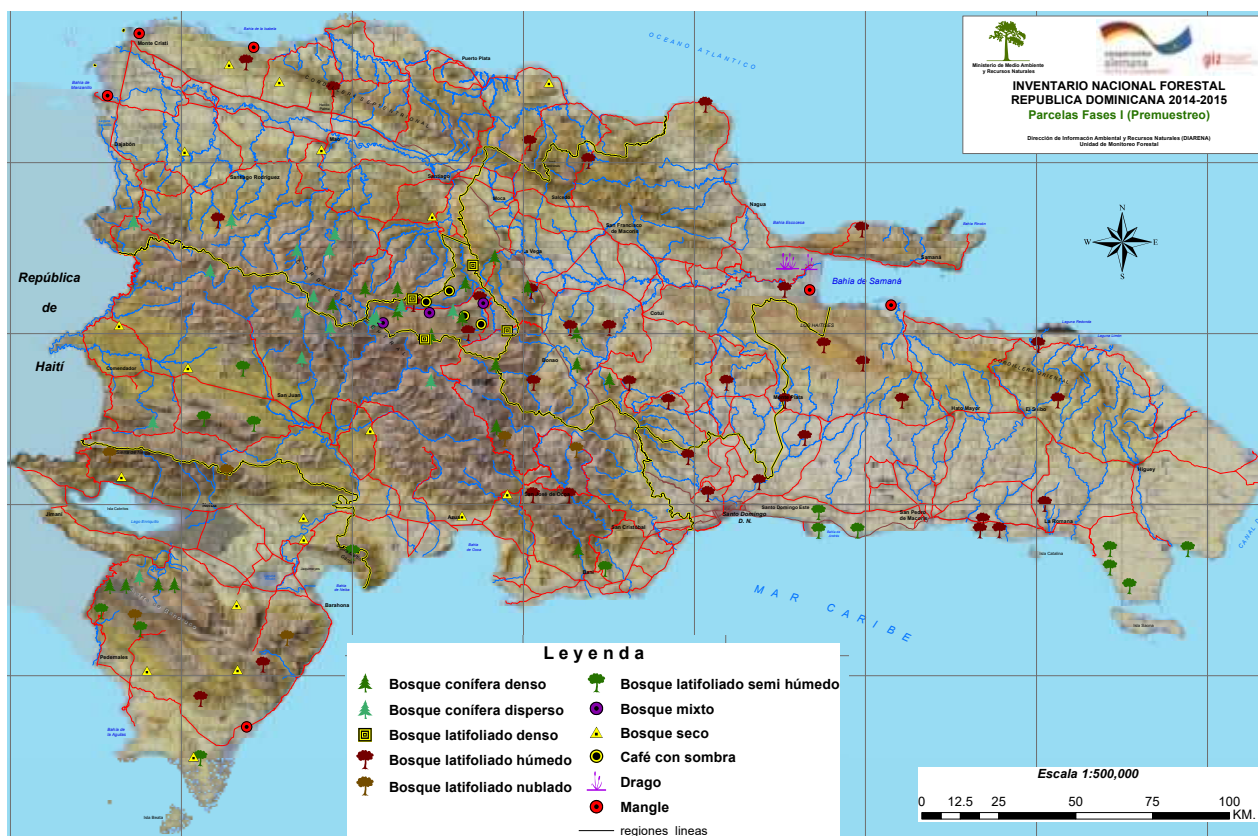
Unidades de muestreo por región operativa de la Fase I del Inventario Nacional Forestal

Tipo de bosque	Región operativa						Total
	I	II	III	IV	V	VI	
Bosque conífero denso	4	1	2	2	0	2	11
Bosque conífero disperso	5	2	1	3	0	7	18
Bosque de mangle	3	5	1	0	1	0	10
Bosque latifoliado húmedo	3	13	2	3	15	10	46
Bosque latifoliado nublado	0	1	2	2	0	0	5
Bosque latifoliado semihúmedo	2	0	4	1	6	0	13
Bosque seco	5	0	10	11	0	0	26
Total	22	22	22	22	22	19	129

Fuente: MARN y GIZ (2016).

FIGURA 24.2

Distribución de las unidades de muestreo primarias en la Fase I del Inventario Nacional Forestal



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MARN y GIZ (2016).

CUADRO 24.6

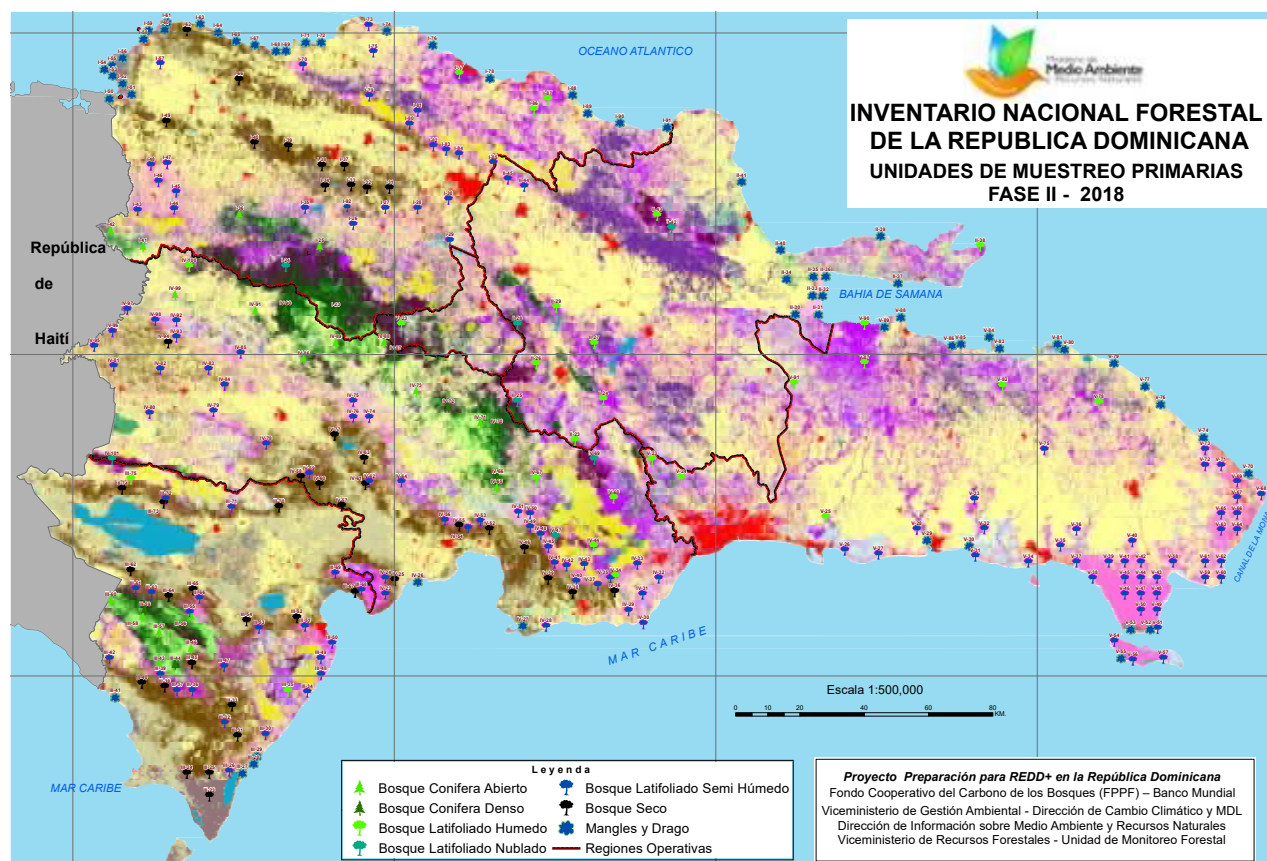
Unidades de muestreo planificadas para las Fases I y II del Inventario Nacional Forestal

Tipo de bosque	Error de muestreo (%)	Unidades de muestreo Fase I	Unidades de muestreo propuestas 90%	Unidades de muestreo a medir Fase II (90%)
Bosque conífero denso	15	11	19	8
Bosque conífero disperso	15	18	41	23
Bosque de mangle	15	10	70	60
Bosque latifoliado húmedo	15	46	76	30
Bosque latifoliado nublado	15	5	11	6
Bosque latifoliado semihúmedo	15	13	136	123
Bosque seco	15	26	71	45
Total		129	424	295

Fuente: MARN (2019b).

FIGURA 24.3

Ubicación de unidades de muestreo de la Fase II del Inventario Nacional Forestal



Las fronteras mostradas y los nombres y las designaciones empleados en este mapa no implican, por parte de la FAO, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. Las líneas discontinuas en los mapas representan fronteras aproximadas respecto de las cuales puede que no haya todavía pleno acuerdo

Fuente: MARN (2021).

CUADRO 24.7

Unidades de muestreo realizadas en la Fase II del Inventario Nacional Forestal por región operativa

Tipo de bosque	Región operativa						Total unidades de muestreo
	I	II	III	IV	V	VI	
Bosque conífero denso	5	1	4	7	0	2	19
Bosque conífero disperso	12	2	6	13	0	7	40
Bosque de mangle	28	15	4	2	21	0	70
Bosque latifoliado húmedo	10	19	3	10	23	11	76
Bosque latifoliado nublado	1	4	2	4	0	0	11
Bosque latifoliado semihúmedo	24	2	16	36	39	0	117
Bosque seco	17	0	25	29	0	0	71
Matorral latifoliado húmedo	0	7	0	5	5	0	17
No bosque	0	0	1	2	0	0	3
Total	97	50	61	108	88	20	424

Fuente: MARN (2019b).

CUADRO 24.8

Tamaño de muestra final del Inventario Nacional Forestal

Estrato	Fase I	Fase II	Total
Bosque conífero denso	11	8	19
Bosque conífero disperso	18	22	40
Bosque de mangle	10	60	70
Bosque latifoliado húmedo	46	30	76
Bosque latifoliado nublado	5	6	11
Bosque latifoliado semihúmedo	13	104	117
Bosque seco	26	45	71
Total	129	275	404

Fuente: MARN (2021).

Desarrollada la Fase II, se tiene que en esta etapa se materializaron 275 parcelas correspondientes a la cobertura de bosque. Consolidada la información de las Fases I y II del segundo IFN, se tiene el número de unidades de muestreo por tipo de bosque indicadas en el Cuadro 24.8, para un total de 404 parcelas.

El desarrollo del segundo IFN se realizó en dos fases de trabajo de campo y se alcanzó una muestra total de 404 parcelas en áreas de bosque, con las que se

efectuó el proceso de estimación para las variables consideradas de interés, como se muestra en el Cuadro 24.8. La disminución del número de parcelas en áreas de bosques se debió a que se logró el error de muestreo esperado en el estrato de bosque latifoliado semihúmedo con un número menor de lo previsto; en su lugar, se realizaron 17 parcelas en otras áreas boscosas y 3 parcelas en superficies sin bosques, completando así las 424 planificadas.



24.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

El tipo de unidad de muestreo utilizado en el segundo IFN corresponde a un sistema de parcelas anidadas de forma y dimensiones variables según el componente a medir. En el desarrollo del segundo IFN, para obtener la información de terreno se utilizó un sistema de parcelas fijas de diferentes dimensiones, dependiendo de las características arbóreas o vegetales específicas a medir. La división de las estructuras vegetacionales se relacionan principalmente con tamaños (alturas y diámetros) y comprenden siete categorías:

- especies arbóreas con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm;
- especies arbóreas con DAP mayor o igual a 2 cm y menor de 10 cm;
- regeneración de especies (árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes) con una altura mayor o igual a 1,5 m y DAP menor de 2 cm;
- especies herbáceas;
- profundidad y peso de la hojarasca en el piso forestal;
- maderas muertas en el piso forestal;
- carbono orgánico en el suelo.

En el Cuadro 24.9 y la Figura 24.4, se plantea la correspondencia entre el tamaño de la parcela y subparcelas y el componente de carbono a evaluar en el bosque, así como la forma de incluir algunas variables de interés asociadas a la dinámica del bosque.

Como se indica en el Cuadro 24.9 y la Figura 24.4, la unidad de muestreo principal (UMP) es una parcela individual de forma rectangular, de 20 m de ancho y 50 m de largo. Se debe medir el DAP de todos los árboles vivos y muertos en pie con un DAP igual o mayor de 10 cm que se encuentren dentro de la UMP. Además, se debe establecer la ubicación en un eje coordenado de cada árbol y evaluar la calidad del fuste y el estado sanitario de todos los árboles presentes. Se toma una submuestra de 10 árboles para medición de altura y copa.

Para evaluar la hojarasca, se instalan cuatro subparcelas cuadradas, de 0,5 m por 0,5 m, distribuidas sistemáticamente en cada uno de los vértices de la UMP. La regeneración se evalúa estableciendo tres subparcelas circulares de 1 m de radio, las que se localizan en forma sistemática al interior de la UMP.

Para evaluar la biomasa entre 2 centímetros (cm) y 10 cm de DAP, se establecen tres subparcelas rectangulares de 5 m por 10 m, ubicadas sistemáticamente en el vértice suroeste, en el centro (lado este) y en el vértice noroeste de la UMP y dispuestas de tal manera que los 10 m se miden perpendiculares al eje de esta. Se mide la madera muerta caída en tres transeptos lineales de 10 m de longitud, realizados en forma sistemática

en los extremos y en el centro de la parcela, sobre el eje longitudinal de la parcela. La diversidad de arbustos, lianas, bambú, helechos se levanta en una subparcela que corresponde a una faja de 25 m² (2,5 m por 10 m) dispuesta en el centro de la parcela principal y orientada en perpendicular al eje longitudinal de la misma.

24.5 CÁLCULO DE VOLUMEN, BIOMASA Y CARBONO

A continuación, se detalla el esquema de procesamiento y cálculo de las variables del segundo IFN para cada una de estas categorías o el componente arbóreo con DAP mayor o igual a 2 cm.

Ajuste de alturas (altura total): para obtener las alturas restantes, se realizó el ajuste de funciones de altura para cada uno de los tipos de bosques en análisis. En cada caso se probaron los siguientes seis modelos:

$$HT = a + b \times DAP$$

$$\frac{1}{HT} = a + \frac{b}{DAP}$$

$$Ln(HT) = a + b \times Ln(DAP) - 0,5$$

$$(HT - 1,3) - 0,4 = a + \frac{b}{DAP}$$

$$Ln(HT) = a + b \times Ln(DAP)$$

$$HT = a + b \times Ln(DAP)$$

Donde:

a, b: constantes

DAP: diámetro a la altura del pecho

HT: altura total

Ln: Logaritmo en base natural

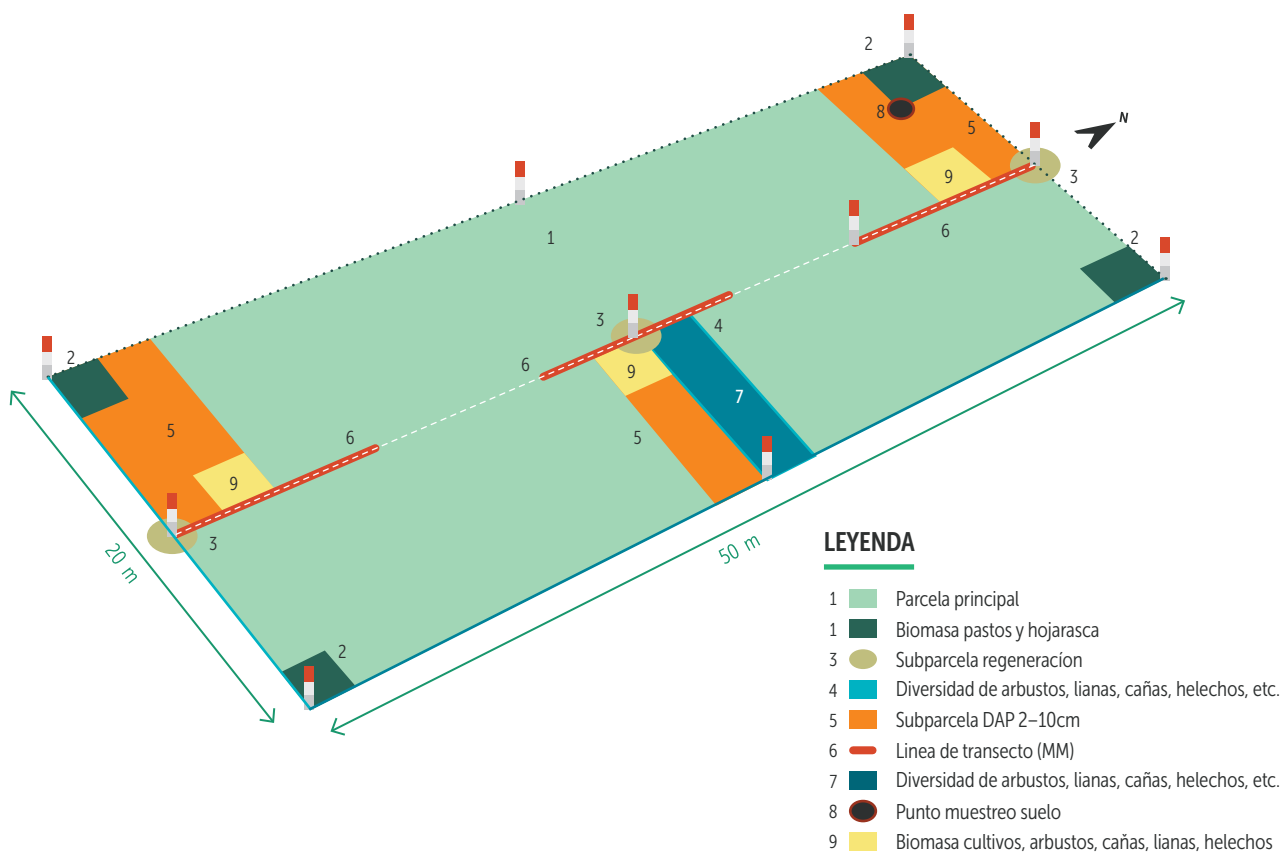
CUADRO 24.9

Componente vegetal a evaluar asociado al tipo de parcela a realizar en el Inventario Nacional Forestal

N.º	Componente	Tipo de parcela
1	Biomasa por encima del suelo de los árboles mayores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP)	Parcela principal: rectangular de 20 m × 50 m (1 000 m ²)
2	Regeneración (árboles menores de 2 cm de DAP)	Subparcela regeneración: circular de 1 m de radio (3,1416 m ²)
3	Biomasa de árboles mayores o iguales a 2 cm de DAP, pero menores de 10 cm de DAP	Subparcela: rectangular de 5 m × 10 m (50 m ²)
4	Biomasa de maderas muertas	Línea de transecto: línea de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído
5	Biomasa de pastos y hojarasca	Subparcela: 0,5 m × 0,5 m (0,25 m ²)
6	Biomasa del suelo	Punto de muestreo de suelo
7	Diversidad de herbáceas	Subparcela de herbáceas: cuadrada de 1 m ²
8	Diversidad de plantas arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras	Parcela de plantas arbustivas: rectangular de 2,5 m × 10 m (25 m ²)

FIGURA 24.4

Diseño de parcela utilizada para recabar los datos del Inventario Nacional Forestal



Fuente: MARN y GIZ (2014).



© Tomas Morilla

En el Cuadro 24.10, se presentan las ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen, biomasa y carbono.

CUADRO 24.10

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen, biomasa y carbono

Variable	Ecuación	Referencia
	$V = AB \times HT \times 0,5$	Factor de forma de 0,5
Volumen total (m³)	Donde: V: volumen total (m³) AB: área basal HT: altura total	
	Latifoliadas DAP ≥ 5 cm	Chave <i>et al.</i> (2014)
	$B = 0,0673 \times (GE \times DAP^2 \times HT)^{0,976}$	La gravedad específica (GE) fue obtenida de la literatura cuya fuente principal es Chave <i>et al.</i> (2006). Se busca, en primer lugar, el valor de la especie específica (género/especie); de no encontrarse, se asciende a valores de género y, finalmente, a valores de familia si no se encuentran los anteriores.
	Latifoliadas DAP ≥ 2,0 cm y 4,99 cm	Arreaga (2002)
	$B = EXP(-0,37673 + 2,30119 \times LnDAP + 0,30297 \times LnHT)$	
Biomasa (kg)	Especie Rhizophora mangle DAP ≥ 5,0 cm	Yepes <i>et al.</i> (2015)
	$B = EXP(-1,91 + 2,59 \times LnDAP)$	
	Especies coníferas DAP ≥ 2,0 cm	Márquez (2000)
	$B = EXP(-1,17 + 2,119 \times LnDAP)$	
	Hojarasca	
	$\%PS = \frac{PS}{PF}$	
	$B = \%PS \times PV$	
	Donde: B: biomasa DAP: diámetro a la altura del pecho GE: gravedad específica HT: altura total PF: peso fresco PS: peso seco PV: peso verde	
Carbono (t)	Hojarasca: $C = B \times FC_{(lab)}$	
	Aéreo: $C_A = B \times 0,5$	IPCC (2006)
	Raíces: $C_{raíces} = C_A \times 0,2$	IPCC (2006)
	$CO_2 \text{ fijado} = C \times (\frac{44}{12})$	
	Donde: B: biomasa C: carbono CA: Carbono por encima del suelo C _{raíces} : Carbono raíces FC _(lab) : Fracción de carbono obtenida en laboratorio	

24.6 RESULTADOS PRINCIPALES

Considerando los árboles con DAP mayor o igual a 10 cm, al analizar el conjunto de todos los estratos definidos, se estima para los bosques de la República Dominicana un número de árboles por hectárea promedio de 396; un DAP promedio de 18,2 cm ($\pm 4,5\%$); una altura total promedio de 10,0 m ($\pm 2,9\%$); un área basal promedio de 13,4 m²/ha ($\pm 14,3\%$); y un volumen promedio de 91,6 m³/ha ($\pm 17,6\%$) (ver el Cuadro 24.11).

En el Cuadro 24.12, se muestra el contenido de carbono por componente y tipo de bosque para los tipos de bosques del segundo inventario forestal nacional de la República Dominicana. Se observa que el carbono del suelo representa el 78,6% de las existencias de carbono, en tanto que el promedio general, incluyendo el suelo, alcanza 980,4 toneladas por hectárea (t/ha). Los árboles con DAP mayor de 10 cm tienen un promedio de 124,5 t/ha (12,7%).

El total de existencias de dióxido de carbono (CO₂) estimado por el segundo IFN para los bosques de la República Dominicana alcanza a 1 833,3 millones de toneladas, estimación que tiene asociado un error de muestreo de 4,3%. En términos de la incertidumbre asociada a las estimaciones por tipo de bosque, el máximo error de muestreo corresponde a un 17,9% en el bosque latifoliado húmedo, en tanto que el mínimo error de muestreo corresponde a un 5,6%, para el estrato bosque latifoliado semihúmedo.

Es el bosque latifoliado húmedo el tipo de bosque con mayores existencias de CO₂ total fijado, con 0,65 millones de toneladas (35,6% del total), seguido por el bosque seco con 0,45 millones de toneladas (24,7% del total) (ver el Cuadro 24.13).

En términos de cada uno de los sumideros de CO₂ evaluados en el segundo IFN, si no se considera el aporte de CO₂ del suelo, las mayores existencias de CO₂ están dadas por los árboles iguales o mayores a 10 cm de DAP, que representan un 58,4% del CO₂ total, seguido de los componentes raíces (19,4%) y maderas muertas (7%). Cuando se incorpora en el análisis como sumidero el suelo (a 30 cm de profundidad), este componente por sí solo representa el 78,6% del CO₂ total, seguido de los árboles mayores o iguales a 10 cm de DAP (12,5%).

De acuerdo a todos los índices de biodiversidad calculados con la información del segundo IFN, considerando los árboles mayores o iguales a 2 cm de DAP, los estratos bosque latifoliado semihúmedo y bosque latifoliado húmedo presentan la mayor diversidad de especies, con presencia de 235 y 230 especies distintas, respectivamente. El siguiente estrato con mayor diversidad es el bosque seco, el cual presenta 177 especies distintas.

Respecto a la regeneración de los bosques de la República Dominicana, el promedio de la densidad es de 28 227 plantas/ha, con un error de muestreo de 18,5%. En los estratos de mangle, bosque latifoliado húmedo y bosque seco, se

CUADRO 24.11

Resultados dasométricos para todos los tipos de bosques

Tipo de bosque	Superficie (1 000 ha)	Número (árboles/ha)	Diámetro a la altura del pecho (cm)	Altura total (m)	Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)
Bosque conífera denso	167,8	513	20,6	12,8	18,2	142,9
Bosque conífera disperso	83,3	322	21,0	13,2	12,6	100,3
Rodales de mangle	37,0	454	16,6	10,0	13,3	97,1
Bosque latifoliado húmedo	721,9	414	19,8	10,8	16,7	119,0
Bosque latifoliado nublado	129,5	479	19,5	10,9	19,8	154,5
Bosque latifoliado semihúmedo	275,6	357	16,5	8,6	9,5	48,5
Bosque seco	409,6	328	14,7	7,5	6,6	29,1
Promedio general		396	18,2	10,0	13,4	91,6

Fuente: Elaboración propia con base en MARN (2021).

encontró la mayor cantidad de regeneración, con 52 233 plantas/ha, 35 098 plantas/ha y 32 623 plantas/ha, respectivamente. Contrariamente, son el bosque conífero denso y el bosque conífero disperso los que presentan la menor regeneración, con tan solo 3 797 plantas/ha y 5 942 plantas/ha, respectivamente. Los estratos bosque latifoliado semihúmedo y bosque latifoliado húmedo son los que presentan la mayor diversidad de especies regenerándose (135 y 121 especies distintas, respectivamente), en tanto que en los estratos bosque de mangle y bosque conífero denso, la biodiversidad de la regeneración es baja (11 y 19 especies distintas, respectivamente). Al considerar todos los estratos en su conjunto, se estima que se encuentran en situación de regeneración 238 especies distintas de árboles en los bosques de la República Dominicana.

Dados los distintos niveles de información con los que se cuenta, la diversidad de variables evaluadas y la incorporación de los distintos componentes estructurales del bosque en la caracterización de los ecosistemas forestales realizada, es posible concluir que el desarrollo del segundo IFN ha permitido cuantificar y caracterizar las existencias de los recursos forestales en el país, siendo esta información un insumo fundamental para establecer la línea base para la implementación de la Medición, Reporte y Verificación (MRV) en el marco de la Estrategia REDD+ Nacional. Así también, la información recabada y las múltiples combinaciones posibles de análisis que puede realizarse con ella, son pieza clave para la toma de decisiones para el manejo sustentable de los bosques de la República Dominicana.

CUADRO 24.12

Existencias de dióxido de carbono en los estratos del Inventario Nacional Forestal

Estrato	Dióxido de carbono (t/ha)							
	Árboles ≥ 10 cm	Árboles 2 cm - 10 cm	Raíces	Hojarasca	Madera muerta	Total sin suelo	Suelo	Total con suelo
Bosque conífero denso	190,1	22,8	57,5	9,6	9,6	289,4	461,2	750,7
Bosque conífero disperso	130,8	16,3	39,7	5,2	12,2	204,3	595,0	799,3
Bosque de mangle	155,2	35,4	51,5	0,9	10,1	253,1	1 119,1	1 372,2
Bosque latifoliado húmedo	155,8	20,3	47,6	3,0	12,8	239,5	665,9	905,4
Bosque latifoliado nublado	210,3	25,4	63,6	1,4	66,9	367,6	637,0	1 004,6
Bosque latifoliado semihúmedo	72,2	34,4	28,8	2,9	7,6	145,9	987,5	1 133,4
Bosque seco	47,5	44,1	24,7	2,1	10,2	128,6	978,3	1 106,9
Promedio general	124,5	28,5	41,3	3,3	14,9	212,6	767,8	980,4
	12,7%	2,9%	4,2%	0,3%	1,5%	21,4%	78,6%	100%

Fuente: Elaboración propia con base en MARN (2020).

CUADRO 24.13

Existencias totales de dióxido de carbono por estrato arbóreo y componente

Estrato	Dióxido de carbono, en millones de toneladas						
	Árboles ≥ 10 cm	Árboles 2 cm - 10 cm	Raíces	Hojarasca	Madera muerta	Suelo	Total
Bosque conífero denso	31,8	3,8	9,6	1,6	1,6	77,3	125,7
Bosque conífero disperso	10,9	1,4	3,3	0,4	1,0	49,6	66,6
Bosque de mangle	4,2	1,0	1,4	0,02	0,3	30,2	37,0
Bosque latifoliado húmedo	112,5	14,7	34,3	2,2	9,2	480,7	653,5
Bosque latifoliado nublado	27,2	3,3	8,2	0,2	8,7	82,5	130,1
Bosque latifoliado semihúmedo	23,4	11,1	9,3	0,9	2,5	319,6	366,8
Bosque seco	19,5	18,1	10,1	0,9	4,2	400,7	453,4
Total general	229,5	53,3	76,3	6,2	27,4	1 440,6	1 833,3
	12,5%	2,9%	4,2%	0,3%	1,5%	78,6%	100%

24.7 SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

La exactitud de un inventario forestal está dada por el error total, que es la diferencia entre la estimativa de una muestra y el valor verdadero de la población, el cual incluye errores de muestreo (o errores aleatorios) y sesgos (o errores sistemáticos) que pueden tener origen en el procedimiento de muestreo o en errores de medición (Prodan *et al.*, 1997; Ríos *et al.*, 2000). La Autoridad Nacional Del Ambiente (ANAM) y la Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT) (2002) señalan que el control de calidad del inventario es un proceso continuo que se inicia con la ejecución del mismo.

La implementación del segundo IFN se realizó mediante la contratación de empresas consultoras. En la Fase I, se contrataron expertos nacionales para el levantamiento de datos de campo. En la Fase II, se contrató el consorcio Sud-Austral Consulting-Centro Regional de Estudios y Servicios (CRESER) siguiendo los protocolos para licitaciones internacionales del Banco Mundial. Respecto a la supervisión y control de calidad del segundo IFN, las medidas tomadas por el consorcio Sud Austral-CRESER consistieron en:

- instalación y puesta en operación de una oficina de la empresa consultora en el territorio nacional, que fungiera como enlace permanente entre el consorcio y el MARN;
- conformación de cuadrillas sobre la base de personal previamente capacitado en la materialización de las unidades de muestreo;
- desarrollo de actividades de capacitación antes de iniciar el trabajo de campo;
- durante el trabajo de campo realizar periódica y sistemáticamente actividades de supervisión a las cuadrillas;
- revisión de la información levantada en campo, verificando la fidelidad;
- segunda revisión de los formularios en formato digital, previo a la digitación en la base de datos;
- coordinación permanente con el personal del MARN responsable de dar seguimiento a las actividades.

De manera más general, el control de calidad de un inventario forestal nacional se realiza mediante el levantamiento de un número determinado de parcelas (denominadas parcelas de control), con

objeto de detectar y analizar las desviaciones que se pueden producir en la toma de datos. La evaluación de la calidad de los datos de campo del segundo IFN se realizó por parte de la Unidad de Monitoreo Forestal (UMF) del MARN, la cual seleccionó, localizó y remidió al menos un 10% de las unidades de muestreo establecidas por cada una de las cuadrillas de campo, procurando una distribución equitativa en los diferentes estratos y las diferentes cuadrillas del segundo IFN.

La UMF generó para estos efectos el Protocolo para el control de calidad del segundo IFN, el cual fue dado a conocer a los ejecutores del segundo IFN previo al inicio de los trabajos de campo. El equipo de supervisión del Inventario Nacional Forestal revisó periódicamente los trabajos realizados por las cuadrillas de campo, dando acompañamiento y seguimiento, verificando la apropiación del conocimiento proporcionado durante la capacitación, y asegurando que los procedimientos y definiciones estaban comprendidos y aplicados en el terreno.

La implementación de brigadas de control de calidad aporta al éxito de los inventarios de dos maneras:

- primero, en la capacitación del personal de las brigadas de campo;
- segundo, porque los datos recolectados por la brigada de control de calidad serán utilizados para conocer la frecuencia y magnitud de los errores y sesgos cometidos por las brigadas de campo, los cuales deben ser transmitidos de inmediato para adoptar las medidas correctivas pertinentes.

Respecto a la calificación del trabajo de campo, se estableció medir de nuevo todas las parcelas bajo la responsabilidad de las cuadrillas de campo cuando existan diferencias que sobrepasan los rangos exigidos en más de un 10% de las parcelas controladas a dicha cuadrilla; también cuando existan mediciones con problemas de criterio o sesgadas.

24.8 ENFOQUE DE GÉNERO

Evaluando la participación de los hombres y mujeres en todas las fases del segundo IFN, que incluye capacitación, cuadrillas para el levantamiento de campo, guías comunitarios, asistencia técnica, supervisión técnica y edición del informe final, se cuantificó la participación de 485 personas, de las cuales el 18% fueron mujeres y el 82% fueron hombres. La participación femenina fue destacada en la conformación de las cuadrillas de campo, con un 25% de mujeres y en la edición del informe final con un 66%. En tanto que la participación de hombres fue muy alta en los guías comunitarios y el acompañamiento de funcionarios que ejercen como guardaparques y guardabosques, con más del 90% de hombres.

24.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

Con la finalidad de medir la dinámica o los cambios de atributos del bosque, se pretenden establecer parcelas permanentes para el monitoreo forestal, para todos los tipos de bosques del país. Para el caso de evaluar las áreas de cambio mediante teledetección (datos de actividad) se ha planificado realizar evaluaciones cada dos años, utilizando imágenes Landsat para el mapeo de los usos de la tierra. Para evaluar la dinámica de la deforestación y degradación del bosque, se utilizará el método de interpretación visual de puntos de muestreo, siguiendo las buenas prácticas y procedimientos de Olofsson *et al.* (2014).

© Unsplash / Valeriy Labushkin



REFERENCIAS

- Arreaga, W.** 2002. *Almacenamiento del carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la Reserva de Biosfera Maya, Petén, Guatemala* (tesis). Turrialba (Costa Rica), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (disponible en: <http://hdl.handle.net/11554/4600>).
- Autoridad Nacional Del Ambiente (ANAM) y Organización Internacional de Maderas Tropicales (OIMT).** 2002. *Guía técnica de capacitación en inventarios forestales*. Panamá.
- Chave, J.** 2006. *Medición de densidad de madera en árboles tropicales: Manual de campo*. Proyecto Pan-Amazônia, Red Amazónica de Inventarios Forestales. (disponible en: [www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish\[1\].pdf](http://www.rainfor.org/upload/ManualsSpanish/wood_density_spanish[1].pdf)).
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., et al.** 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20 (10): 3177-3190. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>).
- FAO.** 1973. *Inventario y fomento de los recursos forestales – Inventario forestal*. FO:SF/DOM 8, Informe técnico No. 3. Roma.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).** 2006. Capítulo 2: Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra. En H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara y K. Tanabe, coords. *Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra*. Hayama (Japón), Instituto para las Estrategias Ambientales Globales. (disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/).
- Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).** 2014. *Estudio de uso y cobertura del suelo 2012*. Santo Domingo. (disponible en: <http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/12/uso-cobertura-suelo-2012.pdf>).
- MARN.** 2015. Estudio de uso y cobertura de la tierra en la República Dominicana con imágenes RapidEye (no publicado). Santo Domingo.
- MARN.** 2019a. *Marco de Gestión Ambiental y Social (MGAS) REDD+, República Dominicana*. Santo Domingo, Banco Mundial/ Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. (disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/ar/794781574659612712/pdf/Marco-de-Gestion-Ambiental-y-Social.pdf>).
- MARN.** 2019b. *Emission Reductions Program Document (ER-PD) of Dominican Republic*. Santo Domingo, Banco Mundial/ Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques. (disponible en: www.forestcarbonpartnership.org/system/files/documents/DR%20ERPD%20Advanced%20Draft%2006%20Mar%202019_ESP.pdf).
- MARN.** 2021. *Inventario Nacional Forestal de la República Dominicana*. Santo Domingo.
- MARN.** En prensa. *Estudio de cobertura forestal de la República Dominicana utilizando imágenes Planet*. Santo Domingo.
- MARN y Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ).** 2014. *Manual de Campo del Inventario Nacional Forestal de la República Dominicana*. Programa REDD/CCAD-GIZ. Santo Domingo.
- MARN y GIZ.** 2016. *Memoria de cálculo y principales resultados del inventario nacional forestal de la República Dominicana. Primera aproximación con base en los resultados de la Fase I. Reporte Preliminar*. Programa REDD/CCAD-GIZ. Santo Domingo.
- Márquez, L., coord.** 2000. *Elementos técnicos para inventarios de carbono en uso del suelo*. Ciudad de Guatemala, Fundación Solar. (disponible en: www.academia.edu/608349/Elementos_t%C3%A9cnicos_para_inventarios_de_carbono_en_uso_de_suelo).
- Olofsson, P., Foody, G.M., Herold, M., Stehman, S.V., Woodcock, C.E., y Wulder, M.A.** 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148: 42-57. (disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>).

Prodan, M., Peters, R., Cox F. y Real P. 1997. *Mensura forestal*. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit. (disponible en: <http://repiica.iica.int/docs/B4179e/B4179e.pdf>).

Ríos, N., Acosta, V., De Benítez, C. y Pece M. 2000. Comparación entre métodos de muestreo. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 9 (1): 45-57.

Yepes, A., Zapata, M., Bolívar, J., Monsalve, A., Espinosa, S., Sierra-Correa, P. y Sierra, A. 2015. Ecuaciones alométricas de biomasa aérea para la estimación de los contenidos de carbono en manglares del Caribe Colombiano. *Revista de Biología Tropical*, 64 (2): 913-926. (disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v64i2.18141>).

Capítulo



SURINAME

HACIA UN INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE SURINAME

Sarah Crabbe, Departamento de Investigación y Desarrollo, Fundación para el Manejo Forestal y el Control de la Producción (SBB), Ds. Martin Luther Kingweg no. 283, Paramaribo, Suriname

Iciar Alberdi, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria - Centro de Investigación Forestal, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Ctra. a Coruña km 7.5, 28040 Madrid, España

25.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA

Las evaluaciones forestales nacionales en Suriname se llevaron a cabo por primera vez en la década de 1970 en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para obtener un mejor conocimiento de los volúmenes de madera comercial. Más recientemente, uno de los pasos para recopilar datos nacionales sobre las existencias de carbono forestal, como parte de la preparación del país para ser incluido en el mecanismo REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), fue un Proyecto de Evaluación y Monitoreo del Carbono Forestal realizado entre 2010 y 2012 (Crabbe *et al.*, 2012). La información de campo se obtuvo en 12 localidades para tres tipos principales de bosque: bosque seco en tierras altas, bosque de marisma y bosque bajo xerófilo. En cada lugar se estableció un transecto, constituido por tres parcelas permanentes de 0,5 hectáreas (ha) de 50 metros (m) por 100 m, separadas entre sí por un kilómetro (km). En estas parcelas se registraron los datos de la biomasa por encima del suelo (BES) y de la madera muerta en pie. A una distancia de 10 m de cada esquina de estas parcelas, se dispusieron mallas de 3 m por 3 m en las que se recogieron y pesaron las ramas del sotobosque y de la madera muerta gruesa y fina. Además, se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 1 m para evaluar las existencias de carbono orgánico del suelo (COS).

En 2014, en colaboración con la Agencia Austriaca de Gestión de Recursos Naturales y Cooperación Internacional (ANRICA), se estableció un diseño de monitoreo nacional basado en un enfoque de muestreo de tres etapas. El trabajo de campo se llevó a cabo en 31 localidades siguiendo una malla de 20 km por 20 km, estableciendo conglomerados transversales de 8 ha por 0,2 ha. Debido a problemas técnicos, este inventario no llegó a finalizarse; sin embargo, los datos registrados, junto con las bases de datos de investigación adicionales, sirvieron de base para las actuales estimaciones de carbono (SBB *et al.*, 2017).

Luego, en 2016, se organizó un taller en Suriname con el objetivo de obtener una visión general de los inventarios forestales nacionales (IFN) de otros países de la región. El método de hábitat utilizado en Guayana Francesa se señaló como un posible enfoque para Suriname, especialmente porque ya se había definido una estratificación regional inicial para dicho país.

Finalmente, en 2019 se diseñó un IFN utilizando como punto de partida la base de una malla de 20 km por 20 km, combinada con mapas con el objetivo de obtener un resultado fiable no solo a nivel nacional, sino también para un tipo de bosque específico significativo: los manglares. En los manglares, el diseño se densificó a 2 km por 2 km. Como resultado, se establecieron 11 conglomerados de unidades de muestreo de 4 ha por 0,2 ha (Cuadro 25.1 y Figura 25.1). Se trataba de un inventario multipropósito, que incluía, entre otras cosas, la recolección de material vegetal (herbario), cámaras trampa, muestreo de suelos y observación de aves (SBB *et al.*, 2019). En 2022, se establecerán seis conglomerados adicionales con el mismo diseño.



© FAO

CUADRO 25.1

Descripción histórica de los inventarios implementados hacia un Inventario Forestal Nacional

Ciclo del inventario	Período de ejecución	Nivel	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo
IFN Piloto	2014	Nacional	Malla de 20 km × 20 km	31
Inventario nacional de manglares	2018-2019	Nacional (manglares)	Malla de 20 km × 20 km combinada con mapas de tipos de manglares basados en imágenes satelitales	11 conglomerados de 4 ha × 0,2 ha

FIGURA 25.1

Diseño de muestreo del inventario nacional de manglares



Fuente: SBB *et al.* (2019).

25.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Las definiciones utilizadas para el IFN (SBB *et al.*, 2019) son las mismas empleadas para el Sistema Satelital de Monitoreo Terrestre y para los informes elaborados en el marco de REDD+ (como la primera y segunda presentación de niveles de referencia de emisiones forestales de Suriname a la CMNUCC). Estas definiciones, que se presentan en el Cuadro 25.2, se utilizaron para las Evaluaciones de los recursos forestales mundiales (FRA) de 2015 y 2020. Tienen un carácter técnico y difieren de las definiciones de base administrativa de la Ley de Gestión Forestal (1992).

CUADRO 25.2

Resumen de las definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional

Término	Definición	Variables y umbrales
Bosque	Tierras cubiertas principalmente por árboles, pero que a menudo también contienen arbustos, palmeras, bambú, hierbas, pastos y plantas rastreras, con una cobertura de copas arbórea mínima del 30% (o un nivel de existencias equivalente), con el potencial de alcanzar una altura de dosel mínima en la madurez <i>in situ</i> de 5 metros, y una superficie mínima de 1,0 hectárea. La definición de bosque en Suriname excluye la cobertura de copas de los árboles plantados con fines agrícolas (incluidas las palmeras como el coco, la palma aceitera, etc.) y la cubierta arbórea en zonas de uso predominantemente urbano o agrícola.	Superficie: 1 ha Altura: 5 m Cobertura de copas: 30%
Otras tierras boscosas	No hay una definición establecida por el país.	
Otras tierras	No hay una definición establecida por el país.	
Volumen	Volumen de las diferentes especies de árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 5 cm, y un volumen de tronco hasta la altura comercial.	DAP > 5 cm
Biomasa (kg)	Biomasa por encima del suelo (BES): biomasa seca de todos los árboles (incluidas las palmeras y las lianas), con un diámetro a la altura del pecho (DAP) superior a 5 cm. Materia orgánica muerta: todos los árboles muertos en pie y caídos con un diámetro de 10 cm o más.	BES: DAP > 5 cm Materia orgánica muerta: diámetro ≥ 10 cm

Fuente: SBB (2017).

CUADRO 25.3

Características del diseño de muestreo

Región	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Número total de unidades de muestreo
		Bosque	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
IFN piloto (otros bosques)	16 290	31	n/d	n/d	31
Inventario nacional de manglares	90	11	n/d	n/d	0
Total	16 380	42	n/d	n/d	42

Nota: n/d: no disponible por no haberse incluido en el muestreo.

25.3 DISEÑO DE MUESTREO

Se estableció un diseño de muestreo basado en una malla de 20 km por 20 km para todo el país. Esto se aplicó en el IFN piloto. Para el IFN de manglares, la distribución de las unidades de muestreo se realizó a partir de una combinación de la malla y de mapas de tipos de manglares elaborados mediante teledetección, con el objetivo de obtener una red de parcelas distribuidas de forma equitativa dentro de los manglares, a menudo inaccesibles (Cuadro 25.3).

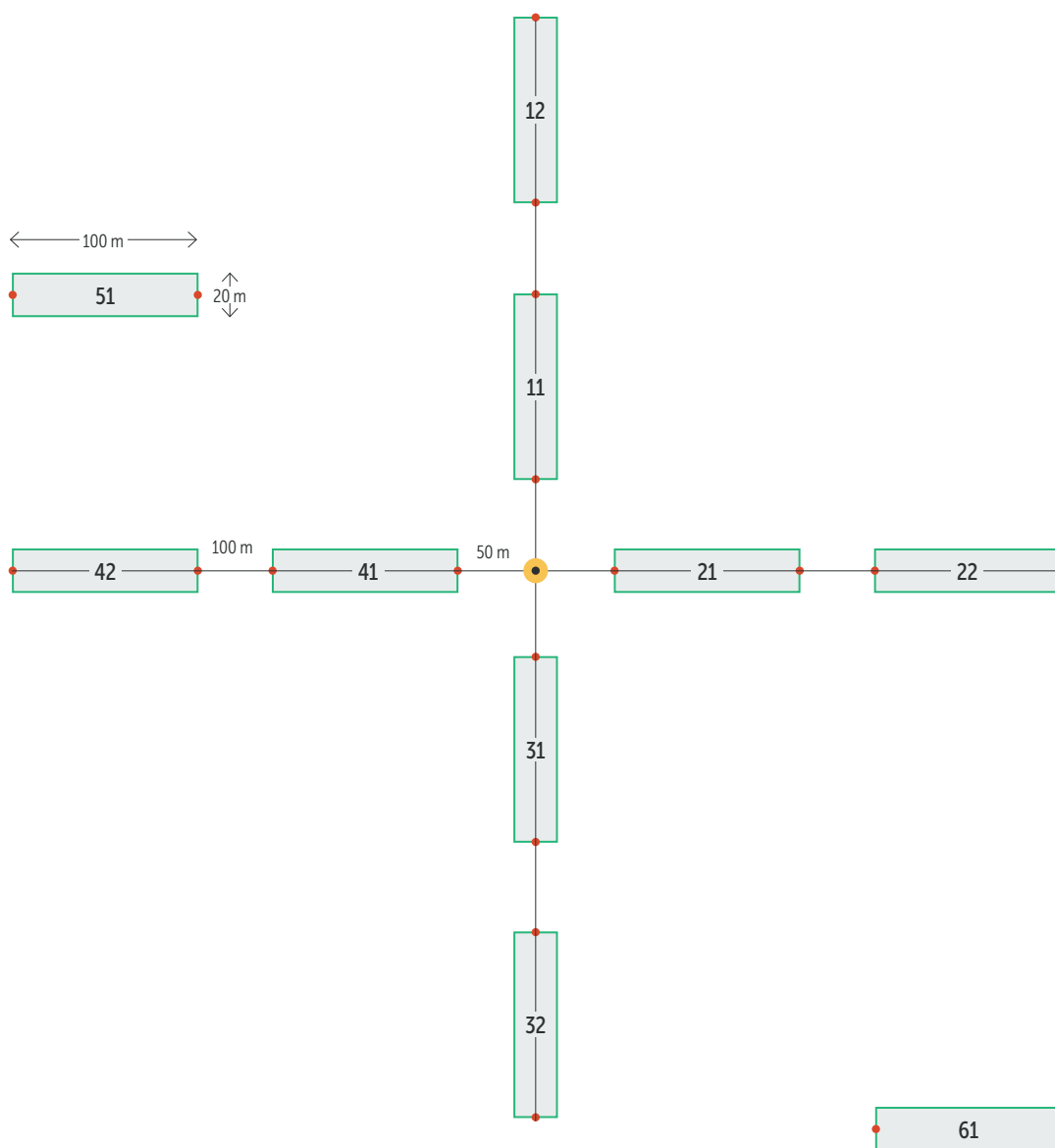
25.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

25.4.1. INVENTARIO FORESTAL NACIONAL PILOTO

Cada conglomerado o unidad de muestreo (UM) estaba compuesto por cuatro parcelas principales de muestreo (PPM) con orientación norte-sur y cuatro PPM orientadas este-oeste (Figura 25.2). Las dos líneas de PPM formaban una configuración en forma de cruz. Las PPM se subdividieron a su vez en veinte subparcelas denominadas parcelas principales de evaluación (PPE), de 10 m por 10 m (Figura 25.4).

FIGURA 25.2

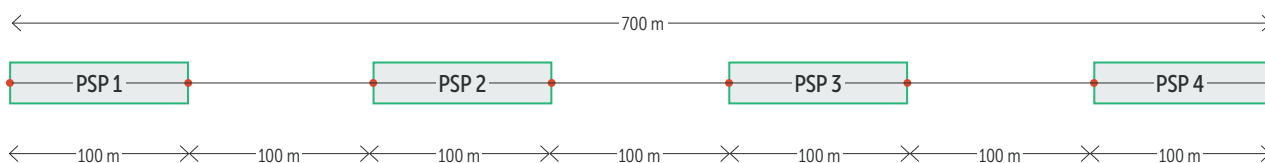
Diseño de las unidades de muestreo para el Inventario Forestal Nacional piloto



Fuente: SBB (2017).

FIGURA 25.3

Unidad de muestreo diseñada para el Inventario Forestal Nacional piloto y el inventario de manglares



Fuente: SBB *et al.* (2019).

Para todos los árboles con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 20 centímetros (cm), se midieron los siguientes parámetros: especie, diámetro, altura total, altura comercial, estado de deterioro y calidad del tronco.

Además, se evaluaron los árboles con un DAP mayor o igual a 10 cm y los que tenían un DAP de 5 cm o más, respectivamente, en cuatro y dos PPE de 10 m por 10 m en cada PPM. En el caso de las especies arbóreas más pequeñas, se registraron el diámetro y la altura total. En todas las PPM, se midieron todos los árboles muertos en pie con un DAP de 10 cm o más, registrando la especie, el DAP, la altura y el nivel de deterioro. Se establecieron dos parcelas anidadas de 5 m por 5 m en las que se contó la regeneración con un DAP inferior a 5 cm y se registró el diámetro y la longitud de la madera muerta en pie con un diámetro superior a 10 cm.

Dentro de las diferentes (sub)parcelas, se recopilaron los siguientes datos:

- PPM completa: diámetro y nombre de la especie de todos los árboles con DAP superior a 20 cm y árboles muertos en pie con DAP superior o igual a 10 cm;
- PPE 17 y 4: diámetro y nombre de la especie de todos los árboles y lianas con un DAP superior a 10 cm;
- PPE 18 y 3: todos los árboles con DAP superior a 5 cm; en el cuadrante de 5 m por 5 m, se contó la regeneración por especie y se midió la madera muerta caída.

25.4.2. INVENTARIO FORESTAL DE MANGLARES

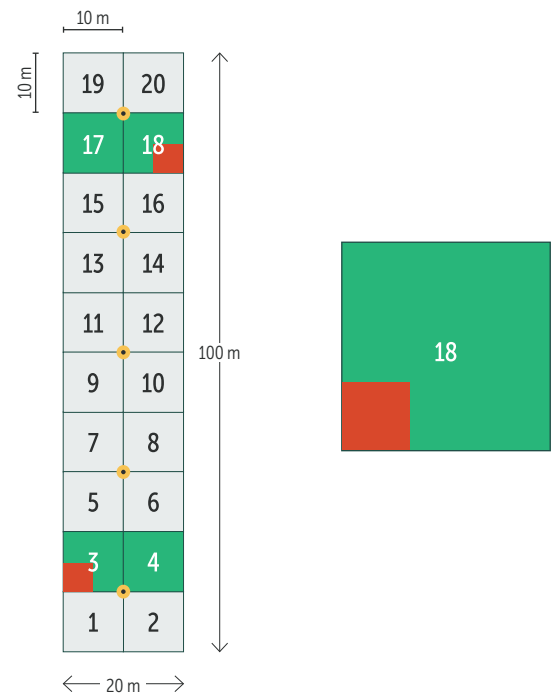
Debido a la alineación este-oeste de los manglares a lo largo de la línea costera, las parcelas solo se establecieron en una configuración lineal. Cada conglomerado o UM estaba compuesto por cuatro PPM (Figura 25.3). Las PPM se subdividieron en veinte PPE de 10 m por 10 m, como en el IFN piloto (Figura 25.4).

Para el inventario de manglares se recopilaron los siguientes datos (ver Figura 25.4):

- PPM completa: diámetro, nombre de la especie y altura total de todos los árboles (vivos y muertos) con un DAP superior a 10 cm;
- PPE 18 y 3: todos los árboles con DAP superior a 5 cm; en el cuadrante de 5 m por 5 m, se contó la regeneración por especie y se registró el diámetro y la longitud de la madera muerta caída con diámetro superior a 10 cm.

FIGURA 25.4

Parcela principal de muestreo para el Inventario Forestal Nacional piloto y el inventario de manglares



Fuente: SBB (2017).

25.5 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

Dado que el IFN no se ha completado, no se han utilizado los datos disponibles para calcular la superficie. En su lugar, las estimaciones del país sobre la cubierta forestal y la pérdida de cubierta forestal se basan en imágenes satelitales. Para el volumen, se consideraron las fórmulas compiladas por SBB *et al.* (2017). Para la biomasa, Wortel y Sewdien (2020) han realizado recientemente una evaluación comparando los datos de 31 árboles talados con las diferentes ecuaciones alométricas pantropicales. Durante este estudio, se encontró que había dos enfoques diferentes en Chave *et al.* (2014) para calcular la biomasa. El mejor enfoque incluía la medición de la altura y, aunque el segundo no incluye la altura, considera un parámetro ambiental (E), la densidad de la madera (ρ) y el DAP (ver Cuadro 25.4). Dado que las mediciones de altura son muy complicadas de realizar en el bosque tropical de Suriname, se utilizaron las ecuaciones de Chave *et al.* (2014) sin mediciones de altura. Todos los cálculos se realizaron con el software R.

CUADRO 25.4

Ecuaciones empleadas para calcular volumen y biomasa/carbono

Variable	Ecuación	Referencia
	$0,75 \times (DAP/200)^2 \times H \times PI$	
Volumen total (m³)	Donde: DAP: diámetro a la altura del pecho H: altura	SBB <i>et al.</i> (2017)
	$BES = \exp(-1,803 - 0,976E + 0,976 \ln(\rho) + 2,673 \times \ln(D) - 0,0299 \times (\ln(D))^2)$	
Biomasa (kg)	Donde: BES: biomasa por encima del suelo ρ : densidad de la madera D: diámetro a la altura del pecho	Chave <i>et al.</i> (2014)

CUADRO 25.5

Mejores resultados disponibles de las evaluaciones recientes

Variable	Descripción	Resultado	Referencia
Superficie	Superficie forestal (1 000 ha)	15 185	Basado en SBB (2021)
Volumen	n/d	n/d	n/d
Biomasa	Biomasa por encima del suelo (t/ha)	343,58 a 408,44	Basado en el Gobierno de Suriname (2021)
Carbono	Carbono por encima del suelo (t/ha)	171,79 a 204,22	Basado en el Gobierno de Suriname (2021)

Nota: n/d: no disponible.

25.6 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL MÁS RECIENTE

En enero de 2021, Suriname presentó por segunda vez su Nivel de Referencia de Emisiones Forestales (NREF) a la CMNUCC. En el informe del NREF, todos los datos de SBB *et al.* (2017), incluidos el IFN piloto, el Proyecto de Evaluación y Monitoreo del Carbono Forestal y los conjuntos de datos de investigación pertinentes, se recalcularon utilizando las ecuaciones alométricas de Chave *et al.* (2014). Esto ha dado lugar a valores de biomasa más bajos que los valores originales que utilizaron Chave *et al.* (2005). Además, las mediciones recientes dentro de los manglares se consideraron para las estimaciones de los NREF. Sin embargo, el volumen aún no se ha calculado en base a estos datos. En el Cuadro 25.5 se presentan los mejores resultados disponibles de las evaluaciones recientes.

25.7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

En el marco de la evaluación de las mejores estimaciones (SBB *et al.*, 2017), se implementó en el conjunto de datos un procedimiento de control de calidad utilizando el software estadístico InfoStat, que incluye los siguientes pasos:

- unificación y estandarización de todos los datos, incluida la unificación de todos los nombres científicos de las especies arbóreas que se identificaron utilizando sus nombres locales;
- detección de valores atípicos mediante la función de mínimo y máximo;
- identificación de valores atípicos por especies de árboles.

Se aplicó un enfoque idéntico al conjunto de datos del inventario nacional de manglares; para este análisis se utilizó el software R Studio.

25.8 OTRAS VARIABLES RELEVANTES RECOLECTADAS

En el inventario de manglares se monitorearon las siguientes variables relevantes:

- **Recolección de plantas botánicas:** solo se recolectaron plantas fértiles (con flores o frutos), para la identificación y validación de las especies presentes. Las plantas se prensaron en el campo o en la sala de procesamiento del Herbario Nacional de Suriname.
- **Evaluación de la diversidad de aves:** se observaron y contaron las aves utilizando el método de transecto lineal dentro de las parcelas de monitoreo de los manglares. Durante esta evaluación, se contaron todas las aves vistas y oídas en todos los lados de la línea de transecto. A partir de estos datos, junto con la frecuencia de su aparición, la dieta y el número total, se elaboró una tabla de clasificación de aves.
- **Diversidad de mamíferos:** se utilizaron un total de cuatro cámaras trampa (Reconyx Ultrafire) para evaluar la biodiversidad de grandes mamíferos en las parcelas de manglares establecidas a lo largo de la costa de Suriname. Las cámaras trampa se colocaron en lugares aparentemente apropiados, determinados por las huellas existentes, los excrementos o las masas de agua. Estas trampas se colocaron en árboles a una altura de aproximadamente 40 cm y se aseguraron con un cierre rápido y un candado de cable Python.
- **Monitoreo del suelo:** el muestreo y la descripción del suelo se llevó a cabo en dos PPM. Los suelos de los manglares se muestrearon a profundidades de 0 cm a 15 cm, 15 cm a 30 cm, 30 cm a 50 cm y 50 cm a 100 cm para la concentración de carbono. Para la densidad aparente, se tomaron muestras de suelo en el punto medio de cada profundidad de muestra utilizada para la concentración de carbono: 5 cm a 10 cm, 20 cm a 25 cm, 38 cm a 43 cm y 72 cm a 77 cm.

25.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

A mediano y largo plazo, los próximos pasos se centran en la realización del IFN en toda la zona forestal. Para la realización del IFN nacional, se necesitarán recursos humanos y un presupuesto nacional específico. El IFN (ya diseñado), será multiobjetivo y abarcará diferentes aspectos clave como el suelo y la biodiversidad. Para hacer frente a la inaccesibilidad del país, se deberá seguir aplicando una estratificación exhaustiva. Debido a las características del bosque y a los limitados recursos financieros para un IFN, Suriname pretende recurrir al uso de tecnología como las imágenes, la teledetección (imágenes satelitales) y el sistema de láser (lídar) o el mapeo del hábitat. Esto se haría en estrecha colaboración con los países vecinos del Escudo Guayanés, implicando una armonización regional entre los IFN.

En cuanto al monitoreo de los manglares, en el futuro se considerarán otros parámetros relacionados con la supervivencia de los manglares y del sotobosque, como la calidad del agua y la salinidad, que podrían aportar información sobre la salud de los bosques. Además, sería deseable incluir parámetros como la presencia de crustáceos y peces, que podrían mejorar la comprensión de la biodiversidad en los manglares. Por último, la inclusión de parámetros sociales podría arrojar luz sobre las amenazas antropogénicas existentes. Para el período 2021-2022, se establecerán seis nuevas unidades de muestreo dentro de los manglares y se volverán a medir las unidades de muestreo existentes para obtener una mejor comprensión de la dinámica dentro de estos.



© FAO

REFERENCIAS

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., et al. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145: 87-99. (disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>).

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., et al. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10): 3177-3190. (disponible en: <https://doi.org/10.1111/gcb.12629>).

Crabbe, S. 2012. *Technical Report: Results of Forest Carbon Assessment and Monitoring Project Suriname*. Paramaribo, Ministry of Physical Planning, Lands and Forest Management. (disponible en: <http://sbbsur.com/wp-content/uploads/2015/06/FINAL-Carbonreport.pdf>).

Ley de Gestión Forestal. Asamblea Nacional de Suriname, Paramaribo, Suriname, 18 de septiembre de 1992. (disponible en: http://dna.sr/media/21218/wet_bosbeheer.pdf).

Gobierno de Suriname. 2021. *Forest Reference Emission Level for Suriname's REDD+ Programme*. Paramaribo. (disponible en: https://redd.unfccc.int/files/annex_1_suriname_frel_2021_-_20210107.pdf).

SBB. 2017. *NFMS Roadmap: Status and plans for Suriname's National Forest Monitoring System*. Paramaribo. (disponible en: https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/SUR/NFMS_Roadmap_Suriname_final2016.pdf).

SBB. 2021. *Forest cover monitoring in Suriname using remote sensing techniques*. Paramaribo.

SBB, Centro para la Investigación Agrícola en Suriname (CELOS), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la Colección Zoológica Nacional de Suriname (NZCS). 2017. *State-of-the-art study: Best estimates for emission factors and carbon stocks for Suriname*. Paramaribo, SBB. (disponible en: https://sbbsur.com/wp-content/uploads/2017/04/TechnischrapportEmissieFactors_CarbonStocks.pdf).

SBB, Herbario Nacional de Suriname (BBS), Centro para la Investigación Agrícola en Suriname (CELOS), División de Conservación de la Naturaleza (NB) y Colección Zoológica Nacional de Suriname (NZCS). 2019. *GCCA+ Suriname Adaptation Project: Setting up a mangrove biodiversity monitoring system – Final Report*. (disponible en: <https://sbbsur.com/wp-content/uploads/2020/03/final-technician-report-mangrove-project-november-2019.pdf>).

Wortel, V. y Sewdien, A. 2020. *Technical Report: Validation of pantropical and national allometric models for determination of tree biomass and volume*. Paramaribo, CELOS.



SIGUIENTE CAPÍTULO
URUGUAY

Capítulo



URUGUAY

INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DEL URUGUAY

Leonardo Boragno, Dirección General Forestal, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Cerrito 318, CP 11000, Montevideo, Uruguay

Mariana Boscana, Dirección General Forestal, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Cerrito 318, CP 11000, Montevideo, Uruguay

Emilia Arriaga, Dirección General Forestal, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, Cerrito 318, CP 11000, Montevideo, Uruguay

26.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL

El organismo ejecutor de la política forestal nacional en Uruguay es la Dirección General Forestal (DGF) del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). Para poder desarrollar políticas que apunten a la gestión y manejo forestal sostenible de sus bosques, es necesario contar con información certera del estado de situación de los mismos a nivel nacional. En este sentido, se entiende que el inventario forestal nacional (IFN) es una herramienta indispensable para lograr tal fin.

La DGF en sus diferentes campañas de inventario, fue la institución encargada del diseño, levantamiento de datos a campo, validación y procesamiento de la información recolectada. El objetivo del IFN fue aportar información adecuada y actualizada sobre la extensión, las características de los diferentes bosques y del estado de los mismos (DGF, 2019).

El IFN ha considerado desde sus inicios a los bosques en su conjunto, es por ello que en las diferentes campañas se ha realizado el relevamiento de los bosques nativos como de las plantaciones comerciales con especies exóticas. Desde el equipo técnico de la DGF, se consideró que se trataba de dos inventarios diferentes con objetivos y resultados esperados distintos. Para el presente trabajo se ha considerado presentar la metodología y los resultados sobre el Inventario Forestal Nacional de bosque nativo y la metodología utilizada para el Inventario Forestal Nacional de bosque plantado. Para este último, el relevamiento realizado no permite presentar resultados. Tal como se plantea en la *Estrategia Nacional de Bosque Nativo* (ENBN), es necesario evaluar con mayor precisión el estado y vitalidad de los bosques nativos a nivel nacional (MGAP, 2018). El monitoreo continuo a través de la instalación de una red de parcelas permanentes permitirá obtener información sobre las causas de fragmentación y de degradación, así como la ganancia o pérdida en superficie de los diferentes tipos de bosques.

26.2 TÉRMINOS Y DEFINICIONES RELEVANTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BOSQUE NATIVO

La Ley Forestal N.º 15.939 en su artículo 4 establece lo siguiente:

Son bosques las asociaciones vegetales en las que predomina el arbolado de cualquier tamaño, explotado o no, y que estén en condiciones de producir madera u otros productos forestales o de ejercer alguna influencia en la conservación del suelo, en el régimen hidrológico lso en el clima, o que proporcionen abrigo u otros beneficios de interés nacional.

El decreto reglamentario correspondiente, N.º 452/988, agrega que la superficie mínima es de 2 500 metros cuadrados (m²) (Cuadro 26.1).

La definición de “bosque” presenta ciertos desafíos para representar todos los tipos de bosques a nivel cartográfico, con las herramientas y resolución espacial de las imágenes utilizadas. Un ejemplo son los “bosques de parque” que, por presentar una baja cobertura arbórea por unidad de superficie, pueden no verse representados en la

cartografía; sin embargo, cumplen con el concepto legal de bosques, por lo que serían subestimados. Otro ejemplo son los palmares que, si bien presentan un área de distribución cercana a las 60 000 hectáreas (ha), su área de concentración con más de 40 individuos por hectárea abarca una superficie cercana a las 16 000 ha.

Con respecto al bosque plantado, según la Cartografía Forestal Nacional 2018 (DGF, 2018), ocupa una superficie de 1 034 712 ha (6% de la totalidad del territorio nacional). Se compone principalmente de especies de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, siendo las principales *E. grandis*, *E. dunnii*, *E. globulus*, *P. taeda* y *P. elliottii*.

CUADRO 26.1

Resumen de definiciones utilizadas para implementar el Inventario Forestal Nacional de bosque nativo

Término	Definición	VARIABLES Y UMBRALES
Bosque	<p>Son bosques las asociaciones vegetales en las que predomina el arbolado de cualquier tamaño, explotado o no y que estén en condiciones de producir madera u otros productos forestales o de ejercer alguna influencia en la conservación del suelo, en el régimen hidrológico o en el clima, o que proporcionen abrigo u otros beneficios de interés nacional.</p> <p>La superficie mínima es de 2 500 metros cuadrados (Ley Forestal N° 15.939, artículo 4 y Decreto reglamentario N° 452/988).</p>	<p>Predominancia del arbolado $\geq 50\%$ de cobertura de copas y mínimo 200 árboles/ha; a excepción de los palmares que se consideran 40 individuos/ha (consenso técnico)</p> <p>Superficie mínima: 2 500 m²</p> <p>Árbol: Altura total mínima al momento de su madurez desde la base hasta la punta de la copa ≥ 5 m (consenso técnico)</p> <p>Arbusto: Altura total máxima al momento de su madurez desde la base hasta la punta de la copa < 5 m (consenso técnico)</p> <p>Ancho mínimo: sin definir</p> <p>No se midieron palmares y psamófilo</p>
Otras tierras boscosas	<ul style="list-style-type: none"> - Bosque de parque ¹ de baja cobertura - Bosque en expansión con especies colonizadoras con baja densidad - Mixto de matorrales, arbustos y un bajo número de árboles - Palmares con menos de 40 individuos/ha 	No considerado
Otras tierras	<p>Árboles aislados o que no cumplan con la superficie mínima establecida para ser bosques u otras tierras boscosas.</p> <p>Incluye tierras agrícolas, llanuras y pastizales, áreas edificadas, etc.</p>	No considerado
Volumen	<p>Volumen arbóreo (m³): Se consideran únicamente aquellas especies que tengan un potencial de crecimiento mayor o igual a 5 m de altura al momento de su madurez.</p> <p>Volumen arbustivo (m³): Se consideran únicamente aquellas especies que tengan un potencial de crecimiento menor de 5 m de altura al momento de su madurez.</p>	<p>Diámetro mínimo a la altura del pecho (DAP, 1,30 m de altura) ≥ 3 cm con corteza</p> <p>Altura total: de la base a la punta de la copa.</p> <p>Árboles que superen al momento de la medición 1,30 m de altura.</p> <p>Factor de forma: 0,5</p> <p>Grupos de especies: todas las especies identificadas en campo (género y especie). No incluye el volumen de las especies exóticas invasoras.</p> <p>DAP ≥ 3 cm con corteza</p> <p>Altura total: de la base a la punta de la copa.</p> <p>Arbustos que superen al momento de la medición 1,3 m de altura.</p> <p>Factor de forma: 0,5</p> <p>Grupos de especies: todas las especies identificadas en campo (género y especie).</p>
Biomasa (kg)	Se estimó biomasa por encima del suelo a partir de los volúmenes calculados en pie diferenciando la biomasa por encima y debajo del suelo.	Para las estimaciones se utilizaron las densidades según las especies más importantes.

Nota: ¹ Véase el Recuadro 26.1.

A continuación, en el Recuadro 26.1, se describen brevemente los bosques nativos de Uruguay.

RECUADRO 26.1

El bosque nativo ocupa según la *Cartografía Forestal Nacional 2018* una superficie de 835 349 ha (4,77% de la totalidad del territorio nacional). El mismo es un ecosistema biodiverso, que se presenta asociado a los biomas pampa y chaco.

Tal como fueron descritos en la *Estrategia Nacional de Bosque Nativo* (ENBN), los ecosistemas boscosos son una fuente relevante de diversidad biológica. En su composición botánica se identificaron 136 especies arbóreas y 150 especies arbustivas, y cerca del 50% de las aves y mamíferos identificados en Uruguay habitan en los diferentes bosques nativos.

Además del valor ambiental que aportan los bosques a través de los diferentes servicios ecosistémicos, como la protección de los diferentes recursos renovables, aportan también un valor económico a través de la cadena de valor de la leña como principal producto. El desarrollo de la utilización o comercialización de productos no maderables asociados a los bosques es incipiente y presenta un gran potencial a investigar y desarrollar.

En cuanto a la tenencia de los bosques, más del 95% de los bosques del Uruguay se encuentran en predios bajo propiedad privada, donde se desarrollan diversas actividades productivas agropecuarias. Estas últimas tienen diferentes interacciones e impactos hacia los distintos tipos de bosques.

Los diferentes tipos de bosques nativos del Uruguay, como son presentados en la ENBN, se clasifican de la siguiente manera:

Bosques de galería o ribereños o fluviales

El bosque fluvial es el tipo de bosque nativo más abundante de Uruguay, que acompaña ríos y arroyos. Su presencia y desarrollo depende fundamentalmente del medio físico, que son el caudal y los suelos aluviales. Se caracteriza por presentar una alta cantidad de rebrotes por cepas y pocos árboles monopodiales, a causa de haber sufrido intervenciones humanas de corte para leña en diferentes grados de tala y alteración.

Bosque serrano

El bosque serrano está asociado a las topografías más altas del país, abarcando diferentes sectores del sistema de cuchillas y serranías. Generalmente se desarrolla sobre suelos superficiales y está integrado por especies que soportan períodos de escasez hídrica.

Bosque de parque

El bosque de parque se localiza en zonas próximas al litoral del río Uruguay, como transición entre el bosque fluvial y las comunidades herbáceas. Se trata de asociaciones xerófitas con una baja densidad de individuos.

Bosque de quebrada

El bosque de quebrada se desarrolla en zonas húmedas de drásticas condiciones topográficas (laderas abruptas) en el norte y noreste del país. Presenta características subtropicales, es decir, una alta densidad de especies de elevado porte.

Palmares

Los palmares en el Uruguay son reconocidos por su valor paisajístico, cultural y de biodiversidad. Existen en el país dos comunidades: en el este del país donde se producen las mayores concentraciones, y en el litoral oeste. En los palmares de región este (*Butia odorata*), la ausencia de palmas en fase de establecimiento y en fase adulta vegetativa es casi total, por lo que se conforma únicamente por individuos adultos con edades de entre 200 y 300 años. En el litoral, la especie es *Butia yatay*.

Bosque costero (psamófilo)

El bosque costero se caracteriza por sus formaciones vegetales leñosas ubicadas en dunas de la costa platense y atlántica a orillas del río de la Plata y costa del océano Atlántico.

Fuente: Extraído del documento *Resultados del Inventario Nacional Forestal de Bosque Nativo: Etapas 2009-2016* (DGF, 2019, pp. 6-7).

FIGURA 26.1

Diseño de muestreo sistemático con base en la cartografía forestal



Fuente: Elaboración propia.

26.3 DISEÑO DE MUESTREO

El IFN se basó en un sistema de estratificación de los recursos forestales a partir de la cartografía forestal resultante de la clasificación de imágenes Landsat del año 2004.

Se desarrolló un muestreo sistemático mediante una malla de puntos a 1,9 kilómetros de distancia entre cada uno, para todo el territorio nacional, y se interceptó con la capa de bosques resultante de la cartografía, estableciéndose de esta forma las unidades de muestreo (parcelas) (Figura 26.1). Los tipos de bosques inventariados fueron para bosque nativo y bosque plantado. El enfoque del relevamiento de datos fue a nivel de subcuencas (Nivel 2).

Los tipos de bosque nativo relevados fueron el bosque de galería, de parque, serrano y de quebrada. No se consideraron el bosque psamófilo ni el palmar, dado que por sus características no fueron cartografiados (poca superficie o baja cobertura de copas). Para el bosque plantado con especies exóticas, se relevaron bosques plantados comerciales, montes de abrigo y sombra al servicio de la ganadería y otros bosques que brindan otros tipos de servicios.

El primer y único ciclo del IFN se realizó por campañas organizadas a nivel de subcuencas. El IFN de bosque nativo se ha desarrollado en tres campañas.

La primera campaña en el año 2009 contó con el financiamiento de la experiencia piloto de reforma del Sistema de Naciones Unidas "Una ONU - Unidos en la Acción", cuyo acuerdo marco se celebró entre la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y Uruguay. De dicho acuerdo surge el Programa Conjunto 2007-2010 "Construyendo capacidades para el Desarrollo", que fue financiado por el Fondo de Coherencia para Una ONU Uruguay. En la mencionada campaña, se relevaron 308 parcelas en 11 subcuencas. La segunda campaña se desarrolló durante el año 2011 y cubrió zonas aledañas a las cuencas anteriormente relevadas. En esa oportunidad se instalaron 198 parcelas en otras tres subcuencas; para ello se contó con el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Por último, la tercera etapa se realizó entre los años 2014 y 2016 con apoyo económico del Banco Mundial, donde se midieron 959 parcelas en las 41 subcuencas faltantes. Como resultado de las tres campañas, un total de 1 465 unidades de muestreo fueron analizadas sobre bosque nativo con información procesable (Cuadro 26.2).

El IFN de bosque plantado también se desarrolló en tres campañas con las mismas fuentes de financiamiento. Durante la primera campaña en el año 2009, se relevaron 757 unidades de muestreo en 11 subcuencas. La segunda se desarrolló durante el año 2011 y cubrió zonas aledañas a las cuencas

anteriormente relevadas; en esa oportunidad se instalaron 167 unidades de muestreo en otras tres subcuencas. Por último, la tercera etapa se realizó entre los años 2014 y 2016, donde se midieron 527 unidades de muestreo en las 41 subcuencas faltantes; esto resulta en un total de 1 451 unidades de muestreo analizadas sobre bosque plantado (Cuadro 26.2).

El IFN de bosque nativo presentó cierta complejidad dado que se relevó un elevado número de variables, las cuales tenían como objetivo aportar al conocimiento de la evolución del recurso forestal y su entorno, evaluar el estado de conservación del bosque, cuantificar los bienes y servicios provenientes de estos, cuantificar las existencias de volumen de los distintos tipos de bosques y, finalmente, apoyar en la elaboración de reportes nacionales e internacionales.

Los objetivos específicos del IFN de bosque nativo fueron:

- determinar las existencias y el estado productivo por tipos de bosque (dendrometría, especies, índice de valor de importancia);
- servir de base para la determinación de medidas de recuperación de los bosques;
- determinar el estado de degradación de los bosques a partir de las especies exóticas invasoras y del estado de la regeneración natural.

Se priorizaron aquellas variables que se pudieron unificar para todas las etapas y que aportan información para evacuar la mayoría de las consultas o necesidades de información que hoy se pretenden obtener de los bosques nativos. Las mismas pretenden realizar una descripción cualitativa y cuantitativa de la composición arbórea nativa, evaluando la diversidad florística y aquellas características dasométricas para las especies más importantes de cada tipo de bosque y para las siete ecorregiones del territorio nacional. La base de datos utilizada contiene 1 465 unidades de muestreo distribuidas en las siete ecorregiones que presenta el país.

Los objetivos específicos del IFN de bosque plantado fueron:

- cuantificar las existencias de volúmenes de los distintos tipos de bosques;
- estimar las producciones actuales y futuras de madera;
- evaluar el estado sanitario de los mismos;
- cuantificar los bienes y servicios de los bosques.

La razón por la cual no se presentan resultados sobre bosques plantados se explica por la dinámica y las altas tasas de crecimiento de las especies forestales en Uruguay, lo que implica que, para lograr los objetivos esperados, es imprescindible realizar un monitoreo de las parcelas instaladas inicialmente con una frecuencia no mayor de dos años.

CUADRO 26.2

Descripción histórica de los inventarios forestales nacionales

Inventario Forestal Nacional	Período de ejecución	Escala	Diseño de muestreo	Número de unidades de muestreo realizadas y procesables
Primer ciclo	2009-2016	Nacional	Sistemático	2 916
Bosque nativo				1 465
Campaña 1	2009-2010			308
Campaña 2	2011			198
Campaña 3	2014-2016			959
Bosque plantado				1 451
Campaña 1	2009-2010			757
Campaña 2	2011			167
Campaña 3	2014-2016			527

Una de las limitantes para lograr los mencionados objetivos es la falta de financiamiento que permita remediar las parcelas instaladas.

Según el Cuadro 26.3, el total de unidades de muestreo entre bosques nativos y bosques plantados fue de 2 916, las cuales representan una superficie total muestreada de 1 050 000 ha, es decir, el 56% de la superficie total de bosques. Cuando se desagrega por tipos de bosque, la superficie relevada representa un 64% del bosque nativo a nivel nacional, y un 49,7% del bosque plantado.

26.4 DISEÑO DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

26.4.1. BOSQUES NATIVOS

Las unidades de muestreo corresponden a parcelas individuales de forma rectangular de 20 m por 10 m, lo que equivale a una superficie de 200 m². En cada parcela se recabó información dasométrica (diámetro a la altura del pecho [DAP], altura total), dendrológicas (género y especie) para árboles y arbustos vivos (según definiciones antes mencionadas), e información del entorno y otras variables que se detallan en el apartado 26.5.3.

CUADRO 26.3

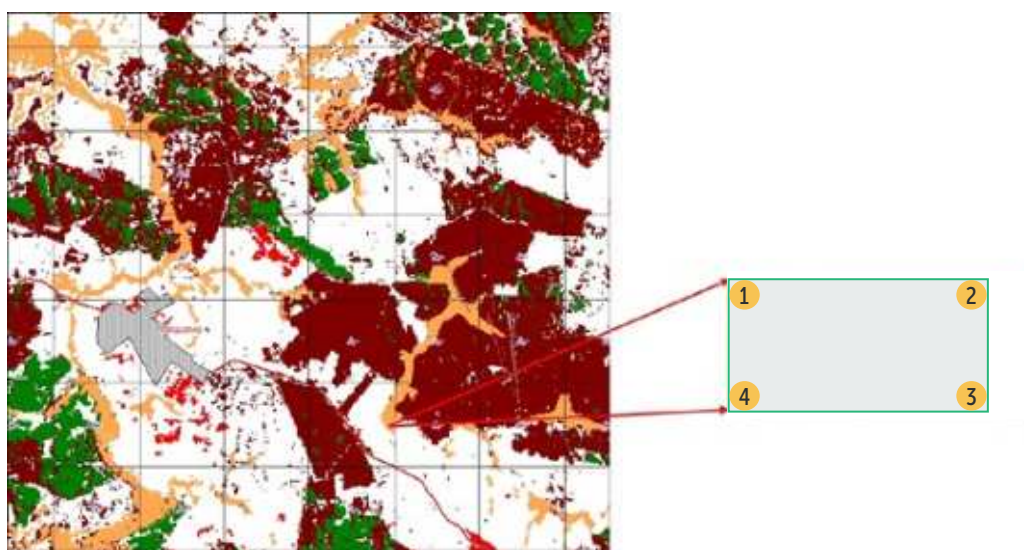
Características del diseño de muestreo para el Inventario Forestal Nacional

Campaña del Inventario Forestal Nacional	Superficie total (1 000 ha)	Número de unidades de muestreo			Total número de unidades de muestreo
		Bosque (nativo y plantado)	Otras tierras boscosas	Otras tierras	
Campaña 1	384	1 065	n/p	n/p	1 065
Campaña 2	131	365	n/p	n/p	365
Campaña 3	536	1 486	n/p	n/p	1 486
Total	1 050	2 916	n/p	n/p	2 916

Nota: n/p: no procede.

FIGURA 26.2

Tipo de parcela del Inventario Forestal Nacional de bosque nativo



Fuente: Elaboración propia.

Para medir la regeneración natural, se establecieron dos subparcelas circulares representativas (1-3 o 2-4) de 0,56 m de radio donde se midieron los individuos arbóreos menores de 1,30 m de altura (Figura 26.2).

26.4.2. BOSQUES PLANTADOS

Las unidades de muestreo para bosques plantados fueron parcelas circulares individuales concéntricas de radio variable con centro común. Los radios fueron de 6 metros, 10 metros, 14 metros y 18 metros, que corresponden a 113 m², 314 m², 616 m² y 1 018 m² de superficie, respectivamente (Figura 26.3).

Subparcelas circulares de 6 metros de radio (113 m²)

Es la primera subparcela que se registra. Se mide en toda la subparcela: todos los árboles vivos de altura superior a 1,30 m y menores de 0,10 m de DAP.

Subparcelas circulares de 10 metros de radio (314 m²)

Se mide en toda la subparcela: todos los árboles vivos entre 0,10 m y 0,25 m de DAP.

Subparcelas circulares de 14 metros de radio (616 m²)

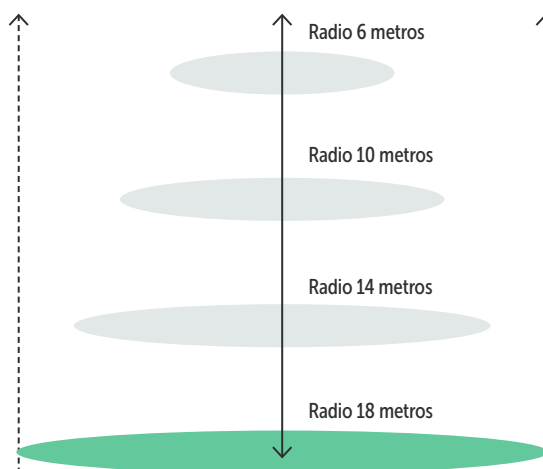
Se mide en toda la subparcela: todos los árboles vivos entre 0,25 m y 0,35 m de DAP.

Parcelas circulares de 18 metros de radio (1 018 m²)

Se mide en toda la parcela: todos los árboles vivos superiores a 0,35 m de DAP.

FIGURA 26.3

Tipo de parcela del Inventario Forestal Nacional de bosque plantado



Fuente: Elaboración propia.

26.5 OTRAS VARIABLES RELEVANTES QUE SE RECOLECTARON

Otras variables evaluadas en cada parcela y en su entorno se agruparon de la siguiente forma:

- datos generales: departamento, propietario, nombre del predio, equipo de trabajo y fecha de realización;
- acceso y distancias de la parcela: identificación geográfica del punto y caminos de acceso;
- agua: tipo de caudal asociado (río, arroyo, cañada, embalse, etc.), manejo del agua, frecuencia (permanente o temporal), grado de contaminación;
- fauna: tipo (mamíferos, aves, reptiles y anfibios), cantidad de individuos observados, identificación del género y especies;
- relieve: ubicación (plano, ladera baja-media-alta, cumbre), exposición (plano, este, oeste, sur, norte), forma de pendiente (cóncava, convexa, lineal);
- suelo: grupo de suelo, erosión, profundidad, color, textura, estructura, pedregosidad, rocosidad, drenaje, infiltración;
- cobertura vegetal: grado de coberturas de copas, sotobosque y cobertura herbácea;
- productos no madereros (presencia o ausencia): pastoreo (ovino, vacuno, equino), producción apícola, recolección de hongos, obtención de semillas, actividades de caza, pesca y/o de recreación;
- problemas ambientales asociados al entorno;
- fuego: presencia o ausencia; en caso de existir, tipo de fuego;
- sanidad de los bosques plantados.

Una variable que se considera relevante para el bosque nativo es la presencia y severidad de las especies exóticas invasoras, por ser esta una de las principales causas de degradación de los bosques nativos. Existe un listado de estas especies que es actualizado por el Comité de Especies Exóticas Invasoras (CEEI), el cual está conformado por diversas instituciones públicas. Para el caso de estas especies, se identificó el nombre científico y se clasificó su severidad de amenaza al campo dentro de la parcela y del entorno según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN):

- **Ligera:** dentro del alcance, la amenaza es capaz de destruir o eliminar las ocurrencias de una comunidad ecológica o ecosistema, o reducir la población de una especie en un 1%-10%.
- **Moderada:** dentro del alcance, la amenaza es capaz de destruir o eliminar las ocurrencias de una comunidad ecológica o ecosistema, o reducir la población de una especie en un 11%-30%.
- **Seria:** dentro del alcance, la amenaza es capaz de destruir o eliminar las ocurrencias de una comunidad ecológica o ecosistema, o reducir la población de una especie en un 31%-70%.
- **Extrema:** dentro del alcance, la amenaza es capaz de destruir o eliminar las ocurrencias de una comunidad ecológica o ecosistema, o reducir la población de una especie en un 71%-100%.

26.6 CÁLCULO DE SUPERFICIE, VOLUMEN Y BIOMASA

En el Cuadro 26.4, se muestran las ecuaciones utilizadas para el cálculo de volumen y biomasa para cada árbol. La metodología de levantamiento de la información de campo fue a partir de planillas en papel, las que posteriormente, según la etapa, fueron procesadas digitalmente utilizando Microsoft Access y Excel (versión 2010).

26.7 RESULTADOS DEL INVENTARIO FORESTAL NACIONAL DE BOSQUE NATIVO

En el Cuadro 26.5, se presentan los resultados correspondientes a las siguientes variables para las 1 465 unidades de muestreo: superficie, volumen y biomasa viva total. De la superficie total de bosque nativo presente en el país, faltaría relevar un 37% de la misma. Los resultados para volumen y biomasa a su vez, se desglosan por tipo de bosques inventariados. Estos datos se encuentran disponibles por ecorregiones (DGF, 2019). Se presentan resultados de volúmenes arbóreos para este informe, no considerando los volúmenes arbustivos.

CUADRO 26.4

Ecuaciones utilizadas para los cálculos de volumen y biomasa

Variable	Función	Referencia
Superficie	Cada parcela representa 361 ha Superficie total del país: 17 502 000 ha	
Volumen arbóreo (m³)	$V = AB \times Ht \times FF$ Donde: <i>AB</i> : área basal (metros cuadrados) <i>Ht</i> : altura total, en metros (hasta la parte más alta de la copa) <i>FF</i> : factor de forma = 0,5	En Uruguay, no existen en la actualidad ecuaciones alométricas para el cálculo de volumen, incluso para las especies predominantes. Por lo tanto, el factor de forma es genérico para todas las especies identificadas. Esta forma de cálculo probablemente subestime el volumen en pie de los distintos bosques del país.
Biomasa (kg)	La biomasa fue calculada diferenciando la biomasa por encima del suelo y la biomasa por debajo del suelo. Se estimó biomasa a partir de los volúmenes de los árboles en pie vivos. Para las estimaciones de bosque nativo se utilizaron densidades en toneladas/metro cúbico (t/m ³) según las especies más importantes, cuyo promedio fue de 0,925 t/m ³ . BEF (factor de expansión de biomasa) utilizado para bosque nativo = 1,2 Biomasa por encima del suelo = materia seca × BEF (factor de expansión de biomasa = 1,2)	IPCC (2003)
	Biomasa raíces = biomasa por encima del suelo × R (relación raíz-brote = 0,24)	IPCC (2006)

CUADRO 26.5

Resultados del Inventario Forestal Nacional de bosque nativo para todas las etapas

VARIABLES	RESULTADOS
Superficie total inventariada, en hectáreas, con base en lo que representa en superficie una unidad de muestreo y la cantidad de unidades de muestreo realizadas	528 865 ha
Superficie total inventariada (%) en relación a la superficie total de bosques nativos	64%
Superficie total inventariada (%) por tipo de bosque	Bosque ribereño: 82% Bosque parque: 5% Bosque serrano: 9% Bosque de quebrada: 4%
Volumen arbóreo promedio nacional, en metros cúbicos por hectárea	105 ± 4 m ³ /ha
Volumen arbóreo promedio nacional por tipo de bosque	Bosque ribereño: 113 m ³ /ha Bosque parque: 26 m ³ /ha Bosque serrano: 84 m ³ /ha Bosque de quebrada: 103 m ³ /ha
Biomasa total arbóreo promedio nacional (incluye biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo), en toneladas por hectárea	145 t/ha
Biomasa total arbóreo promedio nacional por tipo de bosque nativo (incluye biomasa por encima del suelo y por debajo del suelo)	Bosque ribereño: 156 t/ha Bosque parque: 35 t/ha Bosque serrano: 115 t/ha Bosque de quebrada: 141 t/ha

26.8 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

La implementación del IFN de bosque nativo fue diferente en las tres etapas ejecutadas:

- Etapa 2009: se contrató a profesionales nacionales del sector para llevar adelante la instalación de las unidades de muestreo a campo y su medición. La información fue levantada con un formulario en formato papel y procesada en formato Microsoft Access (2010). Los fondos fueron administrados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Se adquirieron vehículos e instrumental de mensura.
- Etapas 2011 y 2014-2016: se contrató a empresas nacionales para llevar adelante la instalación de las unidades de muestreo a campo y su medición. La información fue levantada con un formulario en papel y procesada en Microsoft Excel (2010). Los fondos fueron administrados por el MGAP.

Todas las etapas desarrolladas en el marco del IFN fueron relevadas y controladas por técnicos de la DGF. Asimismo, se controlaron al menos el 10% de las parcelas para corroborar la calidad de los datos recabados en el campo.

En la última etapa del IFN de bosque nativo, se desarrolló un software para el levantamiento de datos de campo y su posterior procesamiento. Este último presenta dificultades a la hora de su implementación por falta de técnicos informáticos.

26.9 PERSPECTIVAS A FUTURO

El IFN de bosque nativo ha sido un importante esfuerzo humano y financiero, siendo estos años de mucho aprendizaje. Existen aspectos a mejorar, pero es parte del proceso que se debe recorrer a los efectos de contar con un IFN que se adapte a las necesidades de monitoreo para Uruguay.

Con toda esta información generada, más la experiencia de campo incorporada en estos años, es posible repensar el diseño del IFN. A futuro se deberá trabajar en el análisis estadístico de las diferentes



variables para los distintos tipos de bosques y para cada ecorregión, con la finalidad de ajustar el número de unidades de muestreo a instalar, así como explorar nuevas formas y tamaños de las mismas.

Para poder asegurar su continuidad y la frecuencia en la remediación, será necesario realizar la evaluación costo-beneficio de aquellas variables de menor relevancia y demanda. A su vez, se deberán incorporar aquellas variables nuevas que permitan dar respuesta a las actuales necesidades de información (tales como especies exóticas invasoras en ecosistemas boscosos nativos, carbono en biomasa forestal, entre otras).

Se necesita conseguir fuentes de financiamiento que aseguren la frecuencia y continuidad del IFN, ya que este debe ser permanente para establecer un monitoreo confiable y que genere alertas tempranas para mejorar la gestión en el corto y mediano plazo.

Se deberá procurar la armonización de aquellas variables que así lo permitan con los demás países de la región, sobre todo con los que se comparte una cierta composición florística, lo cual facilitará el análisis para organismos internacionales.

Actualmente, la DGF está utilizando como herramienta para el levantamiento y procesamiento de datos de inventarios el paquete Open Foris desarrollado por la FAO, específicamente, Collect y Collect Mobile.

Por último, es de destacar la donación de instrumental de mensura por la FAO en el año 2017, a través del proyecto Monitoreo Forestal Nacional y los Sistemas de Información para un proceso REDD+ transparente y veraz.



© DGF, Uruguay

REFERENCIAS

Decreto N.º 452/988. Reglamentación de la Ley Forestal N.º 15939. Presidente de la República de Uruguay, Montevideo, Uruguay, 6 de julio de 1988. (disponible en: www.impo.com.uy/bases/decretos/452-1988).

Dirección General Forestal (DGF). 2018. *Metodología de elaboración de la Cartografía Forestal Nacional 2018*. Montevideo. (disponible en: www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/metodologia-elaboracion-cartografia-forestal-nacional-2018).

DGF. 2019. *Resultados del Inventario Nacional Forestal de Bosque Nativo: Etapas 2009-2016*. Montevideo. (disponible en: www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/resultados-del-inventario-nacional-forestal-bosque-nativo).

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 2003. *Good Practice Guidance for Land-Use, Land-Use Change and Forestry*. Preparado por National Greenhouse Gas Inventories Programme, Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger G., Pipatti R., Buendia L., et al. (coords). Hayama (Japón), Institute for Global Environmental Strategies. (disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf).

IPCC. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – A primer*. Preparado por National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Miwa K., Srivastava N. and Tanabe K. (coords). Hayama (Japón), Institute for Global Environmental Strategies. (disponible en: www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf).

Ley N.º 15939. Ley Forestal - Fondo Forestal - Recursos Naturales. Asamblea General de Uruguay, Montevideo, Uruguay, 28 de diciembre de 1987. (disponible en: www.impo.com.uy/bases/leyes/15939-1987).

Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP). 2018. *Estrategia Nacional de Bosque Nativo*. Montevideo. (disponible en: www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/estrategia-nacional-bosque-nativo).



INVENTARIOS FORESTALES NACIONALES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Hacia la armonización de la información forestal

Los inventarios forestales nacionales (IFN) son una de las principales fuentes de información forestal. En este libro se describe la importancia e historia de los IFN de América Latina y el Caribe, región especialmente relevante por la extensión y la biodiversidad de sus bosques. Se abordan las metodologías de recolección de datos y estimación de los indicadores más importantes en 21 países. Asimismo, se analizan las similitudes y diferencias de los diseños de los IFN, los desafíos y oportunidades, y las perspectivas futuras, lo cual muestra que la información generada por los países es diversa y se debe armonizar para satisfacer los compromisos y oportunidades en la gestión sostenible de los bosques en el siglo XXI. Esta publicación marca un hito en el inicio del proceso de armonización hacia la transparencia de los datos del sector forestal de América Latina y el Caribe, y constituye la primera labor de una red de expertos y colaboradores de IFN de esta región.

ISBN 978-92-5-135372-1



9 789251 353721

CB7791ES/1/12.21