

**Volumen 4**

**Marco conceptual y metodológico para la  
Fase I (Premuestreo) y la Fase II (Muestreo)**

**Inventario forestal nacional de Costa Rica**



2015

Dentro del marco del Inventario Forestal Nacional, y como parte de las actividades del Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD/CCAD-GIZ), se ha elaborado una serie de publicaciones para la ejecución del Inventario Forestal Nacional y las acciones de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de la estrategia REDD. En esta publicación se desarrolla el marco conceptual y metodológico para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014.

634.920.972.86

C8375m Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Áreas de Conservación

Marco conceptual y metodológico para la Fase I (Premuestreo) y la Fase II (Muestreo) Inventario forestal nacional de Costa Rica volumen 4 / SINAC, Programa REDD/CCAD- GIZ, FONAFIFO ; compilado por el Ingeniero Jorge Fallas Gamboa . - - San José, Costa Rica : Programa REDD/CCAD-GIZ, 2015  
134 p. : 28 cm.

ISBN: 978 -9977-50-123-9

1. BOSQUES. 2. MANEJO FORESTAL 3. INVENTARIO FORESTAL. 4. SECTOR FORESTAL 5. COSTA RICA I. Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación en Bosques en Centroamérica y República Dominicana II. Fallas Gamboa, Jorge, comp.

#### Responsable técnico Programa REDD/CCAD/GIZ

Abner Jiménez

Especialista Sectorial

Programa REDD para América Central y República Dominicana

<http://www.reddccadgiz.org>

#### Citar como:

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) – Programa REDD-CCAD-GIZ, 2015. Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014: Marco conceptual y metodológico para las fases de premuestreo y muestreo. Compilado por el Ing. 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, Costa Rica. 134 p.

#### Responsables técnicos nacionales

Comité Técnico Director del IFN Costa Rica

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac)

Gilbert Canet Brenes – Director del Inventario Nacional Forestal (IFN)

María Isabel Chavarría E. – Coordinadora técnica IFN

Mauricio Castillo Núñez – Especialista en teledetección

Carlos Varela Jiménez – Ing. agrónomo

#### Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo)

Alberto Méndez

María Elena Herrera

Guisella Quirós

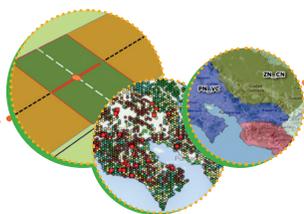
Javier Fernández - Consultor

#### Contribuciones

El marco conceptual de este inventario fue desarrollado en forma concertada por distintas instituciones nacionales mediante dos talleres de expertos organizados en el 2011 por el Sinac y el Fonafifo. El desarrollo metodológico parte de una malla de puntos de clasificación de bosques (Ortiz, 2013), mediante la cual se establece el diseño de pre-muestreo, muestreo y la organización del trabajo de campo. Este proceso fue realizado por los técnicos del Programa REDD/CCAD/GIZ en conjunto con el Sinac y la colaboración del Ing. Jorge Fallas Gamboa, como consultor.

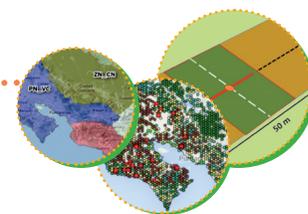
#### Edición

Elizabeth Mora

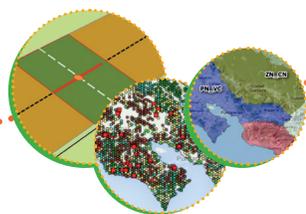


# Contenido

<b>Presentación</b> .....	5
<b>Introducción</b> .....	7
Acciones preparatorias y definición de los objetivos del IFN .....	8
Estratificación: enfoque y premisas .....	9
Clases de uso y cobertura del suelo .....	11
<b>Diseño de muestreo</b> .....	14
Población y marco de muestreo .....	14
Selección de las áreas de muestreo .....	16
Estimación de la media, variabilidad y tamaño de muestra .....	17
Compilación y análisis de los datos .....	17
Estimación del tamaño de muestra por tipo de uso-cobertura .....	29
Tamaño y forma de la parcela .....	35
Descripción del área de muestreo: diseño de la parcela y variables a cuantificar .....	38
<b>Fase I. Premuestreo. Validación de protocolos y del tamaño de muestra</b> .....	41
Objetivos de la Fase I .....	41
Cuadrilla de campo .....	41
Asignación de parcelas a medir por estrato .....	45
Cronograma de ejecución de la Fase I del IFN .....	52
Controles de calidad .....	57
<b>Resultados de la Fase I</b> .....	58
Parcelas planificadas y medidas .....	58
<b>Resultados de las extensiones de área en la parcela principal</b> .....	59
Área basal media y variabilidad por hectárea para estratos de bosques y plantaciones .....	59
Lecciones aprendidas con la Fase I del IFN .....	71
<b>Fase II. Muestreo. Planificación del inventario</b> .....	80
Estimación del tamaño de muestra por tipo de uso-cobertura .....	80
Asignación de parcelas a medir por estrato .....	82
Tiempo de ejecución de la Fase II del IFN .....	90



<b>Protocolo de Control de calidad de los datos del inventario forestal nacional</b> .....	91
Criterios generales y definiciones .....	91
Aseguramiento de la calidad y control de calidad .....	92
Evaluación independiente de la calidad de los datos del inventario forestal .....	93
Supuestos .....	95
Insumos .....	95
Procedimiento .....	96
Cuadrilla de campo .....	96
<b>Bibliografía</b> .....	97
<b>Anexo 1. Descripción de los estratos de uso-cobertura</b> .....	99
Bosque .....	99
Bosque maduro .....	99
Bosque secundario .....	99
Plantaciones forestales .....	105
Pasto con árboles .....	105
Humedales: bosques de palmas y manglares .....	105
Bosques y pastos con árboles en territorios indígenas .....	109
Bosques y pastos con árboles en áreas silvestres protegidas .....	110
Bibliografía .....	113
<b>Anexo 2. Definiciones de bosque utilizadas en los mapas de cobertura forestal de Costa Rica</b> .....	114
Cobertura forestal .....	114
Bosque .....	114
Bibliografía .....	114
<b>Anexo 3. Datos de parcelas compiladas por Ulate (2011)</b> .....	115
Datos de biomasa .....	116
Bibliografía .....	118
<b>Anexo 4. Inventario Forestal Piloto 2001</b> .....	119
<b>Anexo 5. Bosque maduro: un vistazo en imágenes de alta resolución</b> .....	121
<b>Anexo 6. Pasto con árboles: un vistazo en imágenes de alta resolución</b> .....	123
<b>Anexo 7. Planificación de la ruta de acceso</b> .....	130
<b>Anexo 8. Tiempo requerido para el establecimiento de una parcela de difícil acceso (Fase I)</b> .....	131
<b>Anexo 9. Curso de capacitación para la Fase I IFN-CR</b> .....	133
<b>Anexo 10. Curso de capacitación para la Fase II IFN-CR</b> .....	134



## Presentación

El Inventario Forestal Nacional de Costa Rica (IFN) es una iniciativa del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac), con el apoyo técnico y financiero del Programa REDD/CCAD/GIZ. En primera instancia, esta iniciativa obedece a una necesidad institucional de la Administración Forestal del Estado: conocer las existencias forestales del país, su ubicación, extensión, estado, composición florística y biodiversidad forestal, con el fin de contar con un insumo fundamental para la planificación y el ordenamiento de las tierras forestales del país. Sin embargo, en sí mismo, el IFN busca ser una herramienta para la aplicación y toma de decisiones acordes con las políticas del sector forestal costarricense.

Otro de los propósitos fundamentales del inventario es servir de base del Sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de la estrategia REDD propuesta por el país.

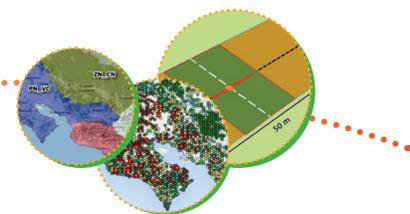
Este primer inventario forestal de Costa Rica 2013-2014, se ha diseñado en forma tal que permita generar información en cantidad y calidad para que distintos usuarios gubernamentales y no gubernamentales que forman parte del sector forestal, puedan proponer acciones informadas para el manejo y conservación de los recursos forestales del país.

El proceso del inventario ha cumplido con las diversas etapas que se requieren para conseguir un producto de alta calidad; entre ellas, la definición de los objetivos, la creación de la base cartográfica para su diseño, el diseño del muestreo, la definición de variables a medir, la planificación e implementación de la campaña de campo y, finalmente, el procesamiento, análisis e interpretación de los resultados.

La ejecución del IFN ha sido responsabilidad de un Comité Director, compuesto por funcionarios de la AFE (Sinac y Fonafifo), con la participación de asesores invitados. La función primordial del Comité Director fue orientar las actividades para que se cumplieran los objetivos establecidos para el IFN y el mecanismo MRV de REDD.

Presentamos a la comunidad costarricense este cuarto volumen de una serie de publicaciones resultado del IFN. Este **Marco conceptual y metodológico para las fases de premuestreo y muestreo** del IFN ofrece, a partir de los objetivos establecidos para el IFN, las consideraciones para la estratificación, las definiciones de bosque y otros estratos, el diseño de muestreo, fuentes de datos para los cálculos de tamaño de muestra en las Fases I y II, y la organización y tiempos invertidos en la ejecución del inventario.

Gilbert Canet Brenes  
Director del IFN – Costa Rica  
Sinac- Minae





## Introducción

El Inventario Forestal Nacional (IFN) tiene como fin cumplir con dos competencias de la Administración Forestal del Estado (AFE). Por una parte, materializar el mandato del inciso h, Art. 6 de la Ley Forestal 7575, el cual dice “realizar el inventario y la evaluación de los recursos forestales del país, de su aprovechamiento e industrialización” y, por otra parte, establecer la base del sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de la estrategia REDD<sup>1</sup> propuesta por el país. Se espera que el IFN genere información básica para el manejo de los recursos y servicios que proveen los ecosistemas forestales y los árboles fuera del bosque y que, además, pueda repetirse en el tiempo para estimar y reportar los cambios en la cobertura forestal y en las reservas de carbono, datos requeridos para el MRV de la estrategia REDD<sup>2</sup>.

Según el Reglamento de la Ley Forestal, el manejo forestal sostenible consiste en la “*administración del recurso forestal orientada a asegurar que todos los bienes y servicios derivados de los bosques abastezcan las necesidades actuales; mientras que al mismo tiempo aseguren su capacidad y contribución continua para las futuras generaciones. El manejo forestal abarca los aspectos administrativos, legales, técnicos, económicos, sociales y ambientales de la conservación, protección y uso de los bosques. Implica varios grados de intervención humana deliberada, que van desde acciones que intentan salvaguardar y mantener los bosques y sus funciones, a acciones destinadas a favorecer especies, o grupos de especies, valoradas económica o socialmente para mejorar la producción de bienes y servicios*”<sup>3</sup>.

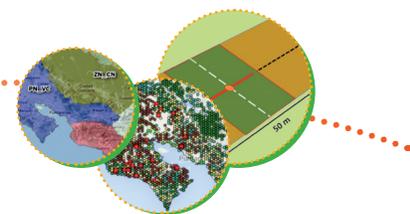
Como parte de las actividades previas a la formulación y desarrollo del IFN, se han realizado las siguientes tareas:

1. Taller Nacional de Expertos para analizar o sugerir la metodología para la línea de base y el sistema MRV de la Estrategia Nacional REDD+ de Costa Rica. Este taller fue organizado por el Fondo Nacional para el Financiamiento Forestal (Fonafifo) y se realizó el 20 y 21 de setiembre del 2011 (Sinac-Fonafifo 2011a).
2. Taller de Expertos para analizar y definir los lineamientos para el diseño del IFN. Este taller fue organizado por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) y se realizó el 20 y 21 de noviembre del 2011 (Sinac-Fonafifo 2011b).
3. Formalización de enlaces regionales para el apoyo a la fase de campo del IFN. Para los efectos, el Director Ejecutivo del Sinac envió un memorando a los Gerentes de Manejo de Recursos Naturales de las Áreas de Conservación (11 junio 2013, Sinac-DE-1328).
4. Elaboración de nueva cartografía forestal a partir de imágenes RapidEye (<http://www.rapideye.com/>) con una resolución de cinco metros. Estas imágenes permiten discriminar entre tipos de bosque y otros usos del suelo (Ortiz 2014).
5. Preparación de una lista maestra de especies forestales con su respectiva clave de nomenclatura para facilitar la identificación en el campo.
6. Identificación y valoración de ecuaciones alométricas requeridas para el inventario y el mecanismo MRV-REED.

<sup>1</sup> Para mayores detalles acerca de la Evolución de REDD ver [http://unfccc.int/files/methods/redd/submissions/application/pdf/redd\\_20091216\\_carbon\\_planet\\_the\\_history\\_of\\_redd\\_carbon\\_planet.pdf](http://unfccc.int/files/methods/redd/submissions/application/pdf/redd_20091216_carbon_planet_the_history_of_redd_carbon_planet.pdf)

<sup>2</sup> Reforma al Reglamento de la Ley Forestal N° 36062-Minaet. Adición al artículo 2 y modificación de los artículos 49 y 65 del Decreto Ejecutivo N° 25721-Minae, Reglamento de la Ley Forestal, del 17 de octubre de 1996

<sup>3</sup> Reforma al Reglamento de la Ley Forestal N° 36062-Minaet. Adición al artículo 2 y modificación de los artículos 49 y 65 del Decreto Ejecutivo N° 25721-Minae, Reglamento de la Ley Forestal, del 17 de octubre de 1996.



7. Proyecto de investigación UNA-Sinac-GIZ (2013-2015) para el desarrollo de modelos alométricos que permitan estimar la biomasa en ecosistemas boscosos de Costa Rica.
8. Taller para conocer los avances de la estrategia de ejecución del IFN (1 y 20 de agosto de 2013).

Este documento describe el marco conceptual del Inventario Forestal Nacional, la metodología y el análisis de los datos que permitieron estimar el tamaño de muestra para la Fase I (premuestreo) y Fase II (muestreo) del IFN (Figura 1).



**Figura 1.** Etapas, procesos y tareas del Inventario Forestal Nacional de Costa Rica

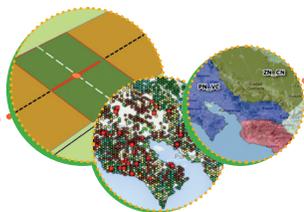
Fuente: Sinac (2013). ADII: Asociación de Desarrollo Integral Indígena.

## Acciones preparatorias y definición de los objetivos del IFN

El IFN tiene como objetivo general “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”.

Sus objetivos específicos son:

1. Determinar el área de cobertura forestal del país por tipos de bosque.
2. Determinar las existencias y el estado productivo por tipos de bosque (dendrometría, especies, abundancia, biomasa y las existencias de carbono relacionadas).
3. Servir de base para la determinación de tasas de recuperación, deforestación y degradación de los bosques.
4. Generar información para el sistema MRV de la Estrategia Nacional REDD-Costa Rica.
5. Generar información para orientar el ordenamiento de tierras forestales y atender los compromisos del país en el ámbito nacional e internacional.



El IFN es responsabilidad de un Comité Director compuesto por funcionarios del Sinac y Fonafifo. La función de dicho comité es orientar las actividades de la AFE para que se cumpla con los objetivos establecidos para el IFN y los mecanismos acordados para el sistema MRV-REDD. Los criterios de integración para la realización del IFN y el sistema MRV de la Estrategia Nacional REDD fueron acordados mediante dos talleres preparatorios realizados en los meses de setiembre y noviembre del año 2011. Asimismo, el 31 de julio de 2012 se firmó un memorando de entendimiento entre Sinac y Fonafifo (Sinac-DE-1424), con el aval del Sr. Laszlo Pancel, Director Regional Programa REDD/CCAD/GIZ, para la dirección y ejecución del IFN.

## Estratificación: enfoque y premisas

La conversión total o parcial de los bosques a otros usos de la tierra hace que aumenten las emisiones a la atmósfera de gases con efecto invernadero (GEI); por el contrario, la recuperación de zonas boscosas mediante la regeneración o reforestación y la conservación reducen dichos niveles y contribuyen a la meta mundial de reducción de GEI establecida por el IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) para evitar impactos antrópicos adicionales en el sistema climático. REDD (reducción de emisiones por deforestación y degradación) es uno de los mecanismos de mitigación más importantes. Su objetivo es promover actividades que reduzcan la deforestación y degradación de la cobertura forestal y, a la vez, impulsen el uso sostenible en un entorno de transparencia y participación comunitaria.

El monitoreo, reporte y verificación (MRV-REDD) es el mecanismo que permite cuantificar y verificar la reducción de emisiones, en relación con un escenario de referencia, como resultado de la implementación de la estrategia REDD, así como los beneficios e impactos futuros del programa. En la decisión 4/CP15 de la Decimoquinta Conferencia de las Partes de REDD realizada en Copenhague en el 2009, se describe el monitoreo como la *“necesidad de contar con información periódica sobre resultados obtenidos a través de las medidas y políticas nacionales”*; en tanto que medición, reporte, verificación (MRV) se refiere al cálculo y estimación, informe a nivel internacional acerca de las emisiones y absorciones y respectiva verificación por parte de terceros independientes que comprueben lo reportado.

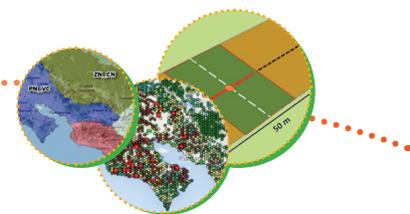
El inventario forestal nacional es uno de los componentes del MRV. La Decisión 1/CP16, sesión C de los Acuerdos de Cancún (2010) alienta a los países en desarrollo a reducir sus emisiones por deforestación y/o degradación forestal, conservar e incrementar las reservas forestales de carbono y gestionar de modo sostenible el bosque<sup>5</sup>.

El sistema de monitoreo incluye, además, un subsistema de generación de informes y otro de almacenamiento de la información. Los países que se acojan a la propuesta de REDD deberán demostrar reducciones de emisiones verificables y creíbles en cuanto a la deforestación y/o degradación de los bosques, en comparación con el escenario de referencia para obtener incentivos financieros basados en resultados concretos.

Una vez iniciada la estrategia REDD se deben estimar las existencias de carbono (en t CO<sub>2</sub>-equivalente) en una determinada fecha, y compararlas con las existencias definidas para la línea base y en otros eventos de monitoreo. La diferencia entre las existencias de carbono corresponde a la reducción de emisiones reales derivadas de la implementación de REDD.

<sup>4</sup> <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/spa/11a01s.pdf>

<sup>5</sup> <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/spa/07a01s.pdf>



La metodología general del sistema de monitoreo requiere de tres datos en concreto: a) un sistema para calcular las áreas (en hectáreas) para cada tipo de bosque; b) la cantidad de biomasa medida por tipo de bosque; c) la fracción de carbono por unidad de biomasa para cada tipo de bosque. Para mejorar las estimaciones de las existencias de carbono en cada evento de monitoreo es indispensable estratificar los bosques según su contenido de biomasa, o por medio de una variable altamente correlacionada, como el área basal (AB).

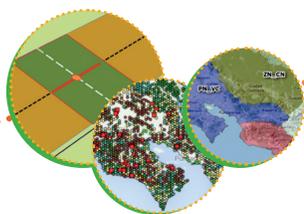
En el contexto del IFN y del MRV-REDD, se partió la definición de bosque ofrecida por Costa Rica para los proyectos de los mecanismos de desarrollo limpio (MDL) y consensuada en los talleres realizados en el 2011 (Sinac-Fonafifo 2011 a y b). Nótese que la diferencia entre ambas versiones de la definición es más técnica que conceptual. La primera versión aclara que se trata de la “cobertura de dosel (o el equivalente en densidad)”, en tanto que la segunda pone el énfasis en “una cobertura del dosel (copa) de más de 30%”.

Definición de bosque utilizada por Costa Rica para los proyectos MDL	Definición de bosque utilizada por Costa Rica para el IFN y MRV-REDD
<p>“Bosque es una área de tierra con un tamaño mínimo de 1,0 hectárea con una cobertura de dosel (o el equivalente en densidad) de más de 30%, con árboles con un potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros a su madurez <i>in situ</i>. Un bosque puede consistir de formaciones cerradas donde los árboles de varios estratos y sotobosque cubren una alta proporción del terreno, o de bosque abierto. 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”.</p>	<p>“Bosque es un área de tierra con un tamaño mínimo de 1,0 hectárea, con una cobertura de dosel (copa) de más de 30%, con árboles con un potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros a su madurez <i>in situ</i>. Un bosque puede consistir de formaciones cerradas donde los árboles de varios estratos y sotobosque cubren una alta proporción del terreno, o de formaciones abiertas con cobertura del dosel (copa) de más de 30%. 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”.</p>

La segunda versión es compatible con las definiciones legales de bosque y ecosistema boscoso adoptadas por Costa Rica en la Ley Forestal no. 7575 del 13 de marzo de 1996 (Alcance 21, La Gaceta no. 7216/04/1996).

“**Bosque:** 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)”. (Art. 3).

“**Ecosistema boscoso:** composición de plantas y animales diversos, mayores y menores, que interaccionan: nacen, crecen, se reproducen y mueren, dependen unos de otros a lo largo de su vida. Después de miles de años, esta composición ha alcanzado un equilibrio que, de no ser interrumpido, se mantendrá indefinidamente y sufrirá transformaciones muy lentamente”. (Art. 3).



## Clases de uso y cobertura del suelo

Por las características abióticas, la vegetación natural predominante de Costa Rica es el bosque y, por su condición de puente biológico entre América del Norte y del Sur, sus ecosistemas forestales han recibido aportes de las regiones Neártica (provincia xérica mexicana y provincia montañosa boreal) y Neotropical (provincias amazónica, andina o del páramo y xérica suramericana).

La diversidad biológica se asocia, en especial, con la cobertura del bosque. De hecho, la expresión actual de la biodiversidad, área basal, volumen y contenido de biomasa de la porción terrestre del territorio costarricense es el resultado de la intervención humana sobre los ecosistemas originales; sin duda alguna, el factor antrópico es el principal impulsor directo de cambio.

El propósito de la estratificación en el IFN es dividir la población a muestrear en estratos homogéneos con respecto a la variable 'área basal'. Una de las premisas fundamentales de la estratificación es que se pueda lograr un diseño más eficiente, al reducir el número de parcelas requerido para lograr un error predeterminado con un intervalo de confianza (IC) dado. Para lograr lo anterior se requiere de una estimación previa de la distribución espacial de la variable de interés -en nuestro caso, el área basal por hectárea-.

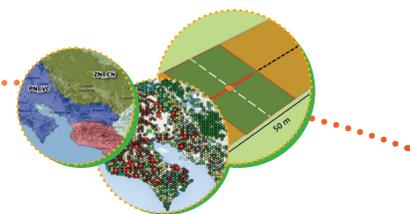
Si no se cuenta con tal estimación, se pueden utilizar variables indicadoras (covariables) correlacionadas con la variable de interés para subdividir la población en estratos homogéneos. La delimitación de los estratos permitirá ubicar las unidades de muestreo considerando tanto criterios estadísticos como de accesibilidad y costo, lo cual redundará en una asignación óptima de recursos humanos y económicos.

Todo esquema de estratificación es una conceptualización abstracta de la situación típica que se espera encontrar en el campo en un momento dado. El sistema de clasificación utilizado para la estratificación sigue tanto las recomendaciones técnicas del IPCC (Penman et al. 2003) como los requerimientos de reporte sobre el estado de la biodiversidad exigidos por la legislación costarricense. Las características genéricas del esquema de estratificación son las siguientes:

1. *Jerárquico*. Se parte de la premisa de que el uso-cobertura del suelo puede clasificarse a partir de los niveles recomendados por el IPCC para el monitoreo de carbono y por la legislación de Costa Rica para el reporte del estado de la biodiversidad. Tales niveles son:

*Nivel 1*: es el menos detallado y se elabora a partir de imágenes de sensores remotos y verificación de campo (Cuadro 1). Como parte del IFN, se preparó la cartografía de uso-cobertura del suelo para Costa Rica, por medio de imágenes RapidEye<sup>6</sup> del año 2012 con una resolución de 5 m y con una unidad mínima de mapeo de 1 ha (Costa Rica 2015). El mapa identificó las siguientes clases de uso-cobertura: bosque maduro, bosque secundario, bosque deciduo, bosque de palma, rodales de mangle, plantaciones forestales, pasto con y sin árboles, no forestal (agricultura, agua, humedales, suelo desnudo, arena, infraestructura) y nubes-sombra de nubes. Sin embargo, cuando se inició la Fase I del IFN, en el año 2013, no se contaba con la cartografía final y, por lo tanto, se utilizó la malla de verificación (10 166 puntos) preparada por Ortiz (2013) como marco de muestreo (equidistancia 2,5 km). El área estimada para cada clase de uso-cobertura, según la malla, se presenta en el Cuadro 2.

<sup>6</sup> <http://www.rapideye.com/>



**Cuadro 1.** Tipología de uso-cobertura del suelo utilizada para el IFN y MRV-REDD en Costa Rica\*

Clase	Subclase	Tipo	Código
Bosques			1
	Bosque**		11
		Maduro	112
		Deciduo	113
		Secundario	114
		Palmas	115
		Manglar	116
	Plantación forestal**		12
Agricultura			2
Pastos			3
	Pasto con árboles**		31
	Pasto sin árboles		32
	Páramo		33
Humedales			4
Asentamientos			5
Otras tierras			6

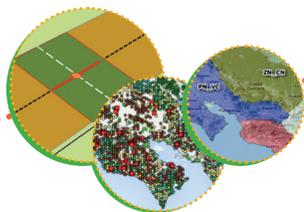
\* Según la malla de puntos de Ortiz (2013), el 50,2% correspondieron a bosque.

\*\* Uso-cobertura muestreada en el IFN.

**Cuadro 2.** Extensión por clases de uso-cobertura del suelo en Costa Rica

Estrato	No. puntos	Área	
		km <sup>2</sup>	%
Bosque maduro	2544	12 787,57	25,02
No forestal	1554	7811,27	15,29
Pastos con árboles	1441	7243,27	14,17
Bosque secundario	1368	6876,33	13,46
Pastos sin árboles	1147	5765,46	11,28
Nubes y sombras nubes	1127	5664,93	11,09
Bosque deciduo	688	3458,27	6,77
Bosque de palma	121	608,21	1,19
Plantación forestal	81	407,15	0,80
Rodal de mangle	71	356,89	0,70
Páramo	24	120,64	0,24
<b>Total</b>	<b>10 166</b>	<b>51 100</b>	<b>100</b>

\* Fuente: Elaborado a partir de malla de puntos de Ortiz (2013).



El sistema de clasificación de uso-cobertura utilizado para la estratificación responde tanto a las necesidades del sistema de MRV-REDD Costa Rica, como al manejo forestal sostenible de los bosques y árboles fuera del bosque y, en general, a la gestión de la biodiversidad según la legislación costarricense (Ley Forestal, Ley de Biodiversidad) y convenciones internacionales de las cuales el país es signatario (Diversidad Biológica y Cambio Climático).

El manual de “buenas prácticas del IPPC” (Penman et al. 2003) recomienda distinguir entre bosque manejado y no manejado; sin embargo, no se tuvo acceso a información que permitiera hacer dicha distinción. En un futuro se podría utilizar la base de datos compilada a partir de expedientes proporcionados por el Sinac, por Arroyo-Mora et al. (2014) como parte del estudio “Patrones históricos de manejo de bosque natural en Costa Rica” para realizar dicha reclasificación.

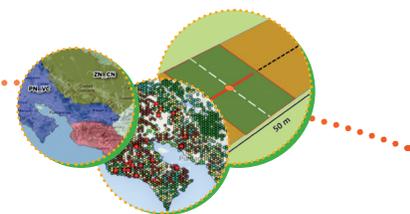
*Nivel 2:* Estratos de bosques según criterios técnicos biogeográficos, fisionómicos, fisiográficos, estacionalidad; y temporalidad en el caso de cultivos (anuales, permanentes). Este nivel de detalle se requiere para las estimaciones de biomasa y para la evaluación del estado de la biodiversidad nacional. Costa Rica es un país pequeño (51.100 km<sup>2</sup> de superficie terrestre), pero heterogéneo en clima, orografía, topografía, suelos, biogeografía, biodiversidad y tipos e historial de perturbaciones. La combinación de estos factores a lo largo de miles de años ha creado un mosaico de comunidades vegetales muy diversas pero que, a su vez, se caracterizan por cierto grado de homogeneidad a nivel de grandes paisajes o estratos. Una vez concluida la fase de trabajo de campo y analizados los datos se procederá a evaluar la factibilidad de una estratificación a nivel 2.

*Nivel 3:* Clases dentro de bosques según su contenido de carbono y, eventualmente, según riqueza de la biodiversidad. Este nivel de estratificación parte de la premisa de que existen factores abióticos e impulsores de cambios naturales y antrópicos que modulan la respuesta de las variables a medir en las comunidades vegetales (Klijn y Udo de Haes 1994; Omernik 1987, 2004).

Bajo este paradigma se deben elegir factores y variables con un “*marcado efecto en la respuesta del ecosistema*”; o sea aquellos elementos que permitan explicar patrones o cambios en las propiedades y/o procesos de los componentes abióticos (p.e. temperatura, precipitación, topografía) que inciden en el componente biótico (organismos) (Chapin et al. 1997, Lawton 1994, Schlöpfer y Schmid 1999). Una vez concluida la fase de trabajo de campo, confeccionadas las ecuaciones alométricas y estimados los datos de biomasa se procederá a evaluar la factibilidad de una estratificación a nivel 3.

2. *Independiente.* Las clases son mutuamente excluyentes e independientes de los métodos utilizados para coleccionar los datos (p.e. imágenes de satélite, trabajo de campo).
3. *Flexible.* Los datos coleccionados y analizados se pueden utilizar junto con otros datos nacionales, regionales o locales para apoyar procesos de toma de decisiones sobre el uso sostenible de los servicios que proveen los ecosistemas actuales y futuros.
4. *Inclusivo.* La clasificación aplica a todos los usos y coberturas naturales terrestres presentes en el territorio nacional.
5. *Adaptativo.* En el futuro se pueden adicionar niveles, subclases o tipos al sistema para responder a preguntas particulares de diferentes actores nacionales e internacionales.

En el Anexo 1 se presenta la descripción de los estratos de uso-cobertura utilizada en el IFN.



## Diseño de muestreo

El diseño de muestreo es la estrategia utilizada para obtener una muestra válida y representativa de una población. Para ello, se debe definir la población, las unidades de muestreo, el método utilizado para obtener la muestra (Cochran 1977) y las personas encargadas de las mediciones, del análisis y la difusión de datos. El diseño del plan de muestreo debe asegurar, por una parte, que los datos obtenidos corresponden a una muestra representativa de los parámetros de interés y, por otra parte, responder a todas las preguntas planteadas en los objetivos del inventario. A continuación se describe cada uno de los componentes del diseño de muestreo.

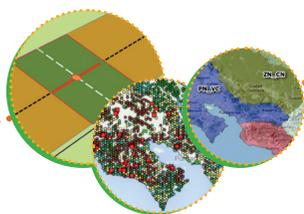
### Población y marco de muestreo

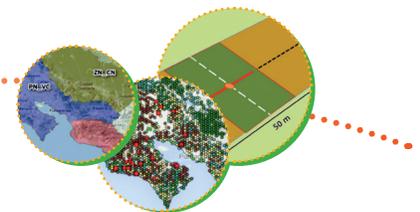
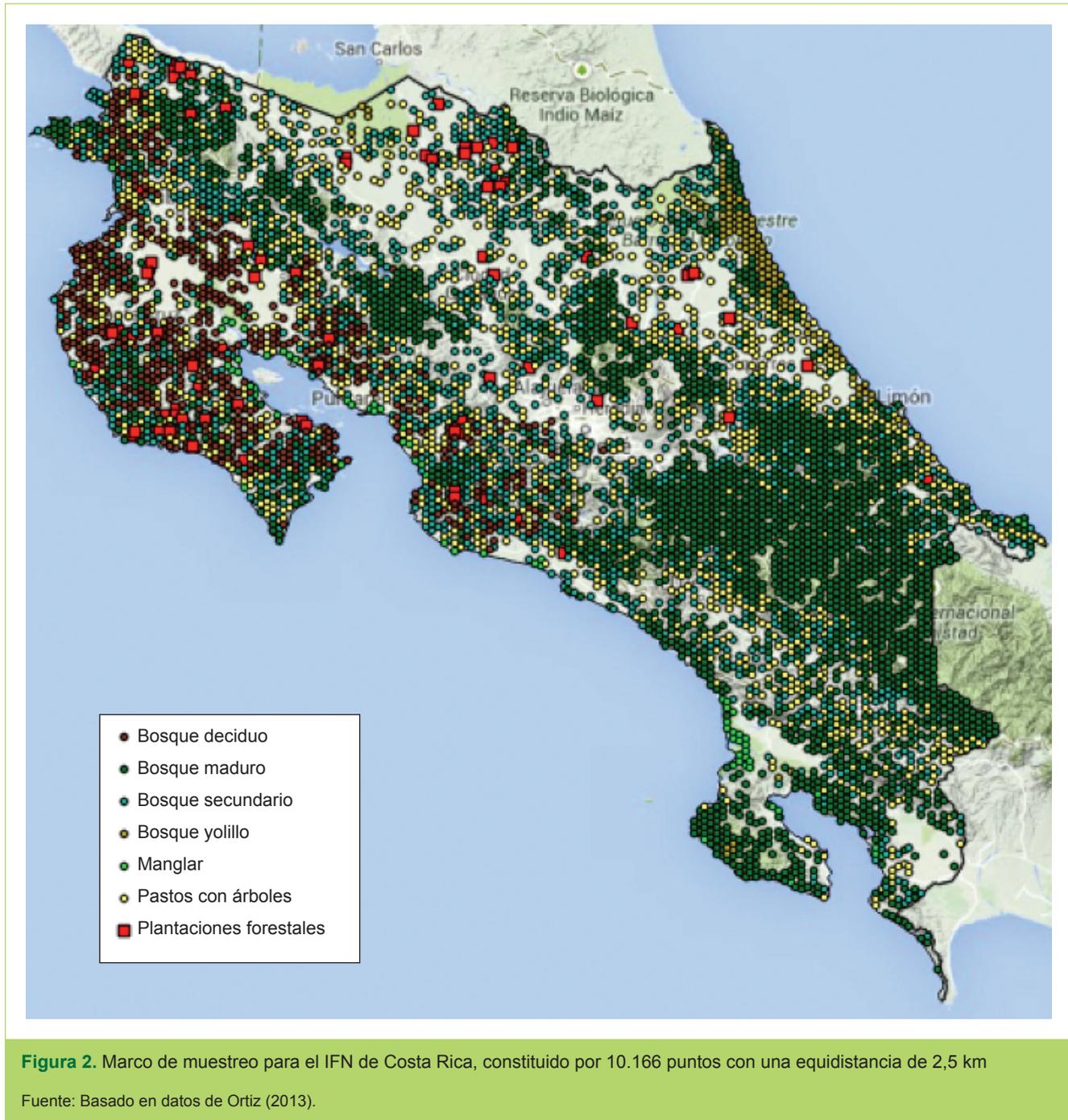
La población es el conjunto de entidades o unidades de muestreo que poseen una o más características cuantificables en común. La población de interés para el IFN está conformada por todas aquellas áreas de los siguientes usos-coberturas que, durante el periodo 2012-2013, tenían una extensión igual o superior a 1 ha: bosque (maduro, secundario, caducifolio, mangle y palma), pastos con árboles y plantaciones forestales del área terrestre de Costa Rica (51.100 km<sup>2</sup>). Cuando se inició el proceso del inventario forestal no se contaba con la cartografía final y, por lo tanto, se utilizó como marco de muestreo una malla de 10.166 puntos con una equidistancia de 2,5 km (Ortiz et al. 2013) (Figuras 2 y 3). Según dicha malla, la población de interés cubre 31.737,69 km<sup>2</sup> (62,23% del área terrestre de Costa Rica); en las imágenes utilizadas para la cartografía, el 9,7% del territorio terrestre (6031,81 km<sup>2</sup>) se encontraba cubierto por nubes y/o sombras de nubes y, por lo tanto, no fue posible determinar su uso-cobertura. Las formaciones boscosas (maduro, secundario, palma, mangle y plantación forestal) cubrían 24.494,42 km<sup>2</sup> (47,93%), en tanto que los pastos con árboles cubrían 7243,27 km<sup>2</sup> (14,17%). En el Cuadro 3 se detalla la extensión territorial por clase de uso-cobertura.

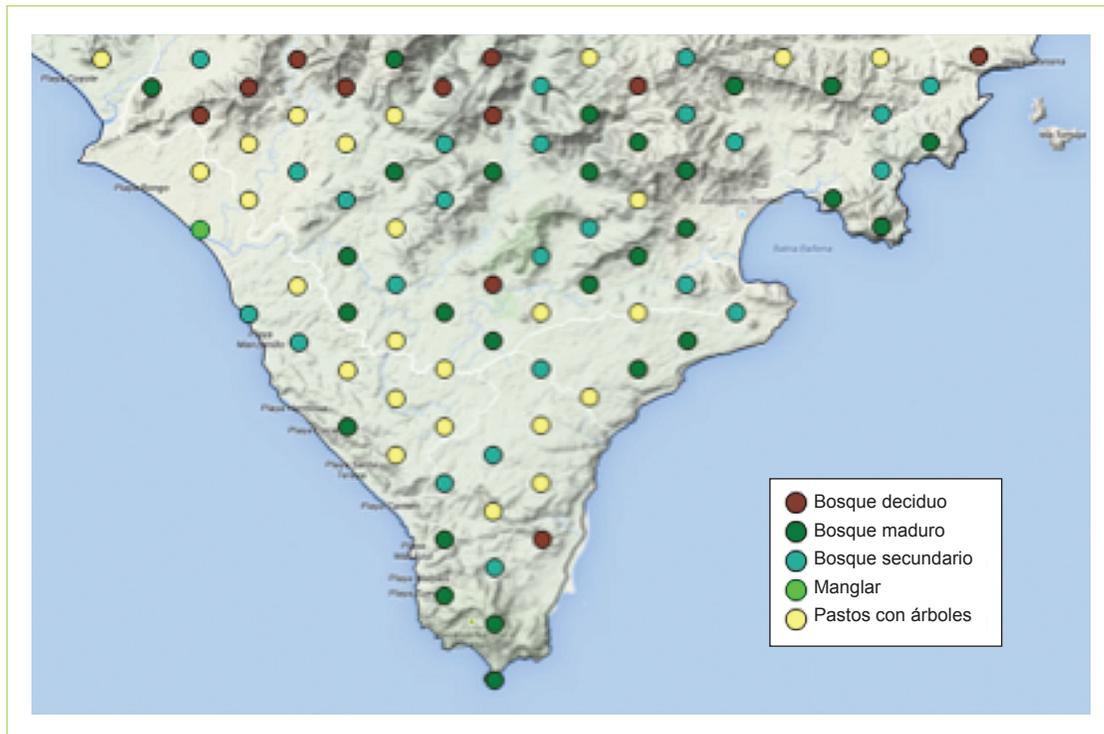
La premisa es que las estimaciones realizadas a partir del marco de muestreo son estadísticamente iguales a las que se habrían obtenido si se hubiese muestreado la población (polígonos). Si este supuesto no se cumple, se introduce un sesgo y un error en las estimaciones de los parámetros de la población. Las unidades de la población se denotan con la letra “N” y el tamaño de la muestra con la letra “n”.

**Cuadro 3.** Extensión de clases de uso-cobertura del suelo determinada para el marco de muestreo del IFN Costa Rica

Clase	Frecuencia	Área (%)	Área (km <sup>2</sup> )
Bosque maduro	2544	25,02	12 787,57
Bosque secundario	1368	13,46	6876,333
Bosque decido	688	6,77	3458,273
Bosque palma	121	1,19	608,2137
Rodal de mangle	71	0,70	356,8857
Plantación forestal	81	0,80	407,1513
<b>Total bosque</b>	<b>4873,00</b>	<b>47,93</b>	<b>24494,42</b>
Pastos con árboles	1441	14,17	7243,272
<b>Total</b>	<b>6314</b>	<b>62,11</b>	<b>31737,69</b>







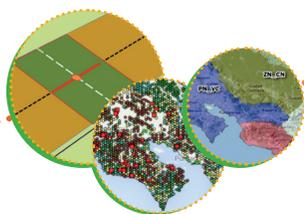
**Figura 3.** Detalle del marco de muestreo, península de Nicoya, para el IFN de Costa Rica

Fuente: Basado en datos de Ortiz (2013).

### Selección de las áreas de muestreo

El diseño de muestreo adoptado para el IFN fue sistemático y estratificado: bosque maduro, bosque secundario (incluye el bosque deciduo), manglar, bosque de palma, plantaciones forestales y pasto arbolado. Las parcelas a mensurar se eligieron en forma sistemática de la malla de 10.166 puntos del marco de muestreo utilizado para el inventario. El esquema o diseño de muestreo describe cómo y cuándo se deben obtener muestras de la población con el fin de realizar las estimaciones de los parámetros de interés para el inventario. Entre los factores que intervienen en la elección del método de muestreo están los siguientes:

- Naturaleza y calidad del marco de muestreo
- Disponibilidad de información auxiliar acerca de las unidades del marco de muestreo
- Exactitud deseada (error de muestreo)
- Costo y condiciones operacionales: ¿cuán difícil es recabar los datos?
- Parámetros de la población que se requiere estimar
- Variabilidad de la población
- Tiempo disponible para realizar el inventario



## Estimación de la media, variabilidad y tamaño de muestra

El tamaño de la muestra es el número de parcelas que se deben mensurar para obtener un error de muestreo dado para una variable y parámetro particular de la población. Estadísticamente, la estratificación parte de la siguiente premisa: la variabilidad espacial de la variable de interés se puede utilizar para dividir la población en subconjuntos similares a lo interno, pero diferentes entre unos y otros.

Los estratos no tienen que ser espacialmente continuos; sin embargo, para los fines prácticos del inventario es deseable que formen bloques regionales. El error de muestreo es una función del nivel de confianza adoptado y el error estándar (EE:  $S/\sqrt{n}$ ) de la muestra, donde “S” es la desviación estándar y “n” el tamaño de la muestra. La teoría de muestreo indica que el error de muestreo se puede reducir tanto si se reduce la variabilidad (S) como si aumenta el tamaño de la muestra (Cochran 1977). Para los fines del inventario, dada la disponibilidad de datos de área basal a nivel nacional, se utilizó dicha variable para estimar el tamaño de muestra por estrato para la primera fase (premuestreo) del IFN.<sup>7</sup>

### Fuentes de datos para determinar tamaño de la muestra del premuestreo

1. Parcelas compiladas por Ulate Quesada (2011) como parte de su tesis de licenciatura en la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR).
2. Parcelas permanentes facilitadas por Fundecor (Fundación de Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central), Universidad Nacional (UNA) e ITCR.
3. Parcelas del inventario forestal piloto (IFP) realizado en el marco de la evaluación de recursos forestales de FRA 2000 (FAO 2000, Kleinn et al. 2001).

## Compilación y análisis de los datos

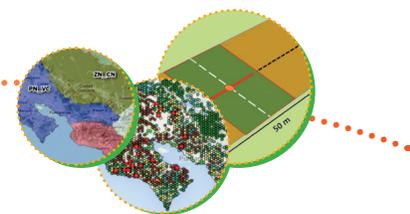
Por contarse con fuentes de datos tan diversas, hay grandes diferencias en cuanto al tamaño de parcela, protocolos de medición y variables dasométricas disponibles para el análisis. Para el IFN, se eligió el área basal por hectárea como la principal variable de interés por las siguientes razones: a) integra tanto el tamaño de los árboles como su frecuencia en la parcela, b) está estrechamente relacionada con el volumen y la biomasa y c) no incluye errores atribuibles a otras fuentes ajenas a las mediciones de campo, como es el caso del volumen o la biomasa (Chave et al. 2004, Ketterings et al. 2001). A continuación se describe el tratamiento dado a cada set de datos.

### Bosque maduro y secundario

#### Datos compilados por Ulate Quesada (2011)

La autora reunió datos de biomasa aérea de la cobertura forestal por zonas de vida y tipos de bosques, publicados por 41 fuentes entre 1970 y 2010. Los autores con mayor número de parcelas fueron: Holdridge et al. 1971 (22), Imbach et al. 2005 (17), Kappelle 2001 (11), Rodríguez 2001 (10), Quirós 2002 (8), Zamora 2010 (8) y Barrantes y Muñoz 1995 (7). De los 951 registros compilados por Ulate Quesada (2011) se seleccionaron 666 con datos de área basal y diámetro mínimo de medición de 5 o 10 cm. En el Anexo 3 se describen con mayor detalle los datos de Ulate (2011); asimismo, en el Anexo 5 se muestran imágenes de alta resolución de Google Earth con la ubicación de algunas parcelas de bosque maduro a lo largo del país.

<sup>7</sup> Uno de los objetivos del inventario es recabar los datos necesarios para estimar biomasa una vez que se concluya la elaboración de ecuaciones alométricas para Costa Rica por parte del equipo de la Universidad Nacional.



Los datos seleccionados se segregaron por ‘tipo de bosque’ (maduro, intervenido y secundario (inicial, intermedio y avanzado)). El área basal media fue estadísticamente diferente ( $p < 0,05$ ) entre los tipos de bosque (Cuadro 4). De las 72 parcelas establecidas en bosque maduro solo 47 poseen coordenadas geográficas (Figura 4); algunas corresponden a conglomerados de parcelas establecidas en un mismo parche de bosque (Figura 4B) y, por lo tanto, no son independientes. Otras se ubican en áreas desprovistas de bosque pero cerca de parches de bosque (Figura 5).

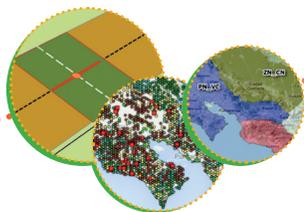
**Cuadro 4.** Parcelas en bosque maduro, secundario e intervenido con datos de área basal ( $m^2/ha$ ) usadas para el diseño del muestreo del IFN Costa Rica\*

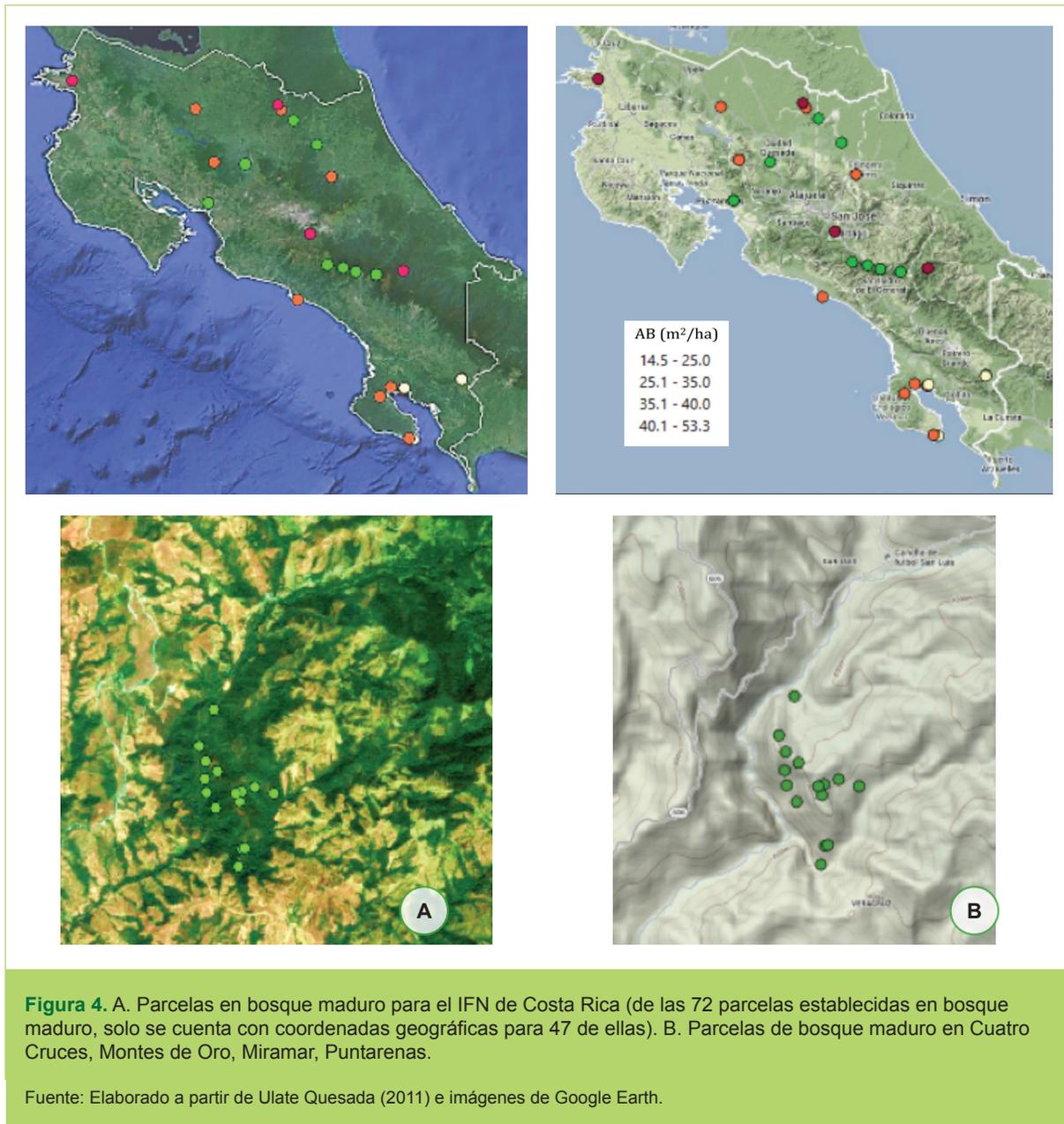
	Todas	Bosque maduro	Bosque intervenido	B.S. tardío	B.S. intermedio	B.S. temprano
N	666	72	304	153	115	22
Media	24,55	34,86	25,66	23,12	19,95	9,41
S	11,12	11,26	9,90	8,61	11,62	6,78
CV%	45,3	32,3	38,6	37,3	58,3	72,0
Min	0,37	14,55	2,14	4,79	2,33	0,37
Q1	17,96	27,86	20,29	17,58	10,78	5,51
Mediana	23,66	31,97	24,29	22,59	18,18	9,30
Q3	30,17	39,82	30,02	28,68	25,40	11,08
Max	74,70	67,50	74,70	51,60	57,21	24,50
Intervalo de confianza (95%)		±2,65	±1,12	±1,38	±2,15	±3,00
Límite inferior		32,21	24,54	21,74	17,80	6,41
Límite superior		37,50	26,78	24,49	22,09	12,42

\* Diámetro mínimo de medición de 5 o 10 cm  
Fuente: Ulate Quesada (2011)

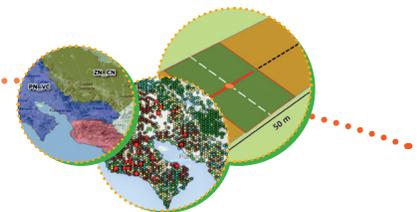
El tamaño de parcela para bosque maduro varió desde 100 a 20.000  $m^2$ ; con una mediana de 1000  $m^2$ ; el 72% de las parcelas tuvo un área inferior o igual a 2500  $m^2$ . Los sitios con la mayor área basal (superior a 40  $m^2/ha$ ) se encuentran en la cordillera de Talamanca, la Reserva Forestal Alberto Brenes, Monteverde, Pital-Yucatán, Montes de Oro-Miramar y el valle de Coto Brus-San Vito. Los cuatro sitios con la menor área basal por hectárea se ubican en el PN Santa Rosa (14,55  $m^2/ha$ ), la zona Norte-Cureña y Boca Tapada (16,03  $m^2/ha$ ), Hotel La Laguna del Lagarto Lodge (Boca Tapada de Pital, San Carlos) (18,4  $m^2/ha$ ) y San Rafael de Bordón, Talamanca (18,89  $m^2/ha$ ).

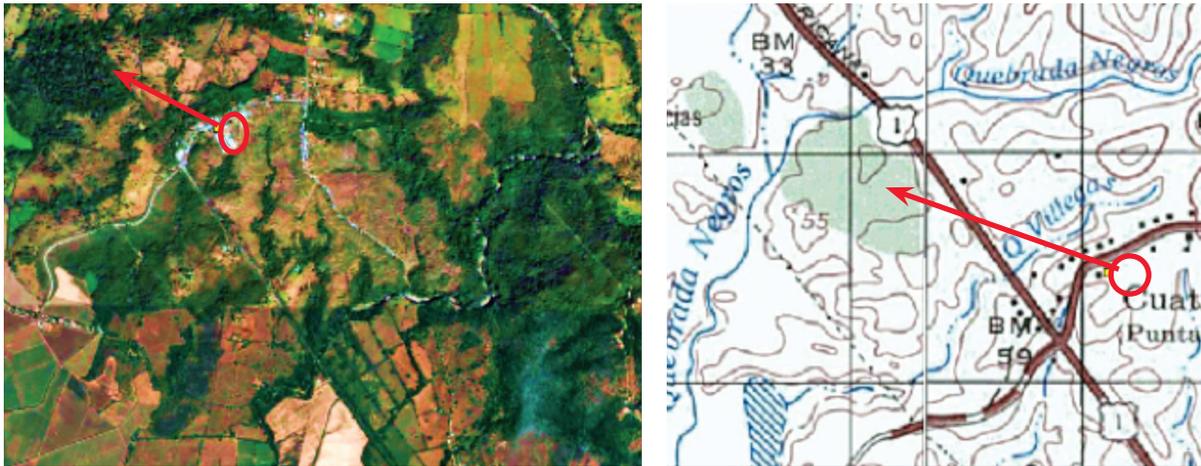
Los datos indican que existe una alta variabilidad en el área basal del bosque maduro (32,3%), lo cual puede atribuirse a los protocolos de medición y la elección de los sitios a medir, pero también a la variabilidad natural del bosque maduro de Costa Rica. Por ejemplo, en un estudio realizado en la Estación Biológica La Selva, con 18 parcelas de 0,5 ha estratificadas por tipo de suelo y topografía y ubicadas al azar con respecto a la estructura del bosque, se encontró que el área basal de la parcela más densa fue 41% mayor que el de la parcela menos densa (Clark y Clark 2000). Otro estudio anterior en el mismo sitio (Holdridge et al. 1971) registró, en una parcela de 0,8 ha, un área basal de 51,4  $m^2/ha$  por encima de gambas, casi el doble de la estimación del estudio de Clark y Clark (2000). En opinión de estos autores, el sitio elegido por Holdridge et al. (1971) no era representativo del paisaje general de La Selva. Los problemas relacionados con la elección de parcelas ya habían sido señalados por Brown y Lugo (1992).





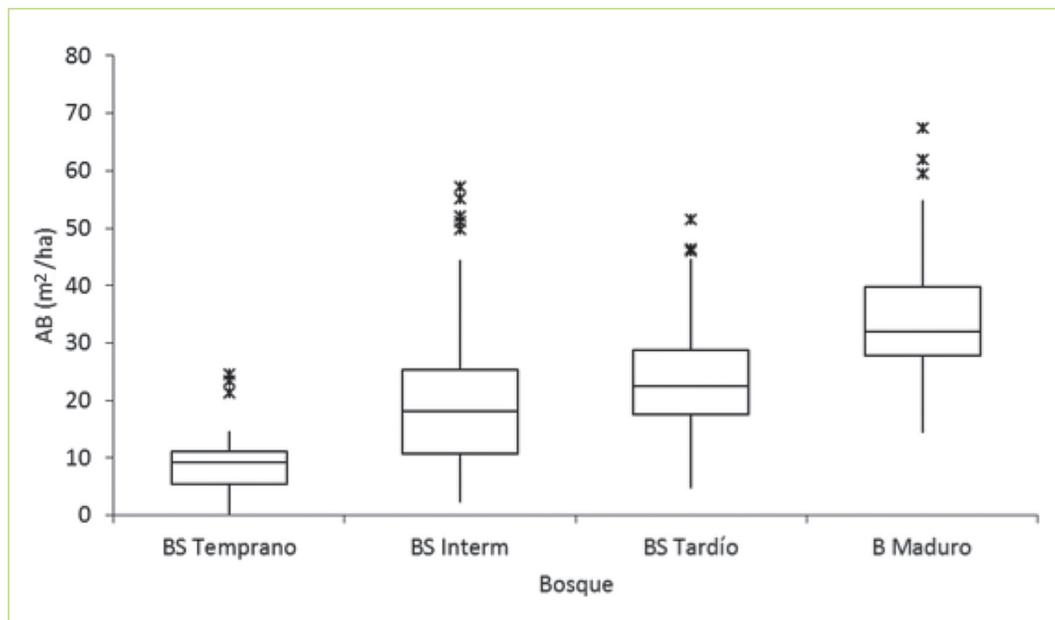
La tendencia en área basal (media y variabilidad) es la esperada para bosques con diferentes estadios de sucesión e intervención. El AB media se reduce al aprovechar el bosque y aumenta conforme la masa forestal pasa de secundario temprano a tardío o avanzado. El bosque secundario intermedio mostró la mayor variación (58,3%), en tanto que el bosque maduro y secundario tardío mostraron una variación similar (37,3% y 32,3%, respectivamente). Como era de esperarse, el bosque secundario temprano mostró la mayor variabilidad (72%) (Figura 6). Todos los estadios de sucesión poseen valores extremos grandes, lo que posiblemente indique que se muestrearon ambientes muy diferentes o con disímiles grados de intervención y recuperación.





**Figura 5.** Parcela con ubicación incorrecta, IFN de Costa Rica

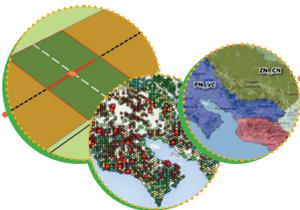
Fuente: Elaborado a partir de Ulate Quesada (2011) e imágenes de Google Earth.



**Figura 6.** Área basal ( $m^2/ha$ ) por estadio de sucesión del bosque (diámetro mínimo de medición de 5 o 10 cm), IFN de Costa Rica

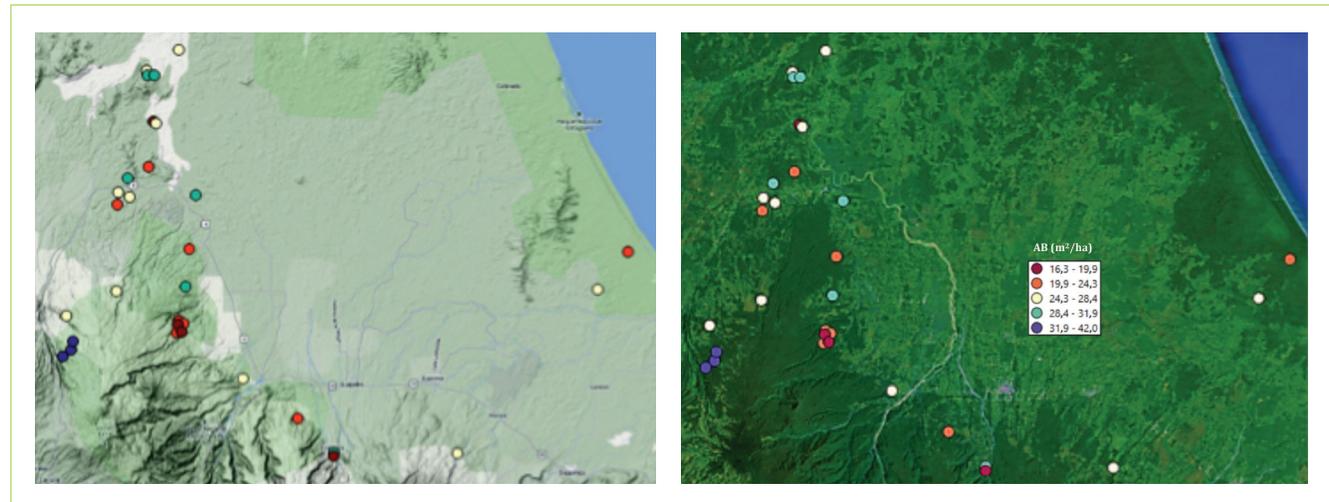
Fuente: Basado en Ulate Quesada (2011).

En síntesis, los datos indican que la segregación de la cobertura forestal por estado de sucesión o de intervención permite reducir la variabilidad de la población de 45,3% a 32,3 -38,6% para el bosque maduro, intervenido y secundario tardío y, a la vez, evidencia la mayor variabilidad del bosque secundario intermedio (58,3%) y temprano (72%).



### Datos de Fundecor

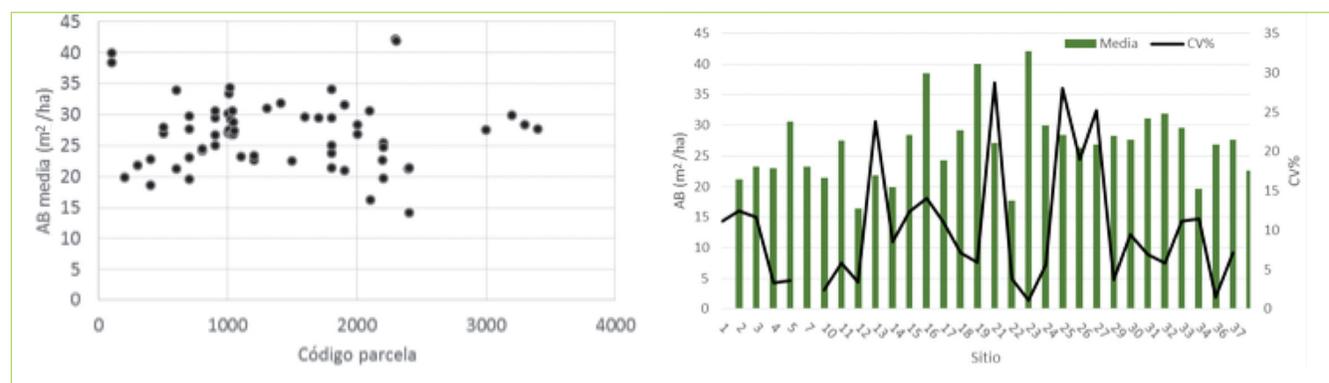
La Fundación de Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (<http://www.Fundecor.org/>) suministró datos de 31 sitios con parcelas permanentes ubicadas en el Caribe Norte (Figura 7). Cada sitio alberga entre 1 y 12 parcelas y de cada parcela se cuenta con 1 a 9 mediciones realizadas entre 1995 y 2012.



**Figura 7.** Ubicación y área basal media (m<sup>2</sup>/ha) de parcelas permanentes en bosque maduro, IFN Costa Rica.

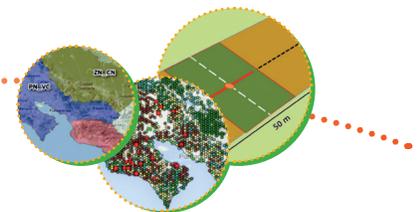
Fuente: Datos suministrados por Fundecor.

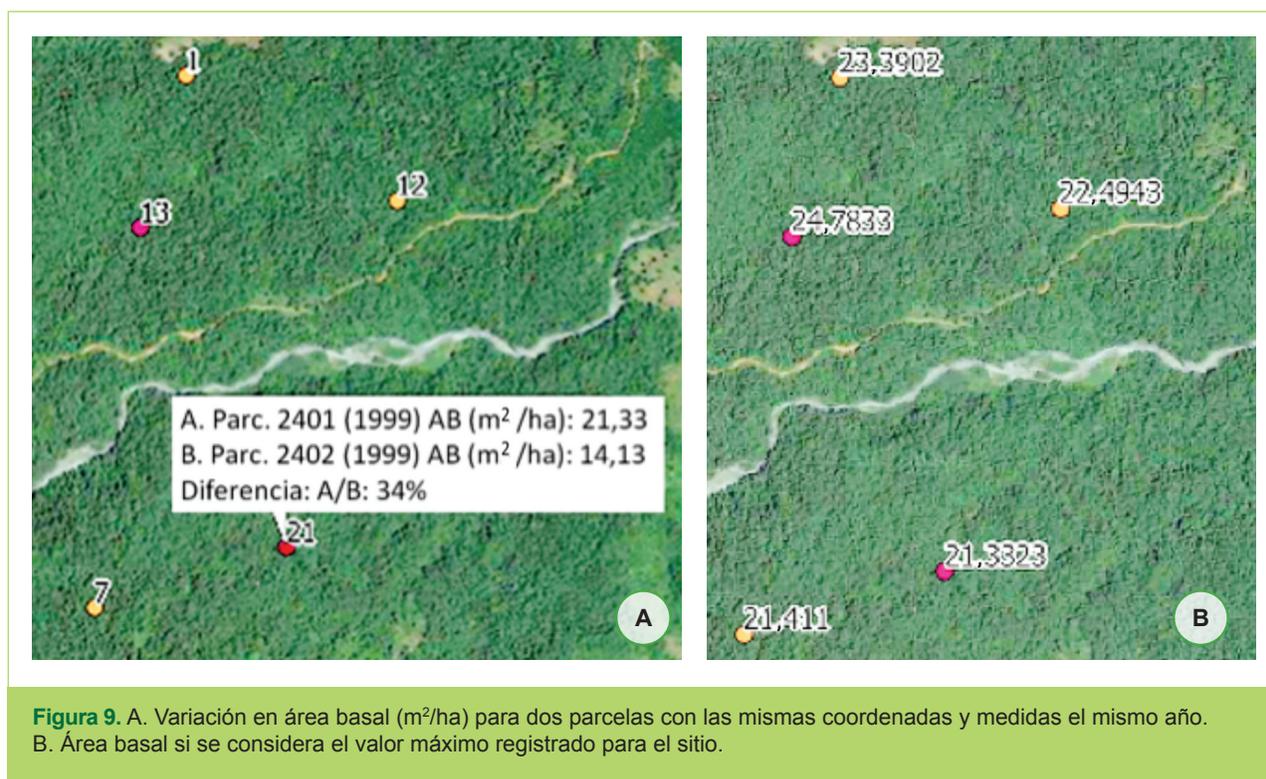
El 84% de las parcelas tiene un área entre 2000 y 3000 m<sup>2</sup>, con un máximo de 14.600 m<sup>2</sup>. El área total muestreada por sitio varió entre 3000 y 36.000 m<sup>2</sup>. Para las parcelas con más de una medición se calculó la media y el coeficiente de variación; el AB varió desde 16,3 m<sup>2</sup>/ha (sitio 11) hasta 42,0 m<sup>2</sup>/ha (sitio 22), con una media de 26,83 m<sup>2</sup>/ha, una mediana de 27,13 m<sup>2</sup>/ha y un coeficiente de variación del 22,3%. La variabilidad en área basal entre sitios posiblemente se deba a que algunas parcelas se ubicaron en bosques aprovechados (Arroyo-Mora et al. 2014), como las parcelas 2401 y 2402, medidas en 1999 y ubicadas en el mismo sitio pero con una diferencia en área basal de 34% (Figuras 8 y 9).



**Figura 8.** Área basal (m<sup>2</sup>/ha) por parcela y sitio para el IFN Costa Rica. La ausencia de CV % indica que el sitio tiene solo una medición.

Fuente: Datos suministrados por Fundecor.





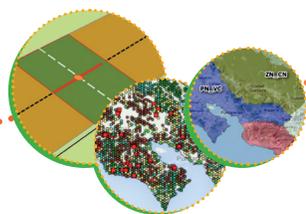
### Datos de la UNA e ITCR

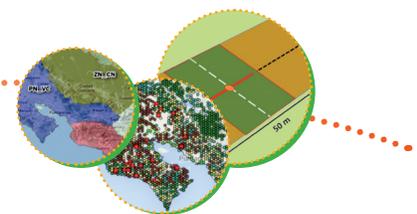
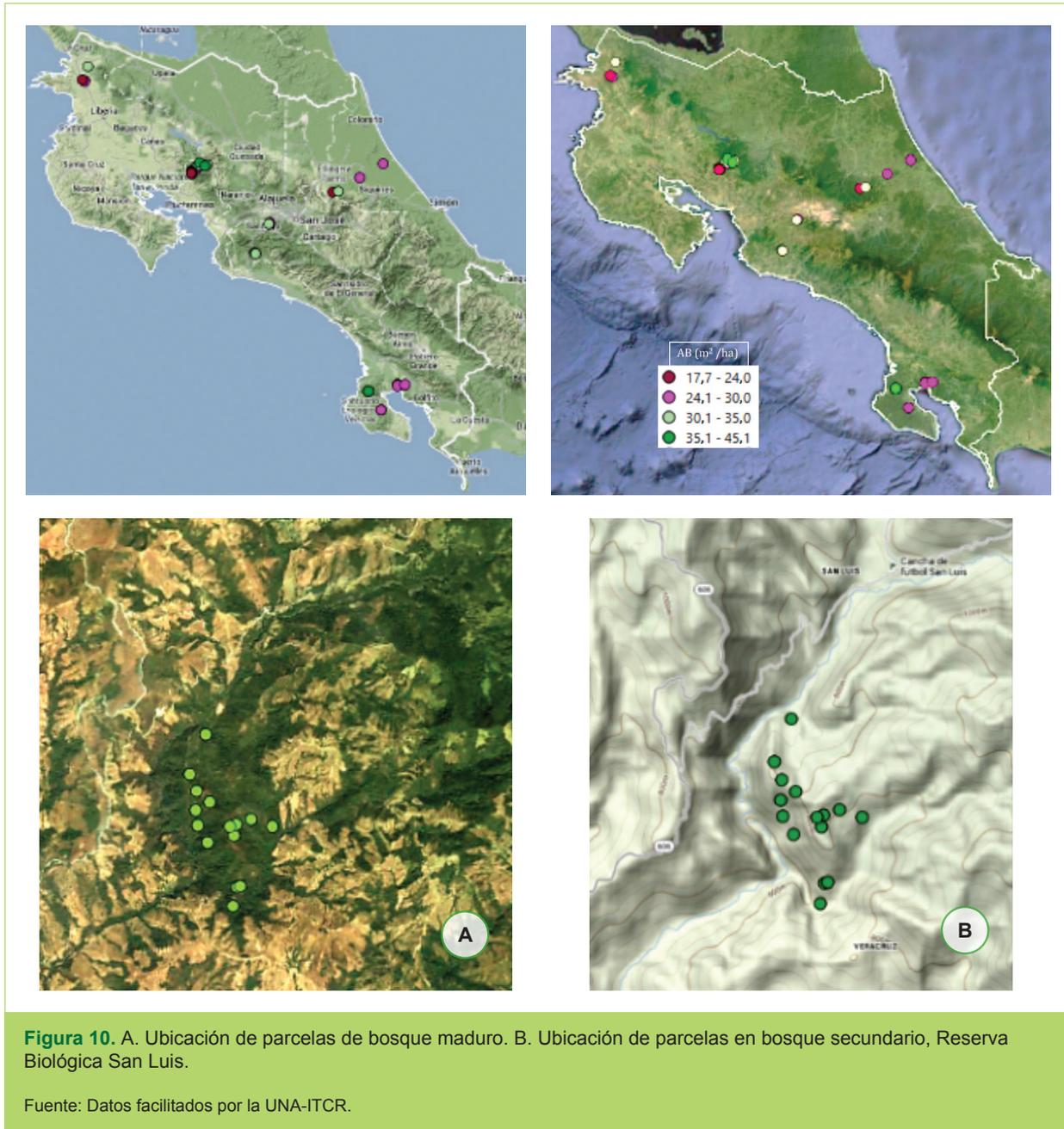
La Universidad Nacional (UNA) y el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) facilitaron datos de 44 parcelas permanentes con áreas entre 1600 y 10.000 m<sup>2</sup> establecidas en bosque maduro del PN Guanacaste, cordillera de Tilarán (secciones sur y este), El Rodeo, La Cangreja, fincas Bella Vista y La Catalina (piedemonte noreste de la Cordillera Volcánica Central), finca municipal de Guácimo, finca Agropecuaria López (tierras bajas del Caribe Central), Osa y Mogos (filas Esquinas y Aguacate) (Figura 10).

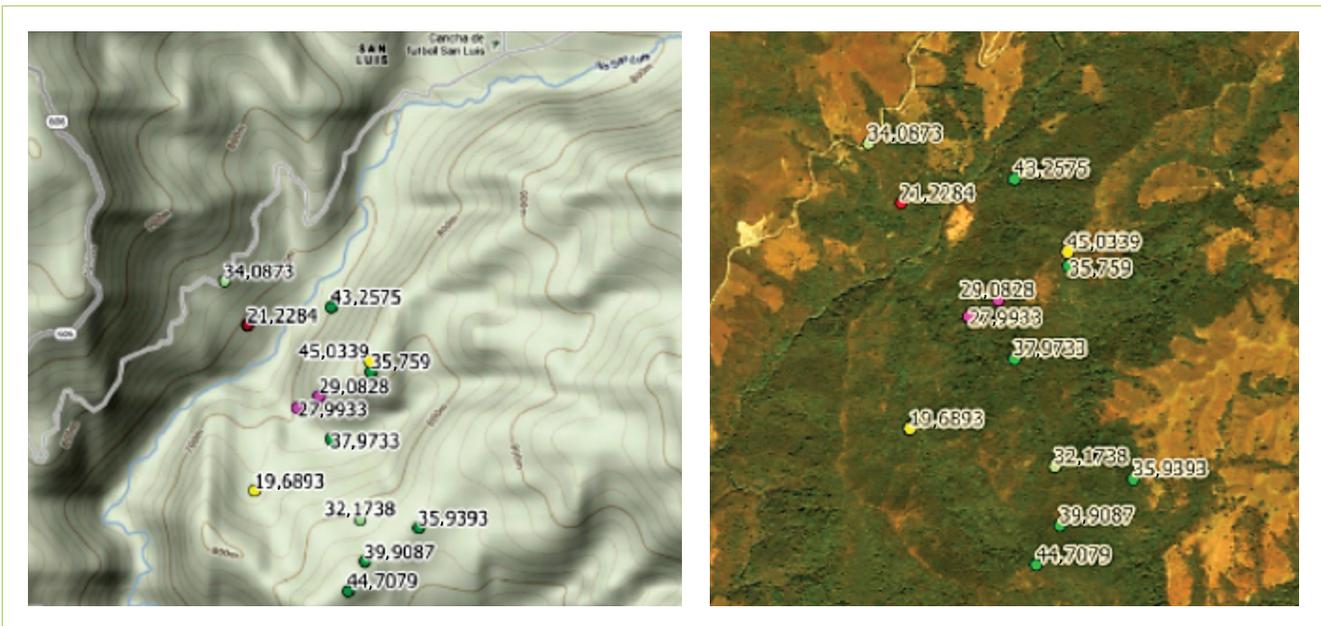
El AB media para el set de datos es 35,09 m<sup>2</sup>/ha, con una mediana de 31,9 m<sup>2</sup>/ha y un coeficiente de variación de 31,5%. Las dos parcelas con la menor AB fueron las de la Reserva Biológica San Luis (vecindad de Monteverde) y la finca. Bella Vista (piedemonte este de la cordillera Volcánica Central, Caribe Central); los valores máximos de AB (43 a 45 m<sup>2</sup>/ha) correspondieron a la RB San Luis (Figura 11). La UNA e ITCR también suministraron datos de 16 parcelas de bosque secundario (media 14,93 m<sup>2</sup>/ha, CV 39,5%) ubicadas en la RB San Luis (Figura 11).

### Resumen de bosque maduro y secundario

Las Figuras 12 y 13 muestran la ubicación de las parcelas utilizadas para estimar la media y variabilidad en área basal para el bosque maduro y secundario. La mayor parte de tales bosques se encuentra en las partes altas de las cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Volcánica Central y Talamanca así como en las lomas de la península de Nicoya. Un 10,4% de dichos bosques se encuentran en territorios indígenas y otro 35,4% en áreas silvestres protegidas; las condiciones de protección y la baja densidad o inexistencia de vías de acceso explican en parte la presencia de estos bosques.

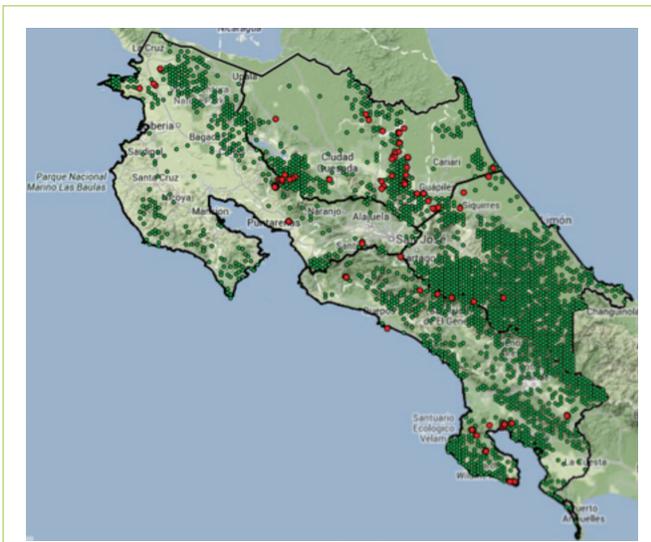






**Figura 11.** La Reserva Biológica San Luis contiene las parcelas con la menor y mayor AB (19,68 m²/ha y 45,03 m²/ha, respectivamente).

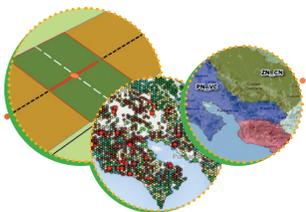
Fuente: Datos facilitados por la UNA-ITCR.



**Figura 12.** Ubicación de parcelas de bosque maduro con datos de área basal (m²/ha) facilitados por la UNA, ITCR, Fundecor y Ulate Quesada 2011 (puntos rojos) y según malla de Ortiz (2013) (puntos verdes)



**Figura 13.** Ubicación de parcelas de bosque secundario con datos de área basal (m²/ha) facilitados por la UNA, ITCR y Ulate Quesada 2011 (puntos rojos) y según malla de Ortiz et al. 2013 (puntos verdes)





**Figura 14.** Bosque en la cordillera de Tilarán (vista desde el Caribe)

Fuente: Google Earth



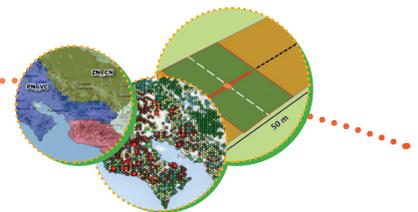
**Figura 15.** Bosque en la cordillera Volcánica Central (vista desde el Caribe)

Fuente: Google Earth



**Figura 16.** Bosque en la península de Nicoya

Fuente: Google Earth



### Parcelas en pasto con árboles del inventario forestal piloto 2001

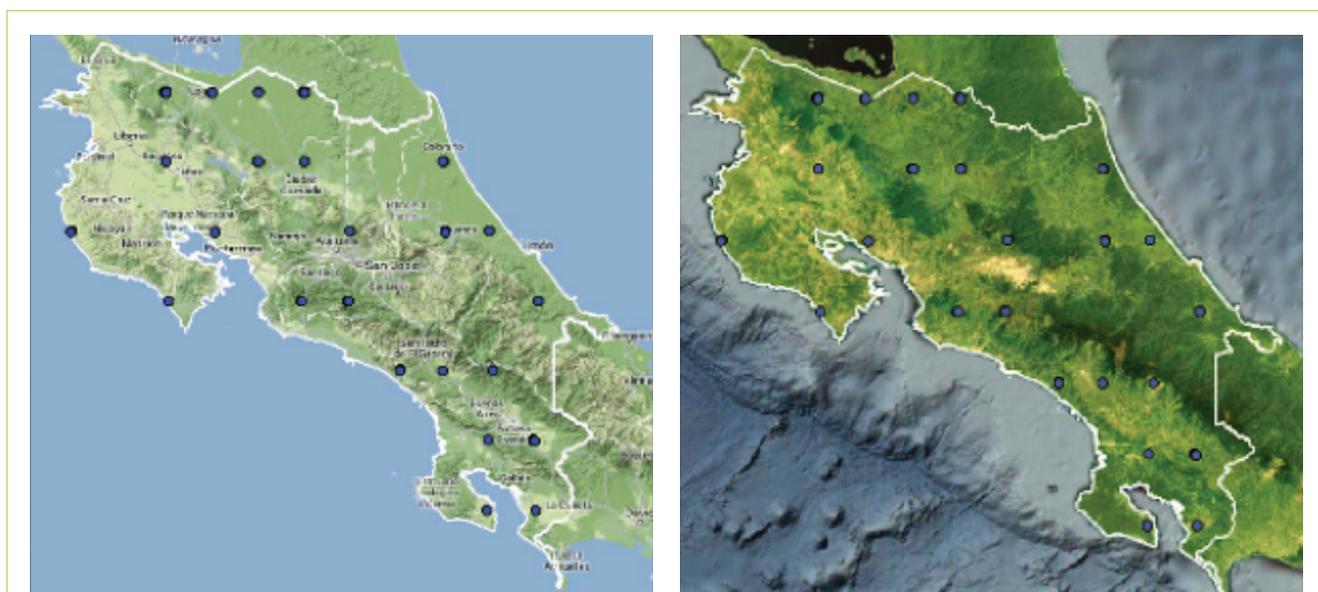
De los 39 conglomerados mensurados para el inventario forestal piloto (IFP) (Kleinn et al. 2001) se seleccionaron 24 que contenían pasto natural, pasto-leñosas o potreros -para los propósitos del IFN, esas parcelas se reclasificaron como pasto con árboles- (Figura 17).

El área basal por conglomerado fue muy variable, con un mínimo de 0,1039 m<sup>2</sup>/ha, a un máximo de 36,8456 m<sup>2</sup>/ha y una media de 6,1744 m<sup>2</sup>/ha (CV%: 119%). El número de árboles por hectárea (media: 96) también fue muy variable (CV: 104,5%), así como la altura total (m) y el diámetro a la altura del pecho (cm) con una variación de 45,2% y 53,4%, respectivamente. Estos valores reflejan la importancia de los árboles fuera del bosque como recurso forestal y su alta variabilidad en el territorio nacional (Cuadro 5 y Figuras 17 y 18).

**Cuadro 5.** Estadísticos descriptivos para 24 conglomerados del IFP Costa Rica que contenían pasto natural, pasto-leñosas o potreros

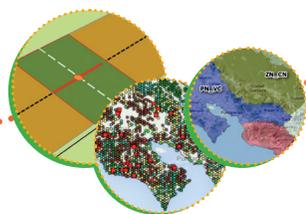
Estadístico	Parcela (m <sup>2</sup> )	AB ha/m <sup>2</sup>	Árb./ha	Alt. total (m)	Dap (cm)
media	3200	6,1744	96	10	29
S	1381	7,3613	100	5	16
CV%	43,2	119,2	104,5	45,2	53,4
Min	100	0,1039	8	4	8
Máx	5000	36,8456	432	21	69

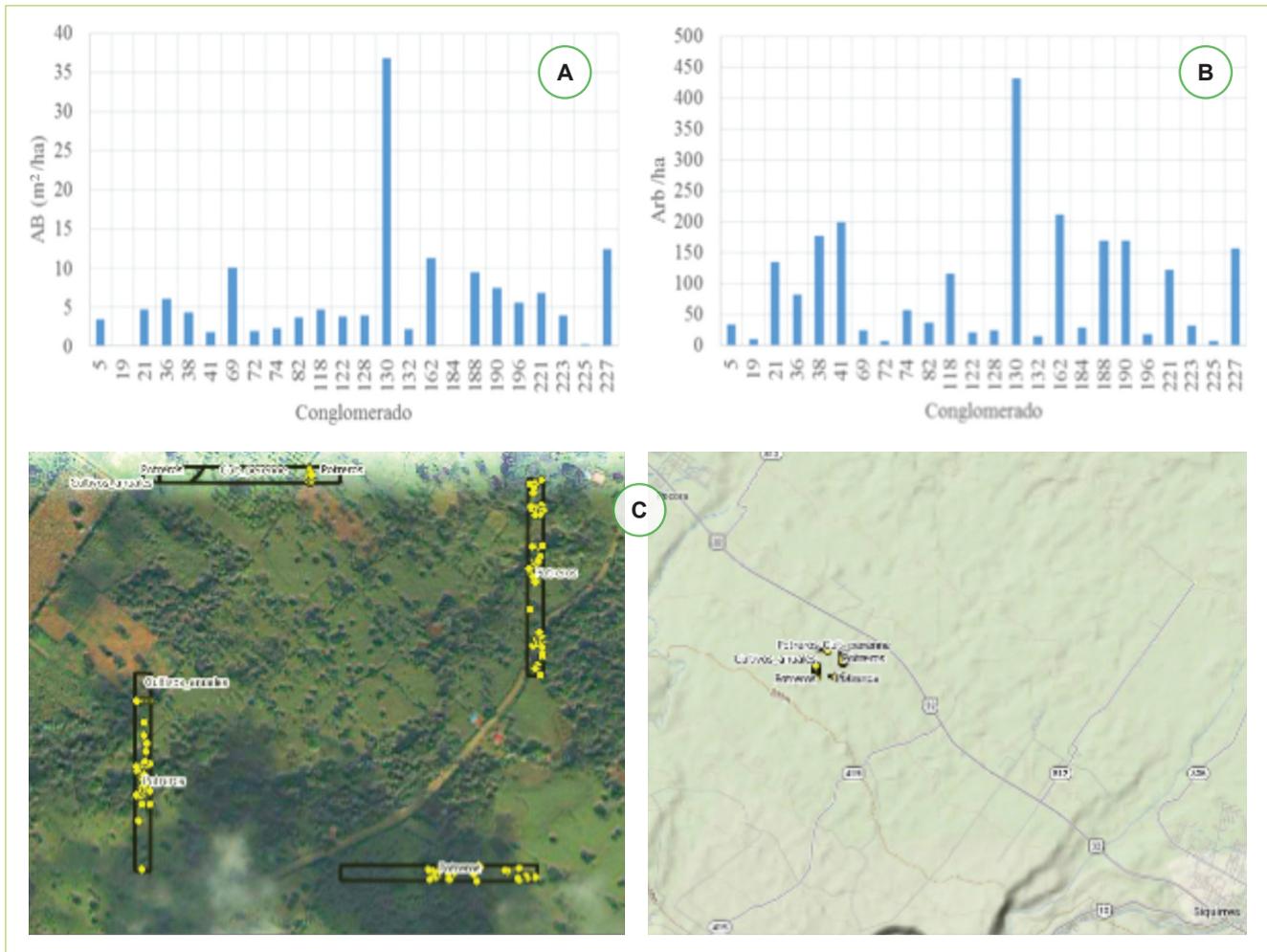
Fuente: Elaborado a partir de datos de Kleinn et al. (2001).



**Figura 17.** Conglomerados de IFP (2001) establecidos en pasto natural y pasto-leñosas (pasto con árboles)

Fuente: Elaborado a partir de datos de Kleinn et al. (2001).



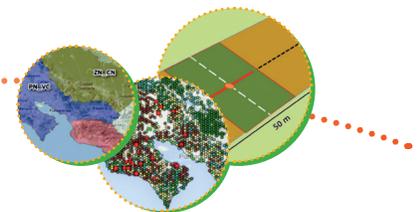


**Figura 18.** Conglomerados del IFP con pasto natural, pasto-leñosas o potreros. A) Área basal (m²/ha); B) Número de árboles por hectárea; C) Conglomerado 130 ubicado al noroeste de Siquirres (carretera 32) en la región Caribe central

Fuente: Elaborado a partir de datos de Kleinn et al. (2001) e imágenes de Google Earth.

### Parcelas en rodales de mangle del inventario forestal piloto 2001

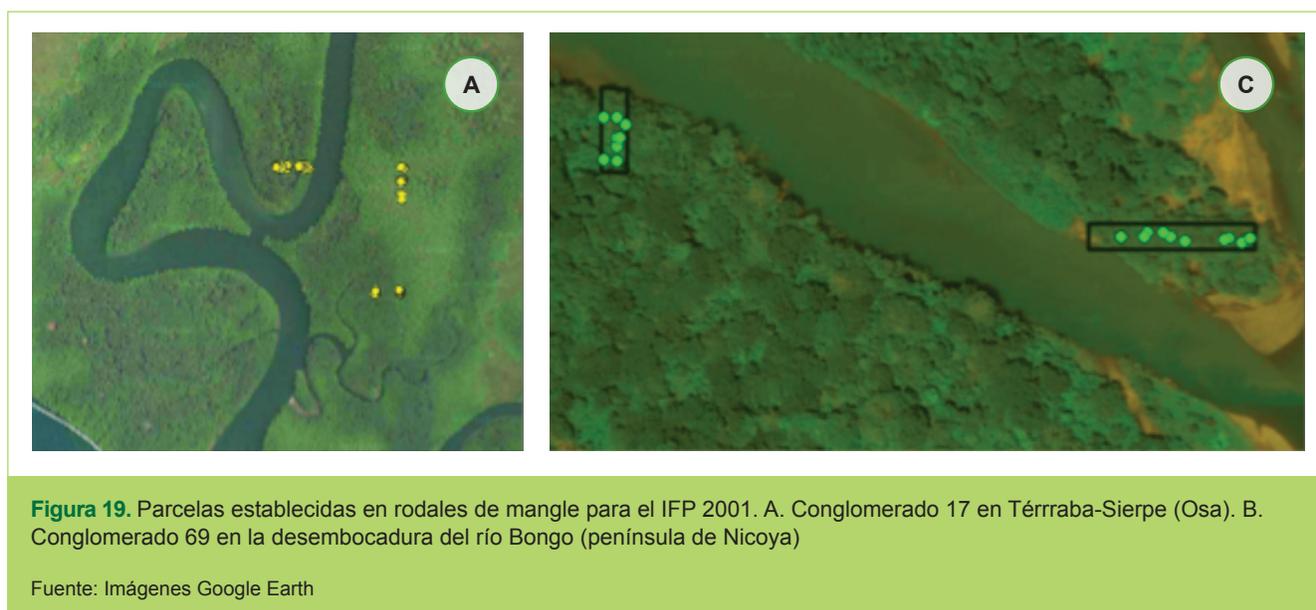
En el IFP solo se midieron dos conglomerados en bosque de mangle: el número 17 ubicado en Térraba-Sierpe, Osa y el 69 ubicado en la desembocadura del río Bongo, península de Nicoya (Figura 19). Los datos reflejan la heterogeneidad que caracteriza a los manglares del Pacífico Norte-golfo de Nicoya y los del Pacífico Sur. El área basal media fue de 4,60 m²/ha, con un coeficiente de variación de 68,6% (Cuadro 6). La media para el número de árboles por hectárea fue de 82, con un CV de 24%. Jiménez y Soto (1985) indican que, en el norte del golfo de Nicoya, el área basal de manglares varía entre 4 y 30 m²/ha, y que la altura total no sobrepasa los 20 m.



**Cuadro 6.** Estadísticos descriptivos para dos conglomerados del IFP Costa Rica establecidos en los manglares de Térraba-Sierpe (no. 17) y desembocadura del río Bongo (no. 69)

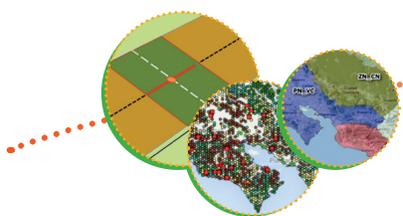
Conglomerado	AB (m <sup>2</sup> /ha)	Árboles (ha)	d medio (cm)	H Tot. media(m)	Área parc. (m <sup>2</sup> )
17(2)	9,29	93	34,8	15,9	3000
17(3)	1,72	107	13,7	8,5	3000
17(4)	3,14	73	22,0	12,8	3000
69(1)	9,00	61	41,8	22,1	1310
69(4)	4,52	85	24,6	18,1	2600
Media	4,60	82	25,5	15,4	
S	3,15	20	11,8	6,0	
CV%	68,6	24,1	46,2	38,8	

Fuente: Elaborado a partir de datos de Kleinn et al. (2001).



### Parcelas en plantación forestal del inventario forestal piloto 2001

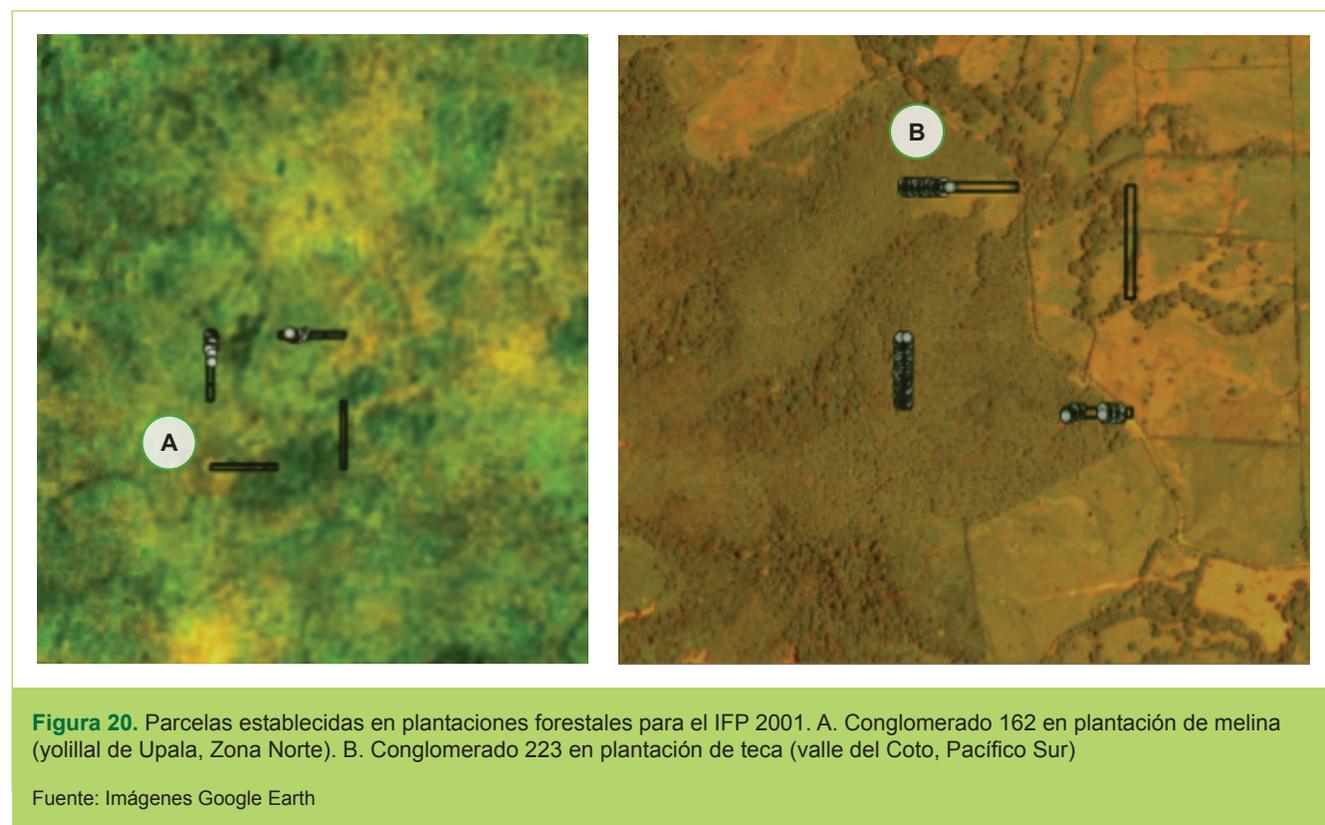
Como parte de la campaña de campo del IFP (Kleinn et al. 2001), se estableció el conglomerado 162 en una plantación de teca y el 223 en una de melina (Figura 20). Los datos reflejan la heterogeneidad propia de las plantaciones forestales de diferentes especies y con diferentes regímenes de manejo. El área basal media fue de 23,69 m<sup>2</sup>/ha, con un coeficiente de variación de 84,8% (Cuadro 7).



**Cuadro 7.** Estadísticos descriptivos para una plantación de melina (yolillal de Upala, Zona Norte) y otra de teca (valle del Coto, Pacífico Sur)

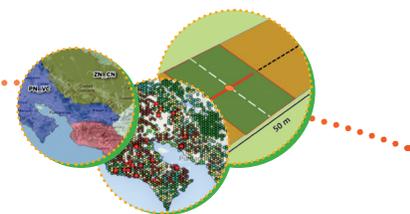
Conglomerado	AB m <sup>2</sup> /ha	Árb/ha	Dap (cm)	Alt. tot. (m)
162 (teca)	37,90	1467	18	13,7
223 (melina)	9,49	194	24	12,9
Media	23,69	830,6	20,8	13,3
S	20,1	900,3	3,9	0,5
CV	84,8	108,4	18,7	3,9

Fuente: Elaborado a partir de datos de Kleinn et al. (2001).



### Estimación del tamaño de muestra por tipo de uso-cobertura

La intensidad de muestreo está dada por la relación  $n/N$  en donde 'n' es el número de muestras seleccionadas y 'N' el total de muestras de la población. El tamaño de la muestra se define en función de los objetivos de la investigación, los recursos económicos y el tiempo disponible; sin embargo, como regla general puede indicarse que su tamaño debe ser tal que provea estimadores con un error de muestreo aceptable y que además sea representativa de la población en estudio. En un diseño sistemático se puede utilizar la siguiente expresión para estimar el tamaño de la muestra (Cochran 1977):



$$n = t^2 * S^2 * N / N E^2 + t^2 * S^2 \quad (1)$$

donde:

E: error de muestreo permisible o aceptable

S: desviación estándar

t: valor del estadístico t de Student para el nivel de confianza dado  $(1 - \alpha/2)$  con n-1 grados de libertad. Si el tamaño de la muestra es superior a 30 elementos, se pueden utilizar los percentiles de la distribución normal estandarizada (Z) o el valor 2 como una aproximación.

N: Número de muestras o elementos en la población

La desviación estándar en la fórmula 1 también se puede sustituir por el coeficiente de variación; entonces, la fórmula se transforma en:

$$n = t^2 * (CV\%)^2 * N / N E^2 + (CV\%)^2 * t^2 \quad (2)$$

Si N es suficientemente grande, la corrección por población finita  $(1/N-n)$  se puede omitir y la expresión 1 se simplifica a:

$$n = t^2 (CV)^2 / (E\%)^2 \quad (3)$$

Otra expresión válida para calcular el tamaño de la muestra es utilizar la aproximación de “muestra grande”, la cual aplica cuando N es grande y la distribución t de Student se aproxima asintóticamente a la distribución normal. En tal caso n es igual a:

$$n > [Z (1-d/2)]^2 * S^2 / E^2 \quad (4)$$

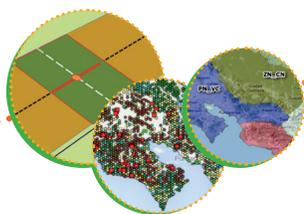
donde  $S^2$  es una estimación puntual *a priori* de la varianza de la muestra.

Las fórmulas 1 a 4 indican que el tamaño de la muestra es una función de la variabilidad de la cobertura (S o CV) y de la precisión (E) y confianza  $(1-\alpha)$  deseada, y no del área a inventariar (Cochran 1977). Para utilizar las fórmulas 1 a 3 se requiere una estimación inicial de la media y variabilidad de la población en estudio.

A continuación se describen los datos y criterios utilizados para definir la intensidad de muestreo en cada uno de los estratos del IFN.

### Bosque maduro

Las parcelas de bosque maduro provienen de Ulate Quesada (2011), Fundecor y UNA-ITCR. En total se compilaron 147 parcelas con datos de área basal para árboles con un diámetro mínimo de medición de 5 o 10 cm. Para la totalidad de los datos, el tamaño de muestra estimado a partir de los datos de Ulate Quesada (2011) fue de 21 parcelas, 11 parcelas a partir de los datos de Fundecor, diez parcelas con los datos UNA-ITCR y 18 parcelas para los datos combinados (Cuadro 8). El cuadro también señala el tamaño de muestra requerido si se asume que la variabilidad estimada fuese un 20% superior a la obtenida para los datos originales, dado que es muy probable que las mediciones no representen muestras independientes.

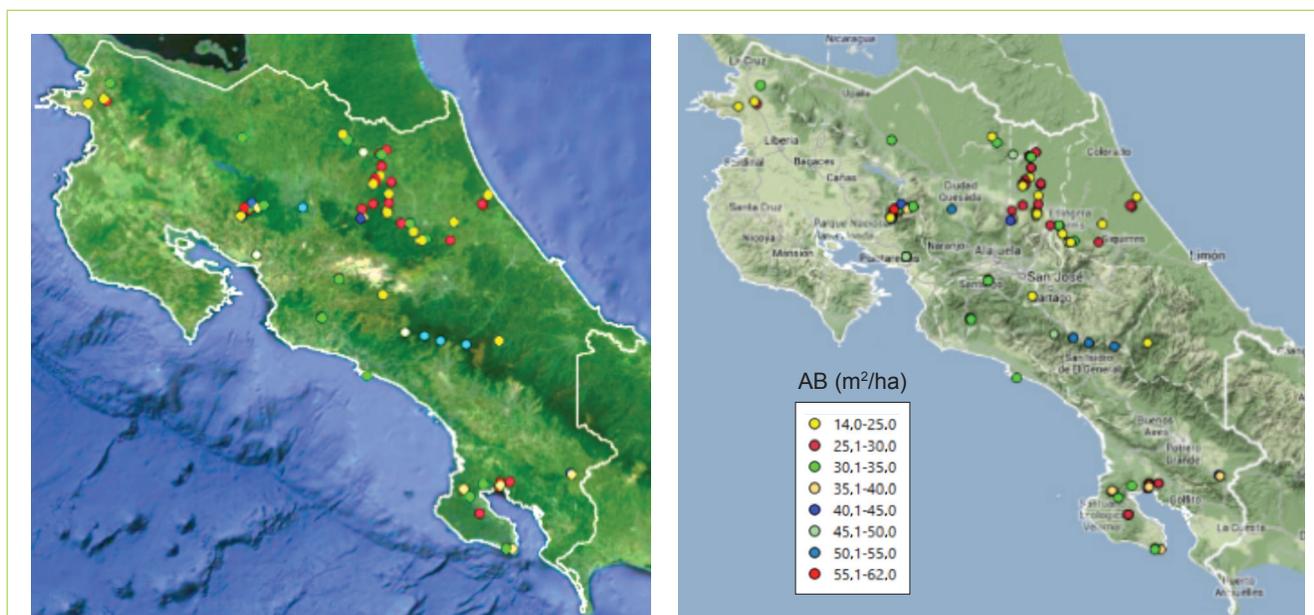


El tamaño de las parcelas no es homogéneo, tampoco fueron seleccionadas de forma independiente y además tienden a formar conglomerados en el piedemonte de la Cordillera Volcánica Central-Caribe norte, falda occidental de la cordillera de Tilarán y península de Osa. No se cuenta con datos para masas importantes de bosque en la península de Nicoya, la Cordillera Volcánica Central occidental y el flanco oriental de la cordillera de Talamanca (Figura 21). Por lo tanto, las estimaciones de área basal media y su variabilidad pueden estar sesgadas a escala nacional. Para un error de muestreo del 15% con un IC 95%, el tamaño de muestra depende del área de la parcela (Figura 22).

**Cuadro 8.** Estimación del tamaño de muestra para la clase bosque maduro, IFN Costa Rica

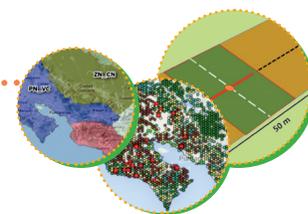
Estadístico	Ulate Quesada (2011)	Fundecor	UNA-ITCR	Todos
n	72	31	44	147
Media	34,86	26,83	31,80	32,25
S	11,26	5,98	6,52	9,55
CV%	32,30	22,3	20,5	29,6
Tamaño de muestra				
Error 15%	21	11	10	18
Error 10%	43	22	19	37
Tamaño de muestra asumiendo un aumento de 20% en la variabilidad				
Error 15%	22	36	26	26
Error 10%	47	77	56	54

Fuente: Elaborado a partir de datos compilados por Ulate Quesada (2011), Fundecor, UNA e ITCR.



**Figura 21.** Ubicación de las parcelas de bosque maduro inventariadas

Fuente: Elaborado a partir de datos compilados por Ulate Quesada (2011), Fundecor, UNA e ITCR.





**Figura 22.** Área de la parcela y tamaño de muestra en bosque maduro (error del 15% en área basal (m<sup>2</sup>/ha) e IC 95%)

Fuente: Elaborado a partir de datos compilados por Ulate Quesada (2011), Fundecor, UNA e ITCR.

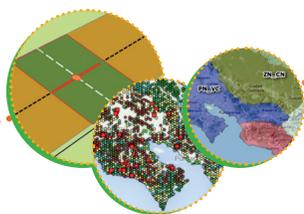
### Bosque secundario

Para estimar la media y variabilidad en área basal del bosque secundario se utilizaron los datos de las parcelas de bosque secundario tardío, intermedio y temprano compiladas por Ulate Quesada (2011) con un diámetro mínimo de 5 o 10 cm, así como las parcelas suministradas por UNA-ITCR (Cuadro 9). Los datos reflejan la alta variabilidad del bosque secundario, con un mínimo de 0,37 m<sup>2</sup>/ha (BS inicial) y un máximo de 57,21 m<sup>2</sup>/ha (BS tardío). Al igual que para el bosque maduro, el tamaño de muestra depende del tamaño de la parcela que se utiliza para calcular la media y la desviación estándar (Figura 23).

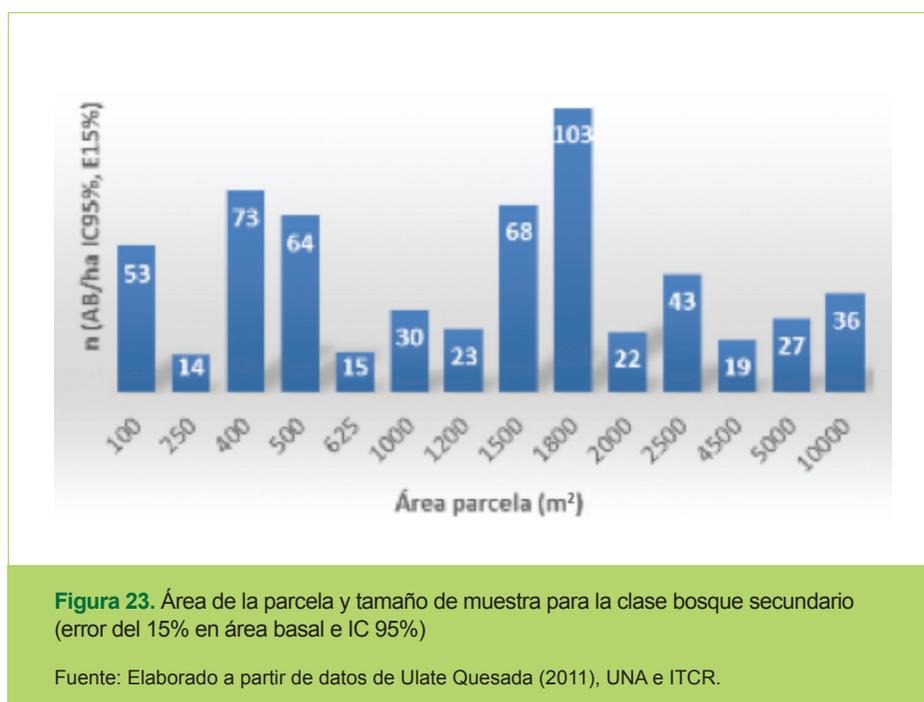
**Cuadro 9.** Estimación del tamaño de muestra para bosque secundario, IFN Costa Rica

Estadístico	BS tardío	BS intermedio	BS temprano	Total Ulate Quesada	Ulate Quesada, UNA e ITCR
n	153	115	22	290	306
%	52,8	39,7	7,6	100	100
Media	23,12	19,95	9,41	20,8	20,52
S	8,61	11,62	6,78	10,42	10,31
CV%	37,3	58,3	72	50,1	50,2
Error 15%	27	61	92	46	46
Error 10%	56	133	202	99	100

Fuente: Elaborado a partir de datos compilados por Ulate Quesada (2011) con diámetro mínimo de medición de 5 o 10 cm y parcelas facilitadas por UNA e ITCR.



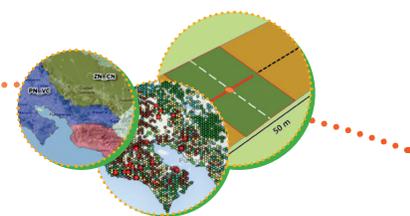
El tamaño de muestra por estado de sucesión y para todo el set de datos se muestra en el Cuadro 9. Los datos reflejan claramente que, para un error de muestreo dado, el tamaño de muestra depende de la estimación de la variabilidad y del número de parcelas utilizadas en la estimación. El estrato bosque secundario del IFN incluye desde el bosque temprano hasta el bosque tardío y, por eso, se utilizó la estimación de la media y variabilidad del total de datos (Ulate Quesada 2011 y UNA-ITCR) para estimar el tamaño de muestra. Para un error de muestreo de 15% en área basal por hectárea con un IC del 95% se deben establecer 46 parcelas.



### Pasto con árboles

La estimación inicial de la media y variabilidad en área basal de árboles fuera del bosque (pastos con árboles) se obtuvo del análisis de los conglomerados establecidos en pasto natural, pasto-leñosas y potreros del IFP de Costa Rica realizado en el 2001. Según los resultados del IFP, se deben establecer 246 parcelas para un error de muestreo de 15% y 64 parcelas para un error de muestreo de 30% en área basal por hectárea con un IC del 95% (Cuadro 10).

Aun cuando el estrato de pasto con árboles es importante como fuente de madera para consumo nacional, su aporte al volumen y biomasa total del país es relativamente bajo. Considerando además otros elementos como costos, reducido número de parcelas disponibles para la estimación inicial de la media y variabilidad y el menor aporte al conocimiento de la biodiversidad del país, se decidió fijar el error de muestreo en un 30% para dicho estrato durante la Fase I del IFN; se midieron, entonces, únicamente 64 parcelas.



**Cuadro 10.** Estimación del tamaño de muestra para la clase pasto con árboles, IFN Costa Rica

Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Pasto con árboles
n	24
Media	6,17
S	7,36
CV%	119,2
Error 30%	64
Error 20%	139
Error 15%	246
Error 10%	549

Fuente: Elaborado a partir de datos del IFP 2001 (Kleinn et al. 2001).

### Rodal de mangle

La estimación inicial de la media y variabilidad en área basal para rodales de mangle se obtuvo del análisis de dos conglomerados establecidos en manglares para el IFP de Costa Rica realizado en el 2001. Según dichos datos, se deben establecer 84 parcelas para lograr un error de muestreo del 15% en área basal por hectárea con un IC del 95%. Dado que solo se utilizaron datos de dos sitios en Costa Rica para estimar la media y variabilidad de dicho estrato, se decidió utilizar un muestreo de juicio o intencional sustentado en criterio experto para elegir las parcelas a medir durante la Fase I del IFN; así se seleccionaron tres parcelas en el Pacífico norte, una en el Pacífico central y otra en el Pacífico sur.

### Plantación forestal

La estimación inicial de la media y variabilidad en área basal de las plantaciones forestales se obtuvo del análisis de los conglomerados establecidos para el IFP de Costa Rica realizado en el 2001. Según dichos datos se deben establecer 126 parcelas para lograr un error de muestreo del 15% en área basal por hectárea con un IC del 95%.

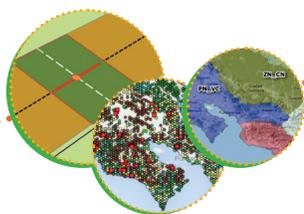
Dado que solo se tienen datos de dos plantaciones, una de melina y otra de teca, para estimar el tamaño de muestra, se decidió utilizar un muestreo de juicio o intencional sustentado en criterio experto para elegir las parcelas a mensurar en la Fase I del IFN; así se seleccionaron seis parcelas distribuidas de forma tal que se cubriera toda el área a muestrear (Pacífico norte, península de Nicoya, Pacífico central, Zona Norte, Caribe norte y sur).

### Bosque de palmas

No existen datos previos de área basal para el cálculo del tamaño de muestra en los bosques de palma y, por lo tanto, se utilizó un muestreo de juicio sustentado en criterio experto para seleccionar cinco parcelas ubicadas en las localidades con mayor representación de dicho tipo de bosque en el país (Zona Norte, Caribe norte y central y Osa).

### Resumen del tamaño de muestra por tipo de uso-cobertura

Según los criterios expuestos, se deben establecer y medir 152 parcelas durante la Fase I del IFN (Cuadro 11). El número final de parcelas sería recalculado después de las mediciones. El alto número de parcelas (64) de la clase pasto con árboles refleja su heterogeneidad en cuanto a número de árboles por hectárea y diámetro de los árboles.



**Cuadro 11.** Parcelas a establecer por estrato para la Fase I del IFN Costa Rica

Uso-cobertura	No. parcelas	Comentarios
Bosque maduro	26	Parcelas con diámetro mínimo de 5 o 10 cm.
Bosque secundario	46	Parcelas de bosque secundario avanzado, medio y temprano con diámetro mínimo de 5 o 10 cm.
Rodal de mangle	5	Selección a partir de un muestreo de juicio o intencional sustentado en criterio experto.
Bosque de palma	5	Selección a partir de un muestreo de juicio o intencional sustentado en criterio experto.
Pasto con árboles	64	Parcelas con dap mayor a 10 cm.
Plantaciones forestales	6	Selección a partir de un muestreo de juicio o intencional sustentado en criterio experto.
<b>Total</b>	<b>152</b>	<b>Estimación inicial de tamaño de muestra.</b>

De este total de parcelas estimado para la fase 1, solo se establecieron y midieron 108 parcelas.

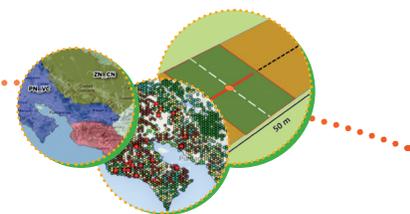
### Tamaño y forma de la parcela

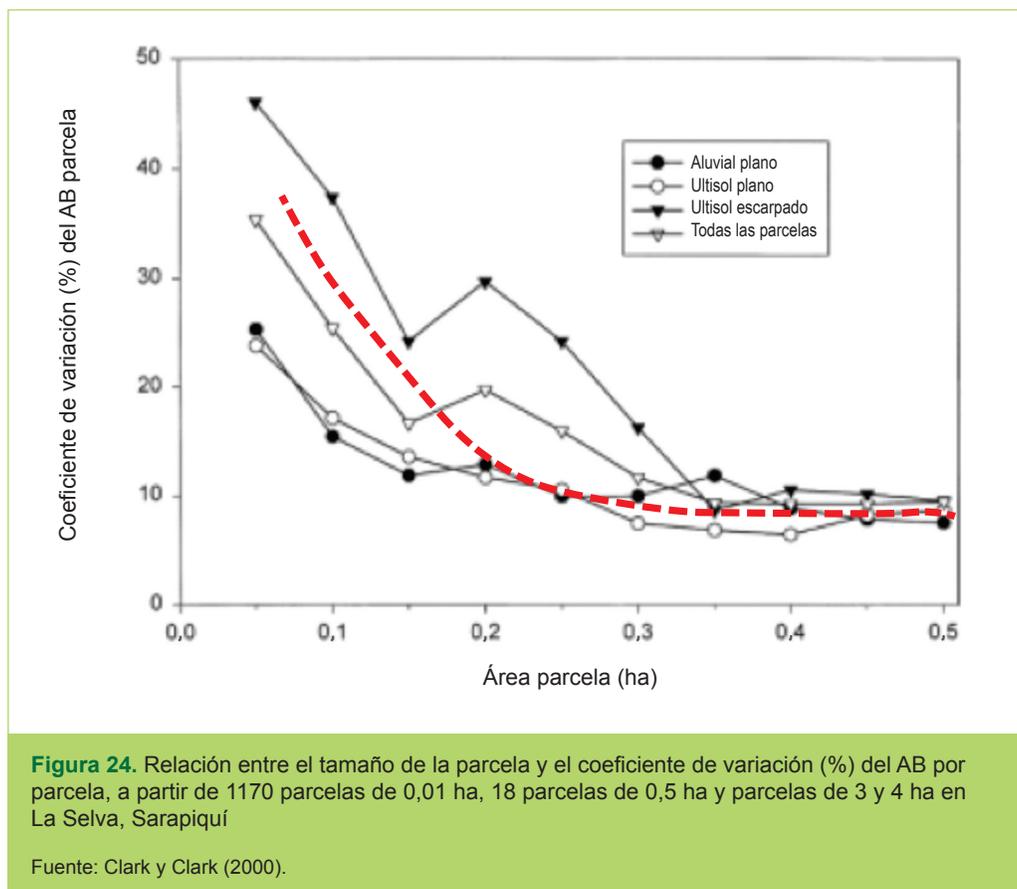
El tamaño de la parcela de muestreo representa un compromiso entre la exactitud requerida para los estimadores estadísticos (sesgo de muestreo dado por las desviaciones de las estimaciones del valor verdadero y la precisión de muestreo, dado por la amplitud de la variación en la estimación), la variabilidad del sitio a muestrear y el tiempo (costo) requerido para trasladarse, establecer y realizar las mediciones.

Estadísticamente, el tamaño de la parcela debe capturar la variabilidad de la variable de interés (v.g. área basal, diámetro, altura total, árboles por hectárea). El método del inventario forestal más difundido para la estimación de la diversidad arbórea y de biomasa aérea es la parcela de 1 ha, recomendada en un inicio por FAO (1981).

Para el IFN se sugirió inicialmente una parcela de 0,1 ha de forma rectangular (20\*50 m). En la Fase I se evaluó dicha área a partir de la información bibliográfica que se detalla a continuación. Clark y Clark (2000) analizaron el efecto del tamaño de la parcela en el área basal del bosque maduro muy húmedo de La Selva, Sarapiquí. Sus resultados indican que la variación en área basal con respecto al tamaño de parcela comienza a estabilizarse a partir de 0,25 ha. Para las condiciones de La Selva, los autores recomiendan un tamaño de parcela de 0,35 a 0,5 ha para lograr un coeficiente de variación en área basal inferior a 12% con seis parcelas por tipo de suelo (Figura 24). Si se utilizara un tamaño de parcela de 0,1 ha se requerirían 418 muestras para lograr un coeficiente de variación del 20%; en tanto que se requieren solo seis para parcelas de 0,5 ha para lograr el mismo CV. Los autores concluyen que para estimar variables estructurales y de biomasa en un bosque maduro muy húmedo tropical similar al de La Selva, las parcelas de 0,5 ha capturan adecuadamente la variabilidad en área basal del bosque maduro.

Baraloto et al. (2012) también coinciden en que una parcela de 0,5 ha es el tamaño apropiado para medir biomasa aérea en bosques de Rondonia, Brasil y otros sitios del neotrópico. Estos autores usaron datos de seis bosques neotropicales: Barro Colorado (Panamá), Luquillo (Puerto Rico), Yasuni (Ecuador), Nouragues GP, PP y Paracou (Guinea Francesa), y concluyeron que es posible obtener un coeficiente de variación menor con varias parcelas pequeñas (<1 ha) que con varias parcelas grandes (>1 ha). Sin embargo, el esfuerzo (días-persona) requerido para lograr una estimación de biomasa sobre el suelo con un CV <10% fue mayor en las parcelas más pequeñas (0,1 ha). Una modificación de la parcela Gentry de 0,5 ha (250 m\*20 m) resultó ser la más eficiente para estimar tanto la biomasa aérea como la diversidad arbórea.

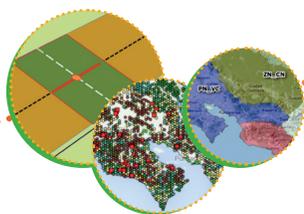


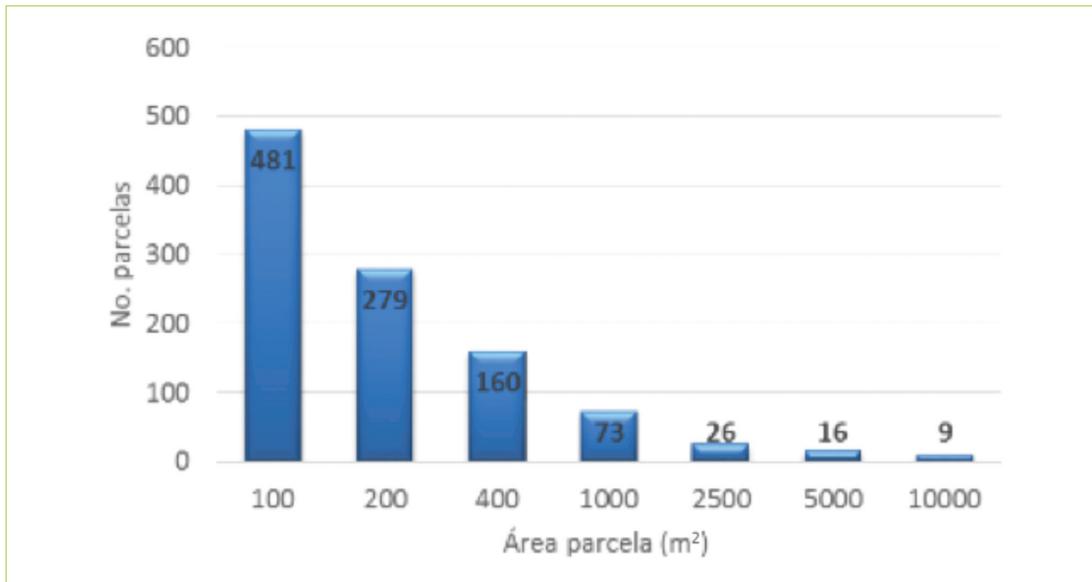


Aunque el rendimiento relativo de los diferentes métodos de estimación de biomasa aérea fue consistente entre sitios, el esfuerzo necesario para obtener mediciones de biomasa aérea con un CV inferior a 10% varió ampliamente entre los bosques neotropicales (Baraloto et al. 2012). Por ejemplo, en Paracou, fue suficiente con una parcela de 0,5 ha para la estimación, mientras que en la isla de Barro Colorado se necesitaron cuatro parcelas de 0,5 ha.

Keller et al. (2001) concluyeron que se requieren al menos 25 parcelas de 2500 m<sup>2</sup> (6,25 ha) para estimar la biomasa aérea con un error del 20% y un IC del 95% en bosques. Chave et al. (2003) concuerdan con el resultado de Keller et al. (2001) y reafirman que se necesitan seis o más hectáreas para estimar la biomasa aérea media de un bosque, con un error de 20% (±10%) y un IC del 95% (Figura 25). Además, afirman que las muestras de una hectárea ofrecen muy poca confianza para estimar biomasa aérea y, mucho menos, para tasas de cambio en el tiempo.

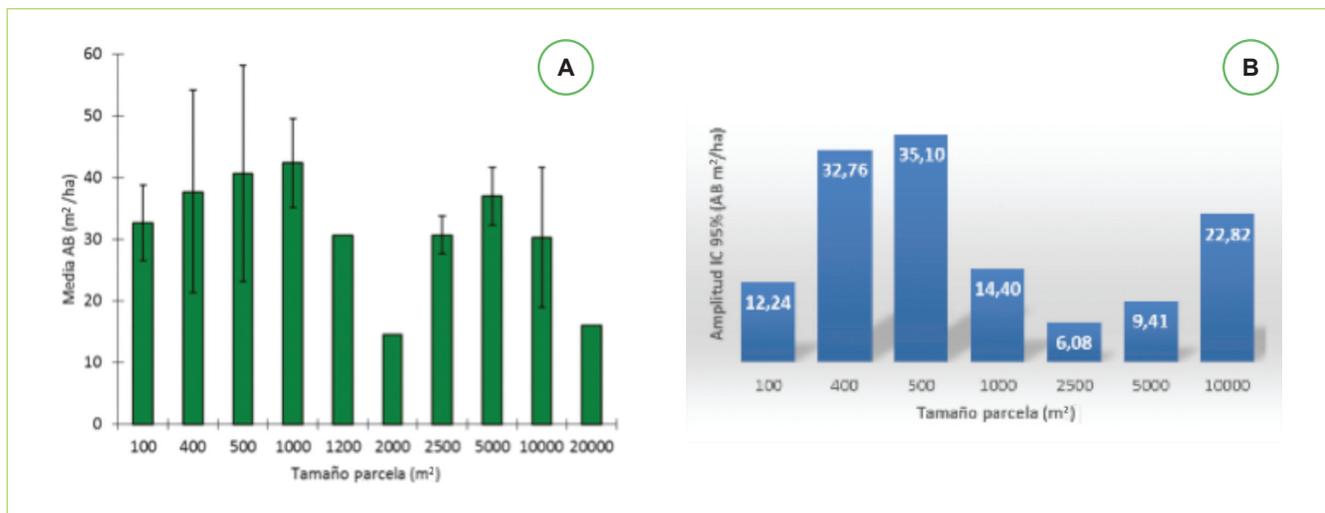
En resumen, las estimaciones del tamaño de muestra deben basarse en estimaciones de medias y desviaciones estándar para parcelas de diferentes tamaños. El 43,1% de las parcelas de bosque maduro (Figura 26) y el 47,6 de las de bosque secundario (Figura 27) utilizadas tienen un área superior o igual a 2000 m<sup>2</sup>. Aunque no fue posible hacer una afirmación categórica, los datos tienden a indicar que para el bosque maduro y secundario una parcela de 2500 m<sup>2</sup> (20\*125 m) brinda la exactitud, precisión y costo de acceso apropiado.





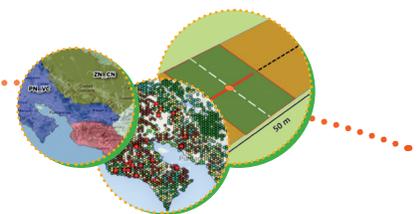
**Figura 25.** Número de parcelas requeridas para estimar biomasa media con un error del 20% ( $\pm 10\%$ ) y un IC 95% (datos de Barro Colorado, Panamá; precipitación media anual  $2637 \pm 462$  mm, estación seca de enero a abril y temperatura media diaria  $27,1^{\circ}\text{C}$ )

Fuente: Basado en Chave et al. 2003.



**Figura 26.** Bosque maduro. A. Intervalo de confianza al 95% en función del tamaño de la parcela. B. Amplitud de IC 95% para parcelas entre 100 y 10.000 m<sup>2</sup>.

Fuente: Basado en datos compilados por Ulate Quesada (2011).





**Figura 27.** Bosque secundario. A. Intervalo de confianza al 95% en función del tamaño de la parcela. B. Amplitud de IC 95% para parcelas entre 100 y 5000 m<sup>2</sup>. (El límite superior del IC para parcelas de 1500 m<sup>2</sup> es 122,87 m<sup>2</sup>/ha).

Fuente: Basado en datos compilados por Ulate Quesada (2011).

## Descripción del área de muestreo: diseño de la parcela y variables a cuantificar

Los datos a inventariar, tanto en bosque como en pastos arbolados, incluyen una caracterización del sitio de muestreo y el registro de variables dasométricas y edáficas dentro de los límites de la parcela (área de muestreo).

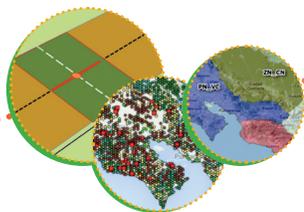
### Caracterización del sitio de muestreo

La caracterización del entorno de la parcela tiene como objetivo documentar aspectos relevantes para la etapa de análisis de datos, como por ejemplo, evidencia de aprovechamiento forestal, cercas de púas, deslizamientos, trochas, senderos, incendios, pendiente y posición topográfica y cuerpos de agua (Cuadro 12).

### Variables dasométricas y edáficas

Para el registro de variables dasométricas y edáficas dentro de los límites de la parcela se utilizó una parcela primaria y subparcelas de dimensiones variables (Figura 28) como se indica a continuación (Sinac-Fonafifo 2011a, b):

1. Unidad de muestreo primaria (UMP) de 20\*50 m (1000 m<sup>2</sup>). Se identificaron y midieron los árboles con un diámetro a la altura del pecho (dap) superior a 10 cm. También se midió la altura total y comercial en al menos dos árboles por clase diamétrica de 10 cm. Durante la Fase I del IFN la parcela se amplió a 2500 m<sup>2</sup> (20\*125 m) con el fin de evaluar el efecto del tamaño de la parcela en el error de muestreo y, por ende, en el tamaño de muestra.
2. Unidad de muestreo secundaria (UMS) de 10\*20 m (200 m<sup>2</sup>). Se identificaron y midieron los árboles con un dap entre 2 y 10 cm. También se midió la altura total en al menos dos árboles por clase diamétrica de 2 cm.
3. Unidad de muestreo terciaria (UMT). Esta parcela está conformada por tres subparcelas circulares de 1 m de radio cada una, ubicadas en los extremos y centro de la línea base de la UMP. En ella se registra la regeneración (árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes) con una altura total superior o igual a 1,5 m y un dap menor a 2 cm.
4. Unidad de muestreo cuaternaria (UMC). Es una parcela de 1 m<sup>2</sup> ubicada de forma aleatoria en la mitad suroeste de la UMP. Se mide la abundancia (conteo) de herbáceas por grupos taxonómicos.



**Cuadro 12.** Variables y elementos a considerar en la descripción general del entorno de muestreo para el IFN Costa Rica

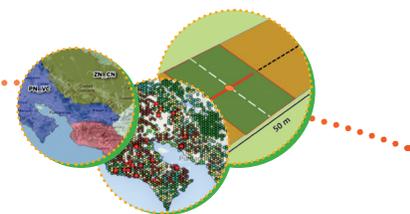
Variable	Descripción
Localidad	Provincia, cantón, distrito, localidad
Integridad del bosque: alteraciones naturales y antrópicas*	Presencia o evidencia de: <ul style="list-style-type: none"> <li>derrumbes</li> <li>efectos de huracanes, vendavales o tornados</li> <li>inundaciones (ríos, mareas)</li> <li>incendios forestales</li> <li>intervenido (tocones, senderos, degradado)</li> <li>no intervenido (sin alteración evidente)</li> <li>manejo forestal</li> </ul>
Estado de sucesión*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bosque maduro</li> <li>Bosque secundario</li> </ul>
Pendiente y posición topográfica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pendiente del terreno medida en porcentaje, en sentido sur-norte en el trayecto utilizado para medir madera muerta caída (20 m)</li> <li>Posición topográfica: superior, media, baja, valle, cresta, plano</li> </ul>
Áreas de protección hídrica*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Río</li> <li>Quebrada</li> <li>Arroyo</li> <li>Naciente</li> <li>Lago</li> </ul>
Estrato	Según malla de puntos y en campo

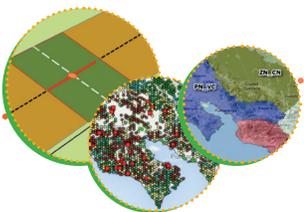
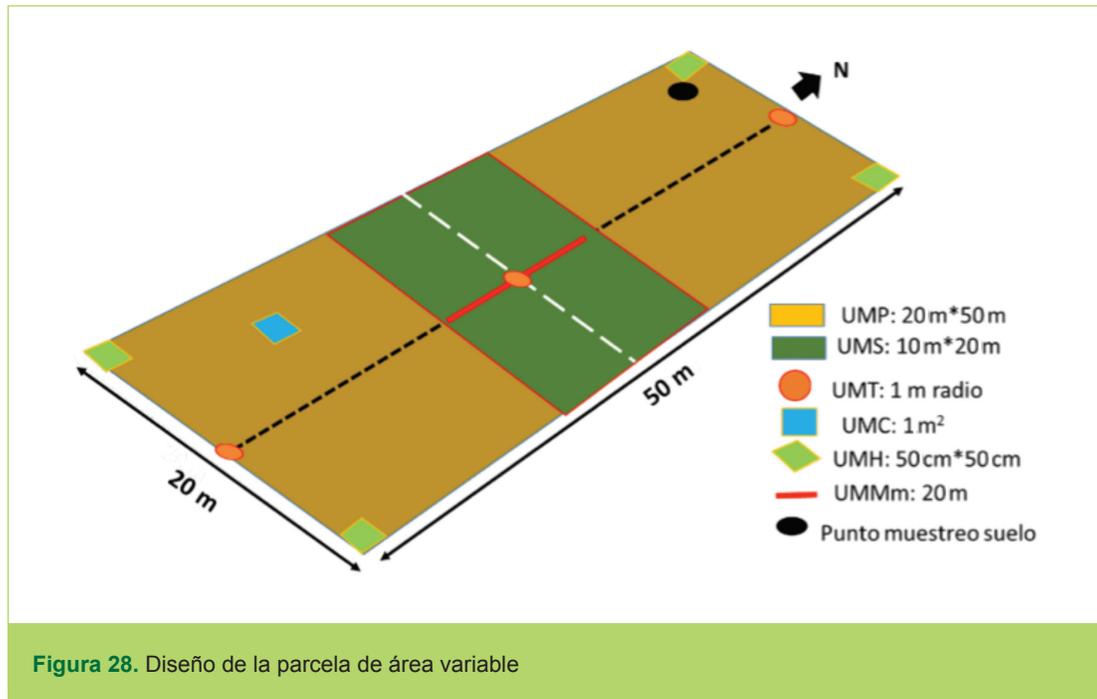


\* Documentar con fotografías, videos y testimonios.

- Unidad de muestreo de hojarasca (UMH). Esta parcela está conformada por cuatro subparcelas cuadradas de 50 cm de lado (0,25m<sup>2</sup>) cada una y ubicadas en cada una de las esquinas de la UMP. En cada subparcela se mide la profundidad (cm) de la hojarasca en el centro y en dos esquinas opuestas. Se colecta y pesa la hojarasca de cada subparcela, luego se mezclan y se extrae una muestra compuesta de 1000 gramos.
- Unidad de muestreo de madera muerta caída (UMMm). Este componente se midió en un trayecto de 20 m ubicado de forma equidistante a partir del punto central de la UMP.
- Muestreo del suelo. Se tomó una muestra compuesta de suelo para la determinación de carbono orgánico, total y cilindro de suelo para determinar densidad.

Las parcelas secundarias, terciarias, cuaternarias, madera muerta caída y hojarasca se establecen en los estratos de bosque (maduro, secundario) y en el bosque de palma y rodal de mangle cuando las condiciones del sitio lo permitan. En los estratos de pasto con árboles y plantaciones forestales solo se establece la UMP.





## Fase I. Premuestreo. Validación de protocolos y del tamaño de muestra

El IFN de Costa Rica se realizó en dos fases. La primera tuvo como objetivos afinar los datos estadísticos disponibles para el cálculo del tamaño de muestra, evaluar la logística y acceso, así como los arreglos institucionales y el tiempo requerido para el establecimiento de las parcelas. En la segunda fase se utilizaron los datos colectados en la primera fase para recalcular el tamaño de muestra y actualizar los tiempos requeridos para realizar las tareas y actividades del inventario forestal. También se completó el número de parcelas requeridas para lograr el error de muestreo deseado en área basal para los estratos de bosque, plantaciones forestales y pasto con árboles.

### Objetivos de la Fase I

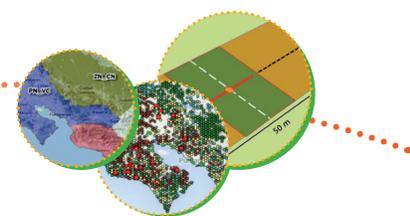
1. Mejorar la estimación de la variabilidad en área basal por hectárea para recalcular con mayor fiabilidad los tamaños de muestra por clase de uso-cobertura (estrato).
2. Validar el tiempo (días) requerido para trasladarse a la parcela, demarcarla, realizar las mediciones dasométricas y edáficas, preparar los informes y subir los datos, geodatos y fotos a una cuenta asignada en DropBox a cada cuadrilla.
3. Evaluar el diseño de los formularios de campo.
4. Evaluar instrumentos y protocolos de medición.
5. Evaluar el efecto del tamaño de la parcela en la estimación de área basal en las clases bosque maduro y bosque secundario.

### Cuadrilla de campo

La típica cuadrilla de campo (Cuadro 13) fue conformada por un ingeniero forestal, un dendrólogo, un guía local y personal de apoyo para realizar mediciones, trazado de acceso y demarcación de la parcela. En casos calificados se contó con un asistente de campo adicional para el transporte de materiales o suministros requeridos para acampar o para alguna tarea específica del inventario. El personal no profesional se contrató en las comunidades cercanas al sitio a muestrear, por un tiempo de 1 o 2 días. Cuando la parcela se estableció en territorio indígena se contrató guías y personal local, como los guarda-recursos de los territorios indígenas.

**Cuadro 13.** Conformación de la cuadrilla para trabajo de campo del IFN Costa Rica

Personal	Nivel educativo
Profesional forestal como jefe/a de la cuadrilla	Bachillerato o licenciatura en ingeniería o ciencias forestales
Profesional en dendrología	Bachillerato o licenciatura en botánica, biología o ingeniería forestal; especialista en la identificación de plantas arbóreas, lianas y helechos y herbáceas
Responsable de mediciones	Técnico contratado para toda la campaña de campo
Baqueano o guía local	Trabajador agropecuario conocedor del área a muestrear
Asistente de campo	Trabajador agropecuario



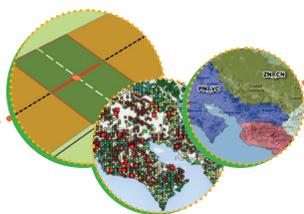
### Funciones de la jefatura de cuadrilla

- Mantener estrecha comunicación con el director general de la campaña de campo del IFN para consultar cualquier cambio en cuanto a ubicación de una parcela, protocolo de medición, grado de cumplimiento del programa y calidad de los datos.
- Revisar con antelación, junto con el director de campaña de campo, las rutas a seguir para el establecimiento de las unidades de muestreo. Utilizar la ruta que asegure el mejor acceso.
- Coordinar con antelación lo referente a permisos y accesos a propiedades privadas, públicas o indígenas con los funcionarios regionales del Sinac. Los enlaces regionales del Sinac serán los encargados de tramitar los permisos de acceso a propiedades privadas y territorios indígenas; así como cualquier otro requerido por la cuadrilla que realiza el inventario.
- Coordinar la logística para que el hospedaje, alimentación y transporte sean oportunos, según las necesidades de la cuadrilla.
- Cumplir con las regulaciones legales en cuanto a la contratación de personal. El Código de Trabajo, en su Título IV, Artículos 193 y 201, establece la obligatoriedad de contratar un seguro de riesgos del trabajo.
- Asegurarse de contar con los formularios de campo establecidos.
- Verificar el buen estado del equipo de medición antes y después de medir cada parcela.
- Ubicar y delimitar correctamente las parcelas (área y ubicación); ubicar punto de inicio, final y de las cuatro esquinas (ver diseño de parcela); medir y registrar los datos dasométricos levantados en cada parcela; guiar la marcación en el terreno de los puntos de referencia permanente para la validación posterior.
- Custodiar el equipo de medición y materiales asignados.
- Custodiar los formularios de campo y consignar los datos requeridos en cada casilla.
- Resguardar y almacenar los formularios de campo con los datos recopilados durante el levantamiento de campo.
- Aplicar el protocolo de control de calidad diseñado para la toma de datos de campo, el cual le fue suministrado por el Comité Director del IFN y el equipo técnico GIZ.
- Decidir y documentar cualquier cambio técnico al diseño de muestreo o de registro de datos.
- Entregar al director de campaña de campo todos los formularios completos con los datos recopilados y controlados y el archivo electrónico en la plantilla de excel suministrada por el Sinac.
- Informar periódicamente de manera verbal al director de la campaña de campo del IFN.

### Productos esperados de la jefatura de cuadrilla

Como responsable de la ejecución del trabajo de campo, el/la profesional debe presentar uno o más informes parciales que incluyan lo siguiente:

- Un plan de logística en donde se detalle el lugar de hospedaje, alimentación y transporte propuesto para asegurar el éxito de la campaña de campo.
- Los formularios de campo con su respectiva identificación, legibles, en buen estado y firmados.
- Los datos digitalizados en la plantilla de excel suministrada por el Sinac.
- El recibo firmado por un funcionario del laboratorio de Inisefor-UNA, en el que se hace constar la recepción de las muestras de suelo y hojarasca (recibos separados).
- Archivo en formato excel con coordenadas (este, norte: CRTM05) de punto de inicio, final y cuatro esquinas de cada parcela.
- Archivo en formato excel con la descripción de las fotos de campo de cada unidad de muestreo, junto con el respectivo formulario y formato que le será entregado por el Sinac.
- Recomendaciones por escrito de modificaciones a los formularios de campo.



### Funciones del profesional en dendrología

- Identificar las especies arbóreas, lianas, helechos arborescentes y otras plantas dentro de la parcela primaria y de regeneración con base en el protocolo de identificación y recolección de muestras definido para el IFN por el coordinador de dendrología del IFN.
- En caso necesario, recolectar y preparar las muestras botánicas para su posterior identificación, de acuerdo con el protocolo establecido por el coordinador de dendrología del IFN.
- Dar seguimiento, junto con el coordinador de dendrología del IFN, a la identificación de individuos que no se lograron identificar durante el levantamiento de campo.
- Informar a la jefatura de cuadrilla de cualquier cambio que se pretenda realizar en el protocolo. La jefatura, a su vez, deberá informar al coordinador general de dendrología.
- Apoyar, en caso necesario, a la jefatura de cuadrilla en las tareas requeridas para el establecimiento y mediciones dasométricas de la parcela.

### Productos esperados del profesional en dendrología

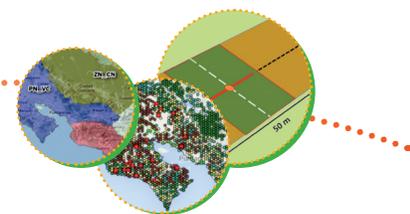
Como responsable de la identificación botánica para el IFN, el/la profesional en dendrología debe presentar uno o más informes parciales al coordinador de dendrología con lo siguiente:

- Un plan de logística para la colecta de muestras botánicas y su preparación para ser transportadas al herbario.
- La lista de especies verificadas y por identificar, en archivo excel, con su respectiva ubicación por parcela y coordenadas geográficas.
- Los formularios de campo con su respectiva identificación, legibles, en buen estado y firmados.
- El recibo firmado por el coordinador general de dendrología, el cual hace constar la recepción de las muestras botánicas.
- Archivo en formato excel con la descripción de las fotos de campo de cada unidad de muestreo con el respectivo formulario y formato que le será entregado por el Sinac.
- Recomendaciones por escrito de modificaciones a los formularios de campo.

### Funciones del responsable de mediciones

Debe ser una persona local con educación primaria completa (preferiblemente con educación secundaria) y con experiencia en el uso y manejo de los instrumentos técnicos que se utilizan en el levantamiento de datos; con conocimiento de los manuales de campo y los protocolos de medición. La contratación de personal local debe ser prioritaria para involucrar a las comunidades en el proceso del levantamiento de los datos de campo. En los territorios indígenas, el personal de campo debe ser parte del grupo indígena residente en la zona donde se ubica la parcela. Las funciones de la persona responsable de las mediciones son las siguientes:

- Colaborar en el establecimiento de la parcela.
- Realizar mediciones de diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (m), profundidad de hojarasca; recabar datos de madera muerta caída; colaborar en la extracción de muestras de suelo.
- Colaborar estrechamente con el/la jefe de cuadrilla en la demarcación de las unidades de muestreo primarias, secundarias, terciarias, cuaternarias y de madera muerta caída.
- Verificar que no queden individuos sin medir dentro de las unidades de muestreo.
- Responsabilizarse de manera solidaria con el/la jefe de cuadrilla por el equipo de medición y materiales asignados.
- Consultar al/la jefe de cuadrilla, en caso de duda, acerca de la pertenencia o no de un árbol a la parcela.
- Acatar las indicaciones del/la jefe de cuadrilla en cuanto a la organización de los aspectos referentes a rutas de ingreso, sitios de hospedaje, facilidades de alimentación y todo lo referente a la logística necesaria en el sitio de medición, tales como la limpieza del sitio u otras acciones requeridas.
- Marcar cada uno de los árboles medidos (dap >10 cm).



### Funciones del baquiano y asistente local

El baquiano desempeña las tareas de guía local y peón; por eso, debe ser una persona con experiencia en labores de campo y residente en la zona. La contratación de personal local debe ser prioritaria para involucrar a las comunidades en el proceso del levantamiento de los datos de campo. En los territorios indígenas, el personal de campo debe ser parte del grupo indígena residente en la zona donde se ubica la parcela. Las funciones de estos trabajadores son las siguientes:

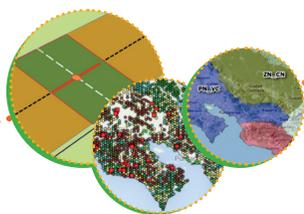
- Abrir sendero de acceso a las parcelas.
- Colaborar estrechamente con la persona responsable de mediciones en la demarcación de las unidades de muestreo primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias y de madera muerta caída.
- Colaborar estrechamente con el profesional en dendrología en la identificación de especies, recolección y transporte de muestras botánicas.
- Acatar las indicaciones del/la jefe de cuadrilla en cuanto a la organización de los aspectos referentes a rutas de ingreso, sitios de hospedaje, facilidades de alimentación y todo lo referente a la logística necesaria en el sitio de medición, tales como la limpieza del sitio u otras acciones requeridas.

En el caso de parcelas ubicadas en territorios indígenas, o cercanas a ellas, la contratación de personal de apoyo indígena debe ser un requisito para la conformación de las cuadrillas. Asimismo, si existen profesionales forestales o baquianos, que a la vez pertenezcan a pueblos indígenas, deberán ser tomados en cuenta para los puestos requeridos, según atinencia.

### Responsabilidades del personal del Sinac

La participación directa en el levantamiento por parte de funcionarios de las oficinas regionales o subregionales del Sinac es deseable con el fin de crear la capacidad institucional requerida para futuras réplicas del inventario en el país. El personal del Sinac es responsable por las siguientes tareas:

- Tramitar y obtener los permisos necesarios para el ingreso de las cuadrillas de campo a propiedades privadas, áreas protegidas y territorios indígenas.
- Si hay disponibilidad de tiempo y vehículos, acompañar a la cuadrilla en el levantamiento de datos.
- Informar al director de la campaña de campo y al Comité Técnico del IFN sobre cualquier anomalía relacionada con el accionar de las cuadrillas de campo.
- Contactar e informar a la Cruz Roja, Seguridad Pública y Comisión Nacional de Emergencias acerca de las fechas en que se estará realizando el trabajo de campo.
- Suministrar los documentos oficiales al/la jefe de cuadrilla de campo, los cuales le acreditan como profesional que participa en el Inventario Forestal Nacional.
- En caso necesario, y dependiendo de la disponibilidad institucional, realizar las gestiones para el uso de medios aéreos para trasladar a la cuadrilla hasta las parcelas catalogadas como de difícil acceso.
- Proveer de equipo de medición y botiquín a cada cuadrilla de campo.
- Brindar la logística y materiales necesarios para el curso de capacitación.
- Identificar y revisar los perfiles técnicos para la contratación de jefes de cuadrilla y dendrólogos; gestionar su contratación.
- Ingresar los datos al programa +bosque (anализador terrestre de recursos forestales) o equivalente.



## Inversión

La inversión requerida para ejecutar las tareas de campo del IFN incluye los siguientes rubros:

<b>Cuadrillas para medición de parcelas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo humano</li> <li>• Movilización</li> <li>• Alimentación y alojamiento</li> <li>• Equipo menor</li> </ul>	<b>Equipo especializado para mediciones forestales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cintas (métrica y diamétrica), distanciometro laser, receptor GPS, cámara, pintura, botiquín de primeros auxilios</li> </ul>
<b>Supervisión y planificación del inventario</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Director de la campaña de campo</li> <li>• Coordinador de dendrólogos</li> </ul>	<b>Servicios de laboratorio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de muestras de hojarasca y suelo</li> </ul>
<b>Capacitación de cuadrillas de campo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hospedaje y alimentación</li> </ul>	

## Asignación de parcelas a medir por estrato

Para cumplir con los objetivos de la Fase I del IFN, la selección y distribución del número de parcelas a medir se sustentó en los siguientes criterios:

1. La estimación inicial del tamaño de muestra según Cuadro 11.
2. La inclusión de localidades y coberturas sin datos en todas las regiones operativas.
3. Elección de parcelas según grado de dificultad en cuanto a acceso en todas las regiones operativas.
4. La inclusión de al menos una parcela en territorios indígenas.

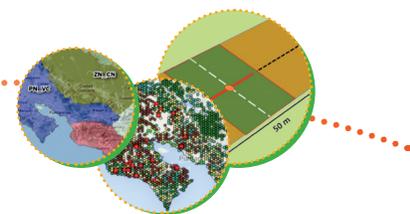
Para la asignación de las parcelas de bosque maduro, secundario y pasto con árboles se utilizó una malla de 5\*5 km conformada por 2048 puntos (Figura 29). Se eligió una equidistancia de 5 km para luego obtener muestras de 25\*25 km para bosque maduro, 15\*15 km para bosque secundario y 10\*10 km para pasto con árboles. La malla permite, además, densificar posteriormente el número de parcelas para cualquiera de las clases de uso-cobertura (estratos).

### Bosque maduro

La estimación inicial del tamaño de muestra para el bosque maduro fue de 24 parcelas; dado que se tiene un área a muestrear de 12.725,81 km<sup>2</sup>, la equidistancia entre puntos de muestreo es de 23,03 km, redondeado a 25 km (Figura 31A). Para esta equidistancia se deben seleccionar 28 puntos de la malla de 25\*25 km (Figura 31B). Una vez identificados los puntos, se eligió el punto de bosque maduro de la malla de Ortiz (2013) más cercano al punto seleccionado como sitio a mensurar (Figuras 46C y D). Así, se ubicaron dos sitios a medir en territorio cabécar (Bajo Chirripó en Caribe central y Talamanca cabécar en Caribe sur) y uno en territorio guaymí (Conte Burica en Pacífico sur).

### Bosque secundario

La estimación inicial del tamaño de muestra para el bosque secundario fue de 46 parcelas; dado que se tiene un área a muestrear de 10 172,97 km<sup>2</sup>, la equidistancia entre puntos de muestreo es de 15 km (Figura 31A). Para seleccionar las unidades a medir se seleccionaron 46 puntos de la malla equidistante de 15\*15 km (Figura 31B). Una vez elegidos los puntos, se eligió el punto de bosque secundario de la malla de Ortiz (2013) más cercano al punto seleccionado como sitio a mensurar (Figuras 31 C y D). Así, se ubicaron cinco sitios a medir en territorios indígenas: Alto Chirripó en Caribe central, Talamanca cabécar y Telire en Caribe sur (territorio cabécar); Talamanca bribri en Caribe sur y Cabagra en Pacífico sur (territorio bribri).





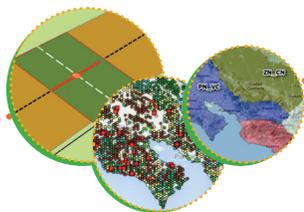
### Pasto con árboles

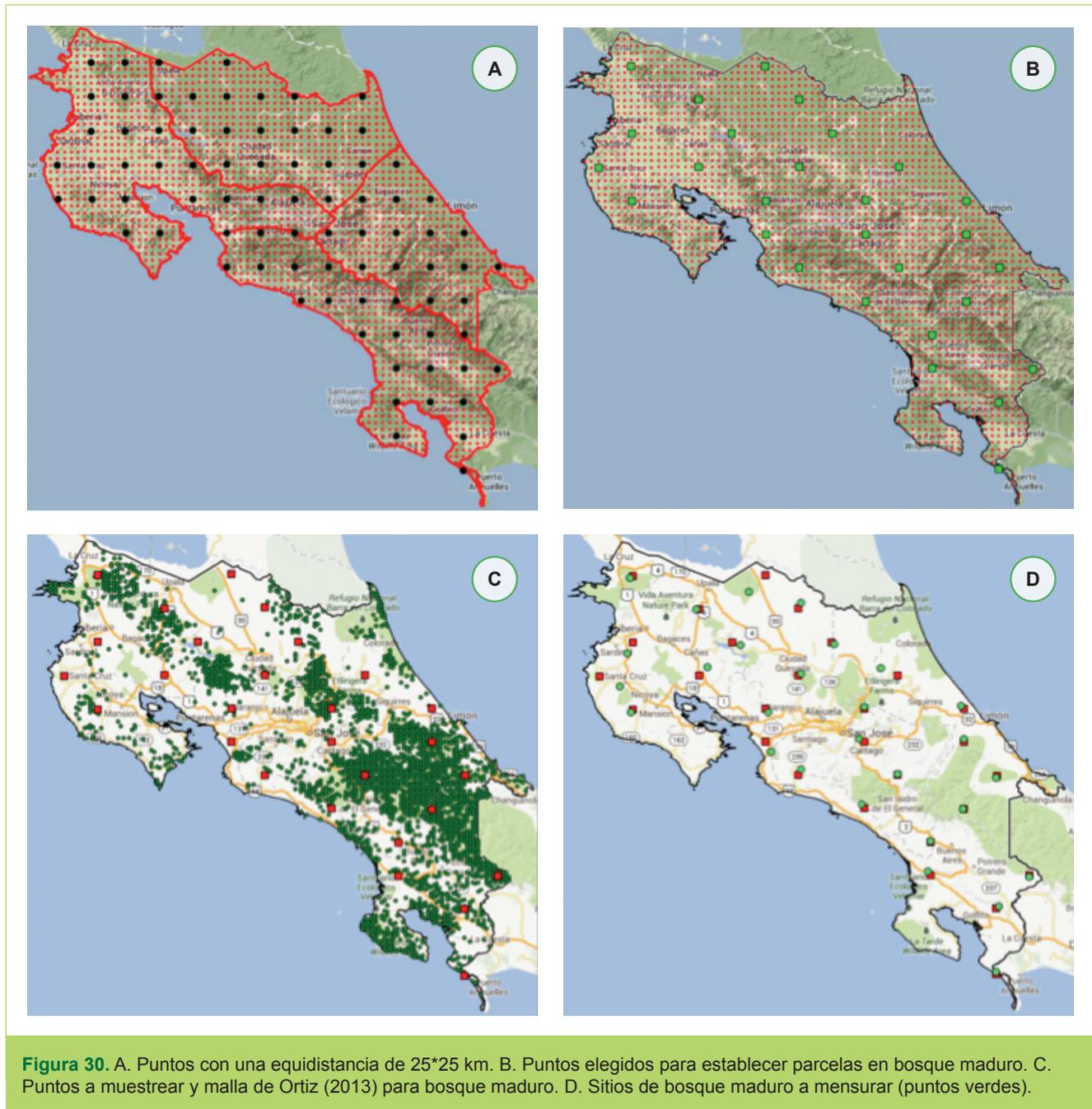
Debido a que este estrato aporta poco volumen y biomasa y que es altamente cambiante por el régimen de manejo, en la Fase I del IFN se decidió utilizar un error de muestreo de 30% con un IC del 95%, lo cual equivale a establecer 64 parcelas con una equidistancia de 10 km. Una vez elegidos los puntos de muestreo de la malla de 10\*10 km<sup>8</sup>, se eligió, como sitio a medir, el punto de pasto con árboles de la malla de Ortiz (2013) más cercano al punto seleccionado (Figura 32B).

### Bosque de palmas

No existen datos previos del área basal para el cálculo del tamaño de muestra en los bosques de palma; por eso, se eligió una parcela para cada uno de los sitios con mayor representación de palmas en el país (Zona Norte, Caribe norte y central y Osa) -en el Caribe norte se ubicaron dos parcelas-. (Figura 33). El tamaño final de la muestra para este estrato se definirá a partir de los datos recabados en la Fase I del IFN.

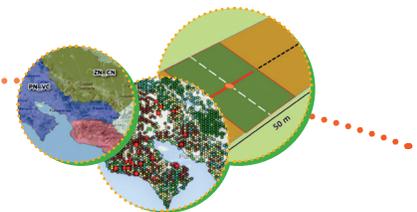
<sup>8</sup> La equidistancia entre puntos de muestreo es  $(7135,48 \text{ km}^2/64)0,5 = 10,55 \text{ km}$ , valor que se redondeó a 10 km.

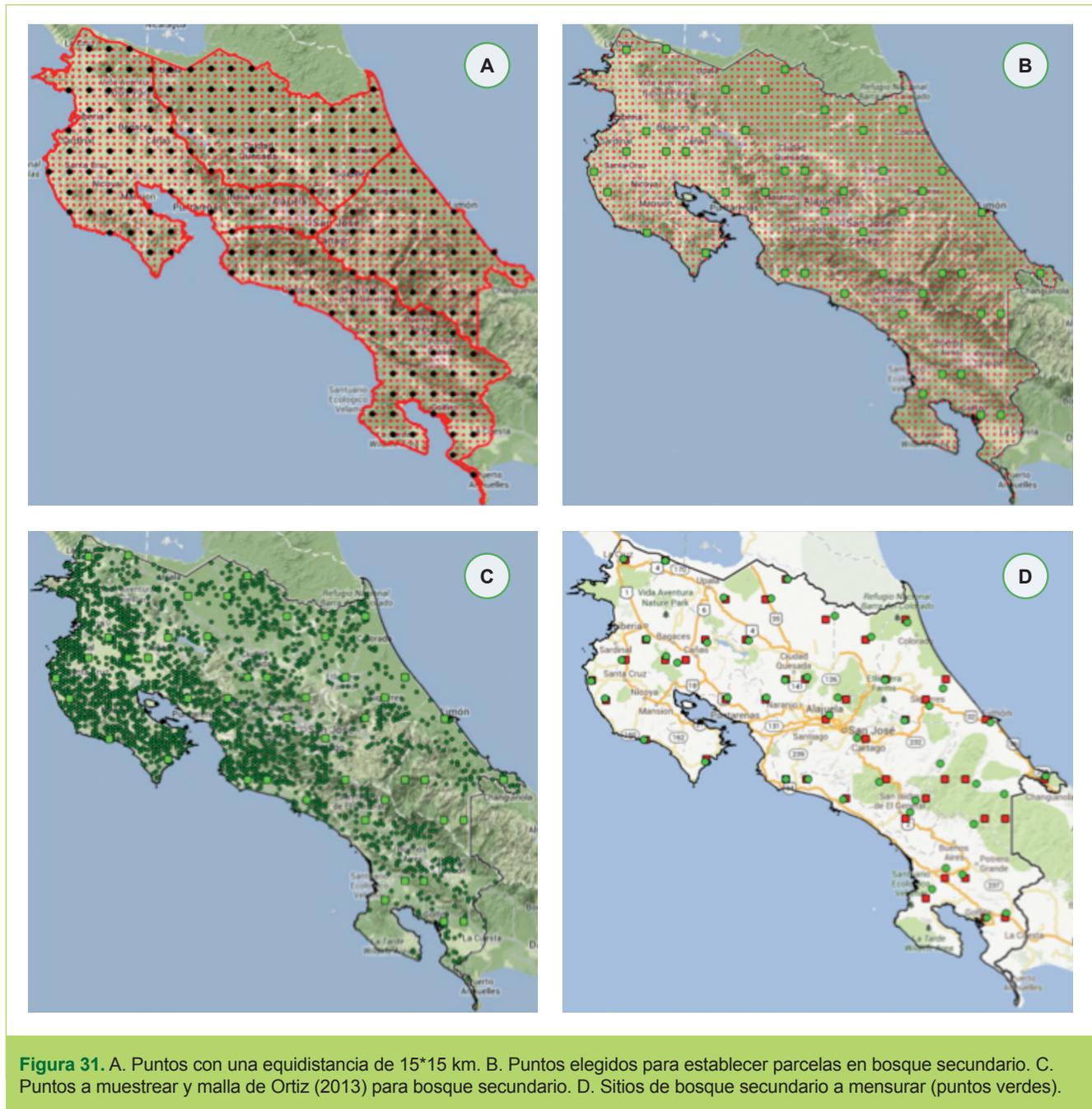




### Rodal de mangle

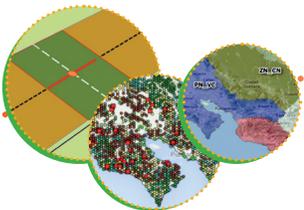
Dado que solo fue posible recabar datos de dos parcelas (península de Nicoya y Térraba-Sierpe) para estimar la media y variabilidad de este estrato, se decidió utilizar el muestreo de juicio sustentado en criterio experto. Así se seleccionaron cinco parcelas: tres en el Pacífico norte, una en el Pacífico central y una en el Pacífico sur (Figura 34).

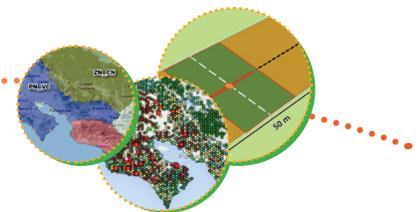
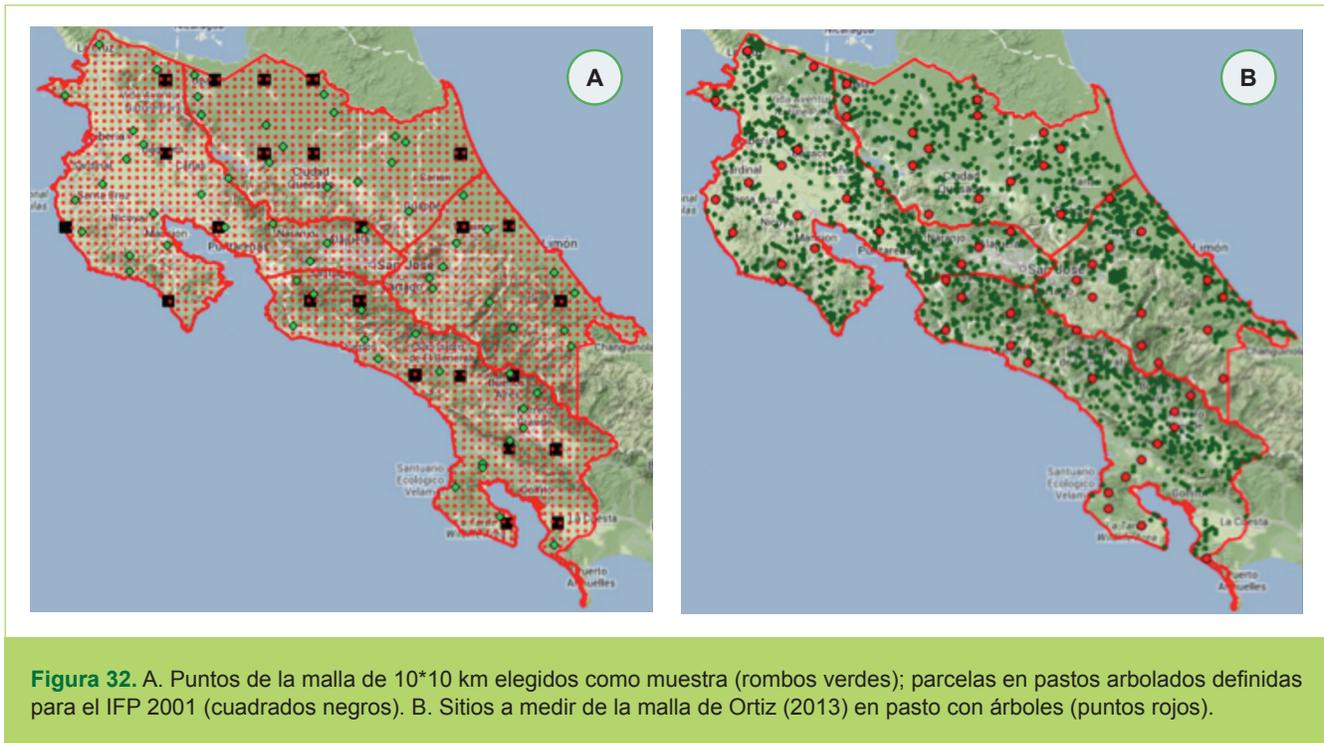


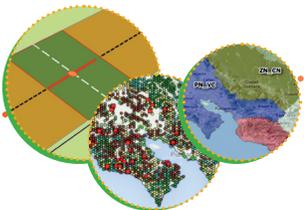
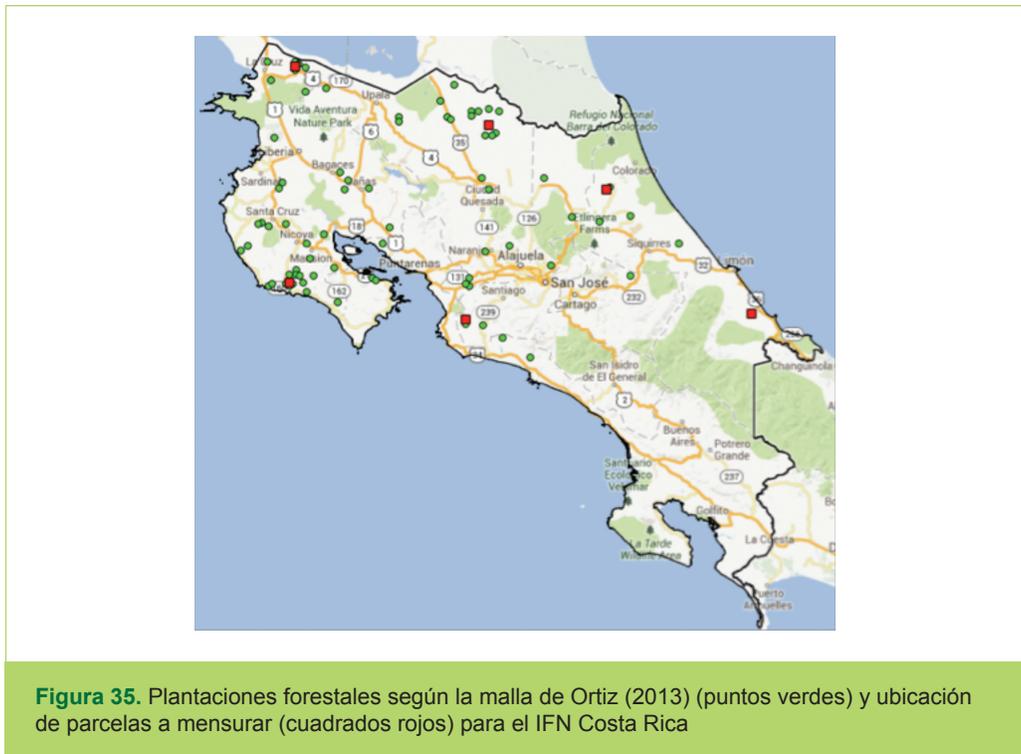


### Plantación forestal

Dado que solo existen datos de dos parcelas para estimar el tamaño de muestra, se decidió utilizar el muestreo de juicio sustentado en criterio experto. Así se seleccionaron seis parcelas distribuidas de forma tal que se cubriera toda el área a muestrear (Pacífico norte, península de Nicoya, Pacífico central, Zona Norte, Caribe norte y sur) (Figura 35). Llama la atención, en la malla de Ortiz (2013), la ausencia de puntos en el Pacífico sur, donde se presume la existencia de plantaciones forestales.

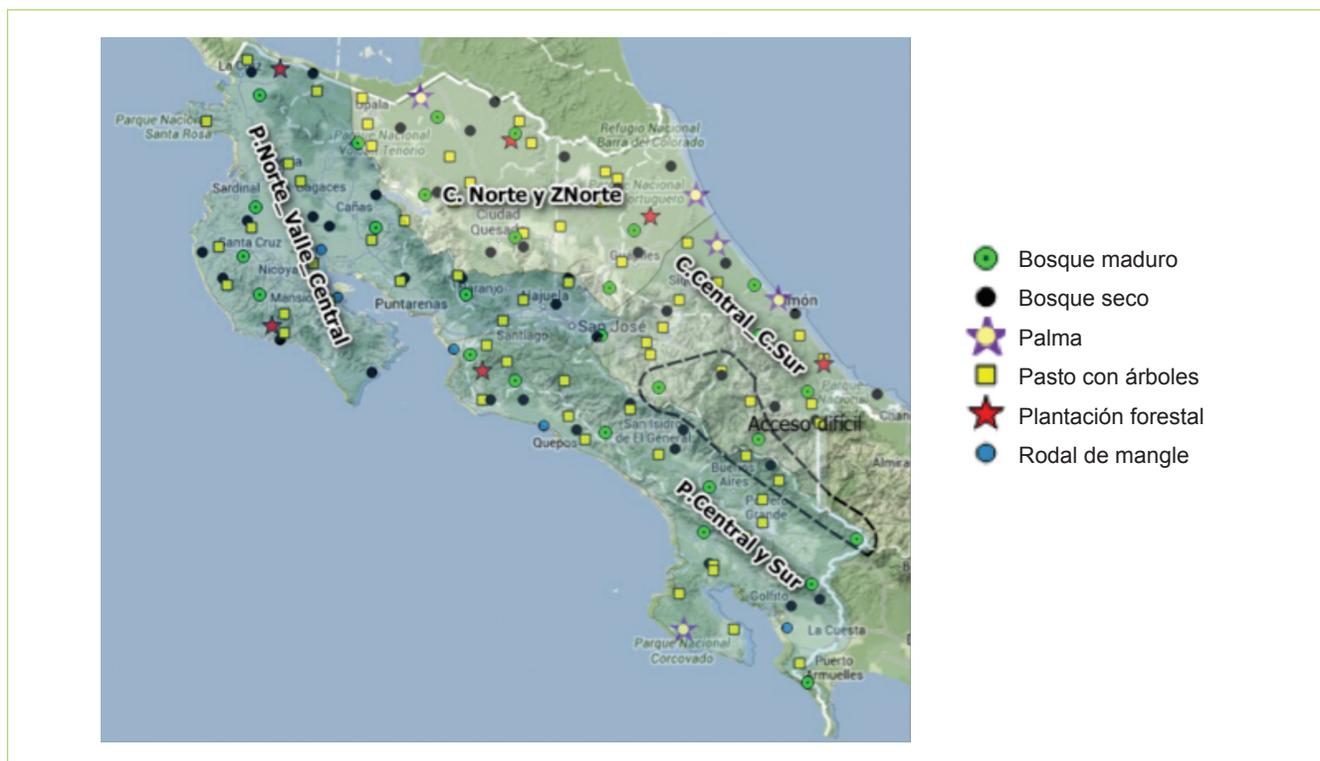






### Resumen de parcelas a medir por estrato

La Figura 36 presenta la distribución espacial de los 154 sitios elegidos para establecer parcelas de campo en la Fase I del IFN. En el Cuadro 14 se detalla el número de parcelas ubicadas en áreas silvestres protegidas (ASP), territorios indígenas y terrenos privados. El 67,5% de las parcelas se encuentran en fincas privadas (104); de las cuales el 45,2 % (47) corresponden a pastos con árboles.

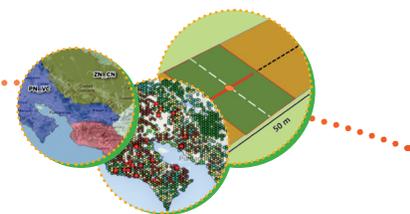


**Figura 36.** Distribución de las 154 parcelas a mensurar por estrato en la Fase I (pre-muestreo) del IFN Costa Rica

Fuente: Elaborado a partir de la malla de puntos Ortiz (2013).

**Cuadro 14.** Distribución de parcelas por estrato y tenencia de la tierra para el IFN Costa Rica

Estrato (uso-cobertura)	Todos	ASP		T. indígena		Privado	
		Frec.	%	Frec.	%	Frec.	%
Bosque maduro	28	11	39,3	3	10,7	14	50,0
Bosque secundario	46	7	15,2	6	13,0	33	71,7
Bosque de palmas	5	1	20,0	0	0,0	4	80,0
Rodal de mangle	5	5	100,0	0	0,0	0	0,0
Plantación forestal	6	0	0,0	0	0,0	6	100,0
Pasto con árboles	64	8	12,5	9	14,1	47	73,4
<b>Total</b>	<b>154</b>	<b>32</b>	<b>20,8</b>	<b>18</b>	<b>11,7</b>	<b>104</b>	<b>67,5</b>

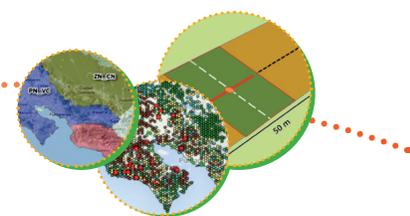




Las parcelas incluidas en cada una de las regiones operativas se listan en el Cuadro 15. Dado que solo se disponía de 28 días para realizar el trabajo de campo, no fue posible medir el 100% de las parcelas planificadas. Cuando el número de parcelas asignadas a una región operativa excedió el tiempo de trabajo de campo, se decidió de mutuo acuerdo entre la jefatura de cuadrilla, el director nacional del inventario y el director de la campaña de campo, la cantidad de parcelas que se debía medir, dando prioridad a las parcelas en bosque y plantaciones forestales.

**Cuadro 15.** Parcelas por región operativa para la Fase I (premuestreo) del IFN Costa Rica

Región operativa	Parcelas por estrato	Comentario
<b>Caribe norte y Zona Norte (36 parcelas)</b>	Bosque maduro (8)	<b>Total días: 29</b> <b>Tiempo para trabajo de campo: 28</b> <b>Parcelas a completar: 96%</b>
	Bosque secundario (10)	
	Bosque palma (2)	
	Plantación forestal (2)	
	Pasto con árboles (14)	
<b>Caribe central y sur (22 parcelas)</b>	Bosque maduro (1)	<b>Total días: 27</b> <b>Tiempo para trabajo de campo: 28</b> <b>Parcelas a completar: 100%</b> <b>Hay cuatro parcelas en sitios de muy difícil acceso por lo que el día extra podría necesitarse para completar las mediciones.</b>
	Bosque secundario (6)	
	Bosque palma (2)	
	Plantación forestal (1)	
	Pasto arbolado (9)	
Bosque difícil acceso (4)		
<b>Pacífico norte y Valle Central (48 parcelas)</b>	Bosque maduro (7)	<b>Total días: 37,5</b> <b>Tiempo para trabajo de campo: 28</b> <b>Parcelas a completar: 75%</b>
	Bosque secundario (16)	
	Rodal de mangle (2)	
	Plantación forestal (3)	
	Pasto con árboles (20)	
<b>Pacífico central y sur (39 parcelas)</b>	Bosque maduro (7)	<b>Total días: 32,5</b> <b>Tiempo para trabajo de campo: 28</b> <b>Parcelas a completar: 86%</b>
	Bosque secundario (11)	
	Bosque palma (1)	
	Plantación forestal (1)	
	Rodal de mangle (3)	
Pastos con árboles (16)		
<b>Acceso difícil (9 parcelas)</b>	Bosque maduro (3)	<b>Total días: 27</b> <b>Tiempo para trabajo de campo: 28</b> <b>Parcelas a completar: 100%</b> <b>Todas las parcelas están ubicadas en sitios de muy difícil acceso por lo que el día extra podría necesitarse para completar las mediciones.</b>
	Bosque secundario (2)	
	Pastos con árboles (4)	



### Rendimiento esperado de las cuadrillas

Los criterios utilizados para estimar el rendimiento de las cuadrillas de campo fueron los siguientes:

1. El análisis de la ubicación de las parcelas con respecto a la capa de vías puede dar la impresión que el acceso es sencillo. Sin embargo, una vez en el campo se evidencia que algunas carreteras no son transitables en vehículo durante los meses de octubre (Pacífico) y noviembre-diciembre (Caribe). Si la parcela se encuentra en finca privada se requiere de tiempo adicional para solicitar el permiso de acceso. Además, con frecuencia se debe caminar, en sitios normales, entre 300 y 1000 m para llegar al sitio donde se debe establecer la parcela.
2. El mes de octubre es el más lluvioso en la vertiente Pacífica y, por lo tanto, se prevé un rendimiento menor al que podría lograrse en la estación seca (diciembre-abril). La precipitación media mensual entre mayo y noviembre varía, según localidad, entre 350 mm y 500 mm.
3. Por lluvia y nubosidad se estima que la jornada de trabajo efectiva durante el periodo de campo sería de 4 a 6 horas en sitios “normales” de acceso.
4. En buena parte de la vertiente Caribe y Zona Norte, la precipitación anual es superior a 2500 mm y la media mensual entre mayo y noviembre varía, según localidad, entre 350 mm y 500 mm.

**Cuadro 16.** Rendimiento esperado por cuadrilla de campo para el IFN Costa Rica

Estrato	Días/parcela	Descripción de tareas a realizar
Bosque maduro	1	Tiempo efectivo para establecer y medir la parcela
Bosque secundario	1	
Bosque palma	1,5	
Plantación forestal	0,5	
Pasto con árboles	0,5	
Acceso difícil	3	Por las condiciones de dificultad, se asignaron de tres a seis días por parcela, sin considerar uso-cobertura.

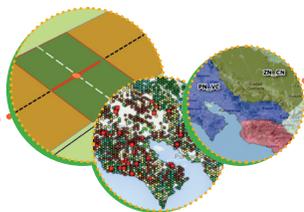
### Parcelas en sitios de muy difícil acceso

Las parcelas de muy difícil acceso se concentran en la Cordillera de Talamanca: parte alta del sector Pacífico y parte media del sector Caribe. Esta región se caracteriza por la ausencia de vías de acceso, topografía muy quebrada, lluvia entre 200 y 350 mm mensuales de mayo a noviembre y alta densidad de ríos (Figuras 38, 39 y 40). De las 13 parcelas en esta categoría, cinco corresponden a bosque maduro, tres a bosque secundario y cinco a pasto con árboles. En cuanto a la tenencia de la tierra, nueve se localizan en territorios indígenas y cuatro en áreas silvestres protegidas (Cuadro 17). Dadas las condiciones anteriores, se estimó que se requería de al menos tres días para establecer y medir cada una de estas parcelas, indistintamente de su cobertura.

### Resumen de parcelas por región operativa

A continuación se presenta el resumen de las parcelas a mensurar por región operativa durante la Fase I (premuestrero) del inventario forestal nacional. Las estimaciones del tamaño de muestra son preliminares y fueron reevaluadas una vez completado el trabajo de campo.

En la Fase I del IFN se utilizó la parcela estándar de 20 m\*50 m (1000 m<sup>2</sup>) para realizar las mediciones indicadas en la sección “Diseño de la parcela y variables a cuantificar”. Pero además, con el objetivo de evaluar la relación área basal-coeficiente de variación para árboles con un diámetro a la altura del pecho ≥10 cm, el área de las parcelas en bosque maduro y secundario se amplió a 1500 m<sup>2</sup> (20 m\*75 m), 2000 m<sup>2</sup> (20 m\*100 m) y 2500 m<sup>2</sup> (20 m\*125 m).



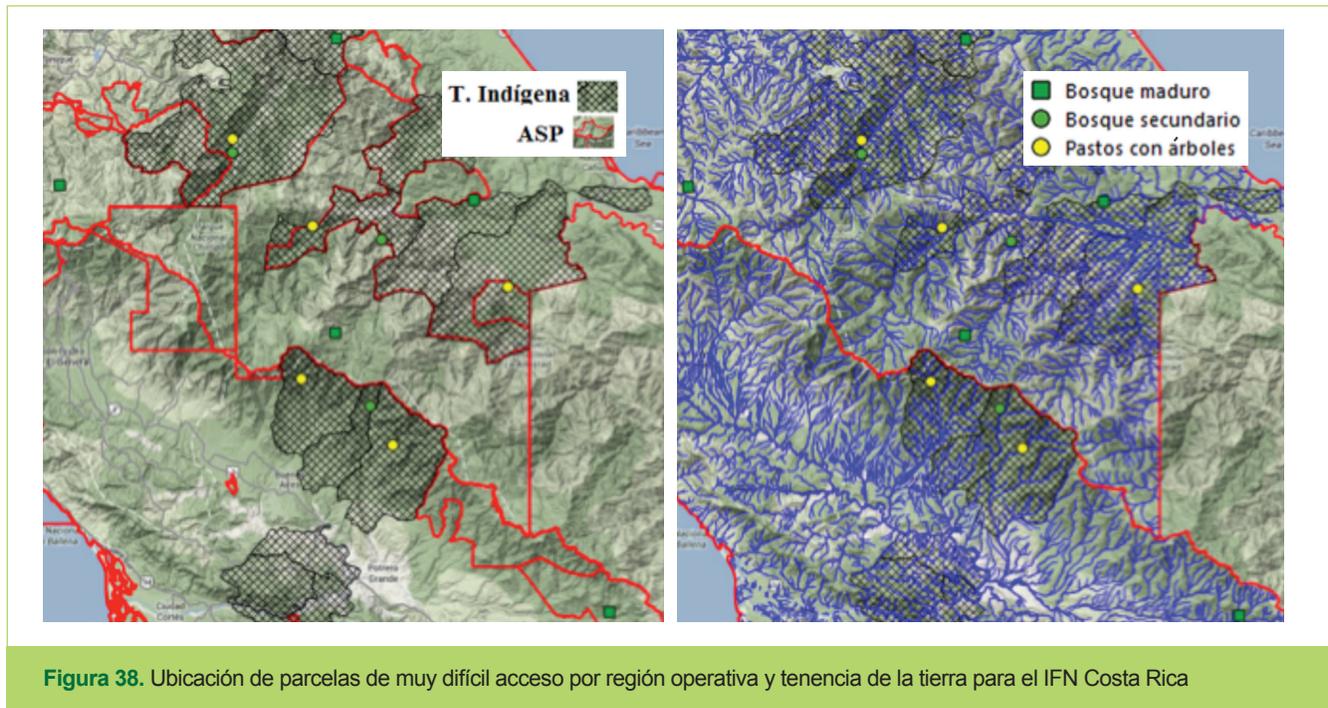


Figura 38. Ubicación de parcelas de muy difícil acceso por región operativa y tenencia de la tierra para el IFN Costa Rica

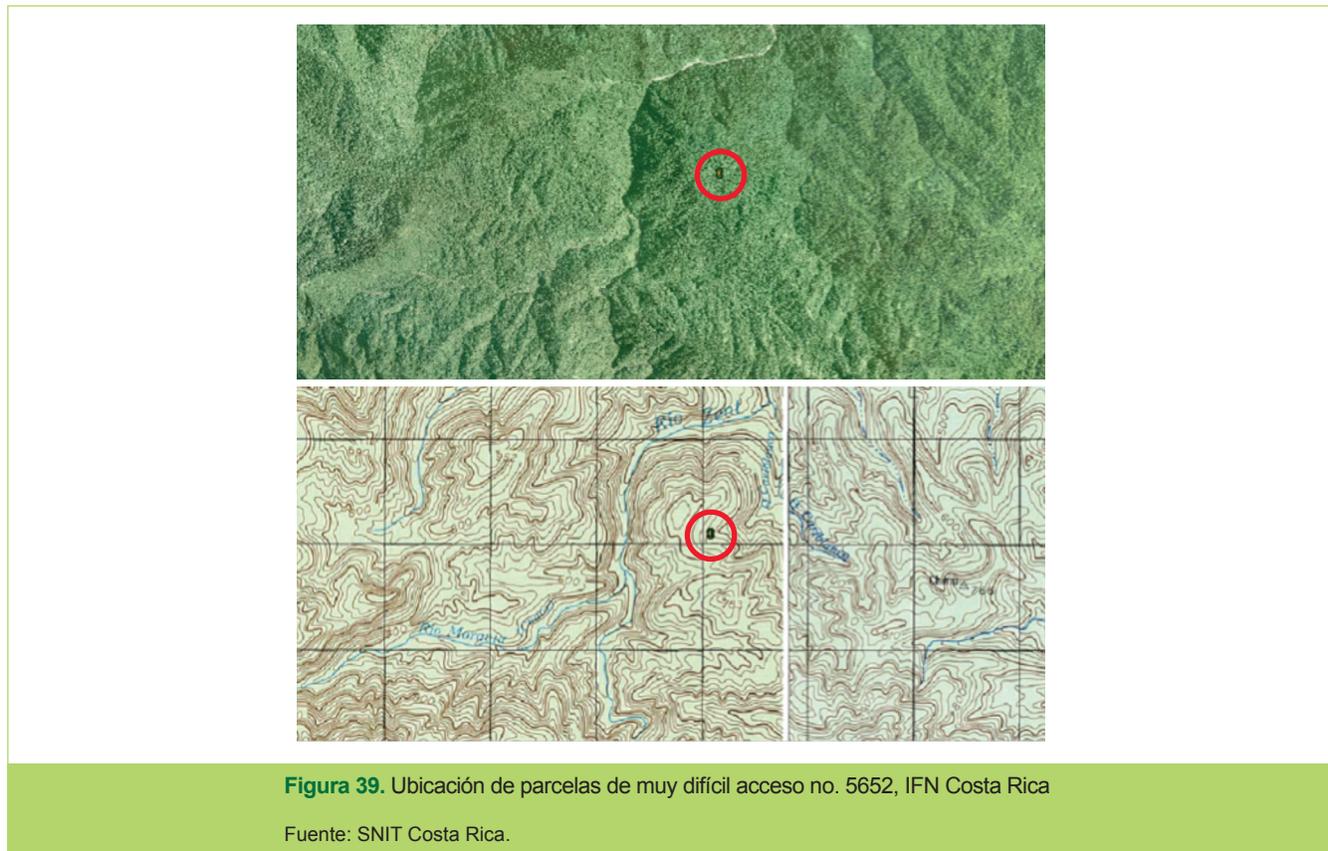
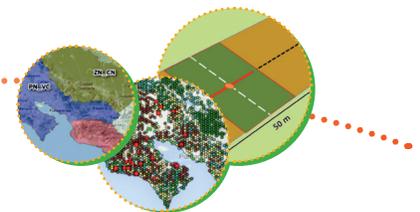
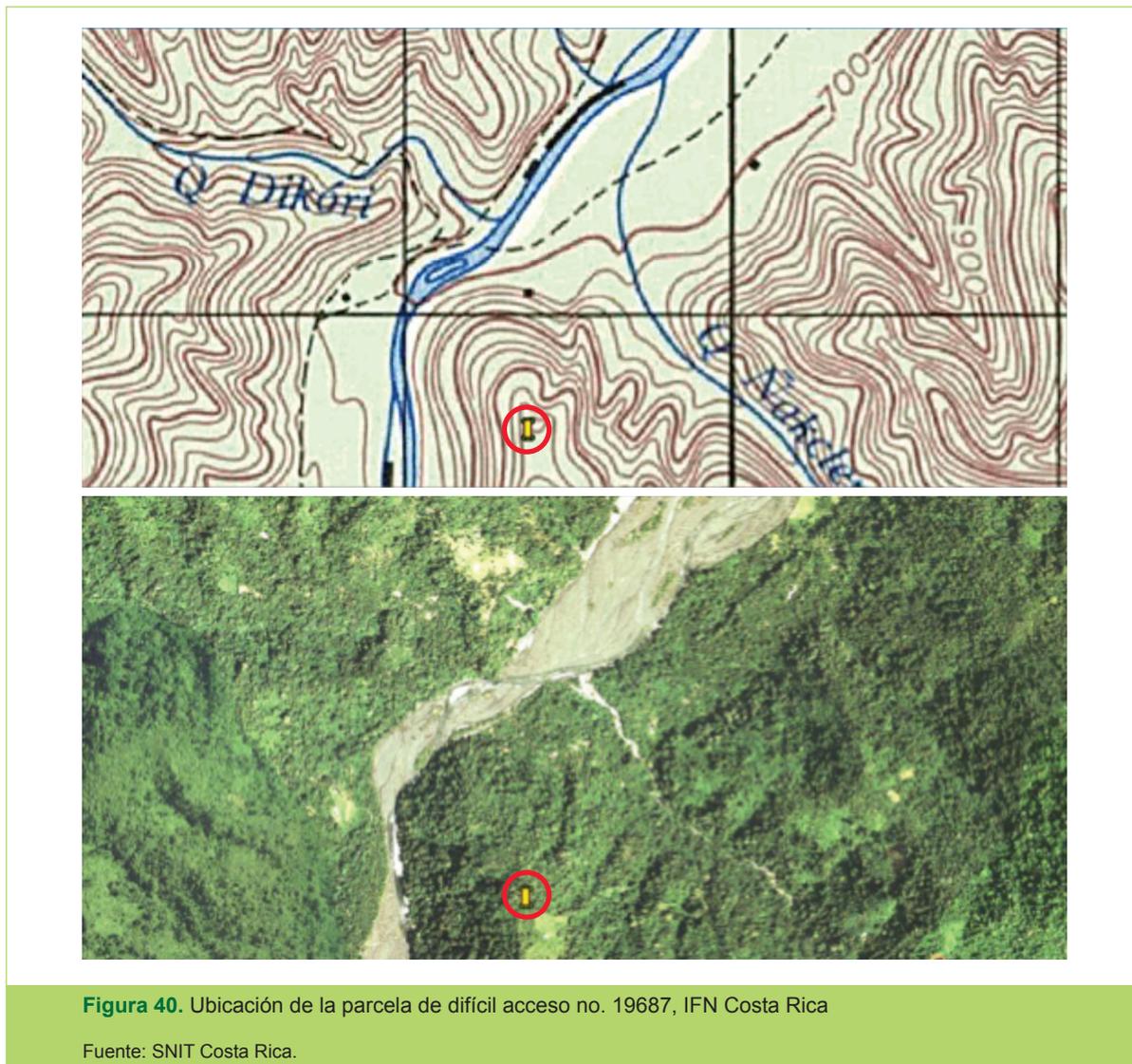


Figura 39. Ubicación de parcelas de muy difícil acceso no. 5652, IFN Costa Rica

Fuente: SNIT Costa Rica.





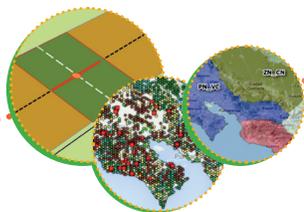
**Figura 40.** Ubicación de la parcela de difícil acceso no. 19687, IFN Costa Rica

Fuente: SNIT Costa Rica.

**Cuadro 17.** Número de parcelas a medir por estrato y región operativa en la Fase I del IFN Costa Rica

Estrato	Total	%	PN-VC	PC-PS	CN-ZN	CC-CS	Sitios difíciles
Bosque maduro	28	18,2	7	7	8	1+2*	3
Bosque secundario	46	29,9	16	11	10	6+1*	2
Bosque palma	5	3,2	0	1	2	2	0
Rodal mangle	5	3,2	2	3	0	0	0
Plantación forestal	6	3,9	2	1	2	1	0
Pastos con árboles	64	41,6	20	16	14	9+1*	4
<b>Total</b>	<b>154</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>39</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>9</b>

\* Parcelas en sitios de acceso difícil.

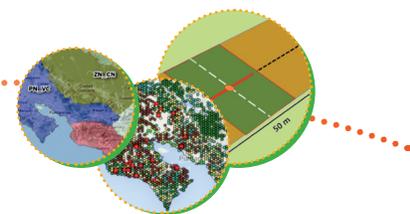


## Controles de calidad<sup>9</sup>

En el IFN de Costa Rica se utilizaron las siguientes actividades/procedimientos para medir y controlar la calidad de los datos recabados y procesados por las cuadrillas de campo:

- Para el levantamiento de campo, se dividió al país en cinco regiones operativas: Pacífico Norte y Valle Central (PN-VC), 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). 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.
- Las cuadrillas de campo recibieron chalecos para su identificación en el campo.
- Se prepararon términos de referencia para la contratación del responsable de la cuadrilla de campo. En la selección del jefe(a) de la cuadrilla participó el personal regional del Sinac, el equipo del Sinac del IFN, la Secretaría Ejecutiva del Sinac y el director de la campaña de campo.
- Se preparó una descripción de funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros de la cuadrilla de campo.
- A cada cuadrilla de campo se le asignó un profesional en dendrología seleccionado por el Ing. Nelson Zamora (especialista en dendrología tropical), coordinador de los aspectos dendrológicos del inventario.
- Se preparó un protocolo para la identificación, colecta, transporte y procesamiento de muestras botánicas.
- Se preparó y compartió con cada cuadrilla el manual de campo del inventario.
- Todas las cuadrillas participaron en un curso de capacitación previo al inicio del trabajo de campo. En dicho curso se evacuaron dudas relacionadas con el manual de campo.
- Se mantuvo contacto vía telefónica/correo electrónico con los jefes de cuadrilla para resolver dudas de campo durante todo el inventario.
- Se mantuvo una estrecha comunicación con el equipo director del IFN en el Sinac.
- Se realizó una visita de campo a cuatro de las cinco cuadrillas.
- Se preparó un formulario excel para digitar los datos recabados en campo.
- 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 1:5000 del año 2005 disponibles en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) (<http://www.snitcr.go.cr/>) para verificar los estratos.
- Una vez recibidos los datos del/la jefe de la cuadrilla, los mismos fueron revisados por el director de la campaña de campo y por el coordinador de dendrología; en caso de detectar errores/omisiones/inconsistencias, la información fue devuelta al jefe de la cuadrilla con las observaciones pertinentes para subsanar o documentar la discrepancia.
- Se escaneó y archivó cada formulario de campo del inventario y se documentaron las actividades realizadas por la cuadrilla mediante un informe.
- Las dudas en cuanto a la identificación de especies se consultaron con el coordinador de dendrólogos del IFN.
- El coordinador de dendrólogos revisó y aprobó los códigos alfanuméricos de las especies en cada parcela.
- El equipo técnico de GIZ revisó y validó los datos de campo.
- Se hizo una verificación independiente de 33 parcelas, por parte de una cuadrilla de campo independiente.
- En territorios indígenas, el Sinac envió cartas a todas las Asociaciones de Desarrollo Integral Indígena (ADII) y cada jefe de cuadrilla estableció contacto con la autoridad pertinente en el territorio.

<sup>9</sup> Para más detalles sobre este tema ver IPCC-GPC (2000).



## Resultados de la Fase I

### Parcelas planificadas y medidas

En la Fase I del IFN se seleccionaron 154 parcelas de los estratos bosque maduro, secundario, pasto con árboles, bosque de palma, rodal de mangle y plantación forestal. El número de parcelas para los primeros tres estratos se sustentaron en un análisis estadístico (error de muestreo e IC 95%), en tanto que para los otros dos estratos se utilizó un muestreo no probabilístico de conveniencia sustentado en criterio experto.

En los 28 días disponibles para el trabajo de campo solo fue posible establecer, medir y procesar los datos de 131 parcelas de las 154 planificadas (85,1%) (Cuadro 18). Como era de esperarse, el grado de avance por región operativa varió desde un 100% en la Zona Norte-Caribe norte y sitios difíciles hasta un 69,2% en el Pacífico Central-Sur y un 78,7% en el Pacífico Norte-Valle Central.

El bajo rendimiento en la región PC-PS (69,2% vs. el 86% esperado) se explica parcialmente por las dificultades experimentadas en cuanto al acceso a las fincas y a los territorios indígenas. En el caso de la cuadrilla PN-VC, más bien se superó la meta fijada del 75% de las parcelas.

**Cuadro 18.** Parcelas planificadas y medidas por región operativa para el IFN Costa Rica

Región operativa	BM	BS	BP	RM	PF	PA	Otro	Medidas	Planificadas	Logro (%)
ZN-CN	10	6	1	0	3	10	6	36	36	100
CC-CS	4	5	2	0	1	4	6	22	23	95,6
PN-VC	4	11	0	1	1	19	1	37	47	78,7 $\phi$
PC-PS	5	9	0	3	2	0	8	27**	39	69,2 $\phi\phi$
DIF-CAR	1	1	0	0	0	0	2	4	4	100
DIF-PAC	2	0	0	0	0	1	2	5	5	100
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>32</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>34</b>	<b>18</b>	<b>131</b>	<b>154</b>	<b>85,1</b>

BM: bosque maduro BS: bosque secundario BP: bosque de palmas RM: rodal de mangle PF: parcela forestal  
PA: pastos con árboles

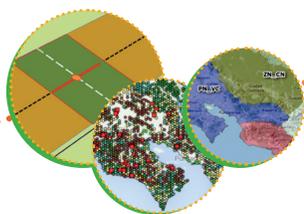
\* Incluye una parcela de bosque secundario con un 40% de árboles de teca.

\*\* Se midió una parcela en bosque secundario que no era parte de las parcelas a medir ni de la malla de puntos. El dueño de la propiedad no permitió el acceso a su finca y, por lo tanto, el jefe de la cuadrilla tomó la decisión de buscar otra cobertura igual a la de la finca para realizar la medición y no perder el día de trabajo.

$\phi$  Rendimiento esperado del 75%.

$\phi\phi$  Rendimiento esperado del 86%.

De las 131 parcelas visitadas en campo, solo se tienen datos dasométricos y botánicos para 107 de ellas, ya que en 24 parcelas no se encontraron árboles con un dap superior o igual a 10 cm. A pesar de esto, se logró maximizar el número de parcelas ubicadas en bosque y plantaciones forestales (Cuadro 19). De las 52 parcelas de pasto con árboles, según la malla de Ortiz (2013), en el campo se corroboró que once de ellas eran pasto sin árboles, cinco de cultivos, una de infraestructura, una de uso mixto y una de sistema agroforestal. En cuanto a la cobertura de bosque secundario según la malla, en campo se encontró que cuatro parcelas correspondían, en realidad a pasto sin árboles (1), cultivos (1), uso mixto (1) e infraestructura (1).



**Cuadro 19.** Parcelas según estrato medidas en campo durante la Fase I del IFN Costa Rica

Estrato	Parcelas muestreadas según estrato	Parcelas con datos dasométricos y botánicos	
		Número	%*
Bosque maduro	27	26	96,3
Bosque secundario	35**	32	91,4
Bosque de palma	5	3φ	60
Rodal de mangle	5	4φφ	80
Plantaciones forestales	6	7	116,7
Pasto con árboles	52	35 (una en SAF) φφφ	65,4
<b>Total</b>	<b>130</b>	<b>107</b>	<b>81,5</b>

- \* Este valor no debe interpretarse como grado de concordancia entre el estrato y el campo. El tema de la concordancia e índice Kappa se trata en la próxima sección del informe.
- \*\* Excluye parcela ubicada en Coopemadereros (PC-PS), e incluye ocho parcelas clasificadas como bosque deciduo en la malla de Ortiz (2013).
- φ Se visitaron cuatro de las cinco parcelas planificadas; una de ellas era bosque maduro y otra, bosque secundario. Por

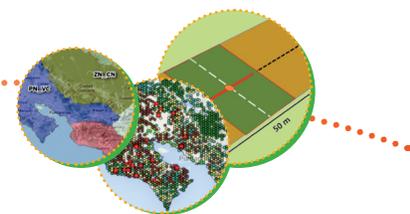
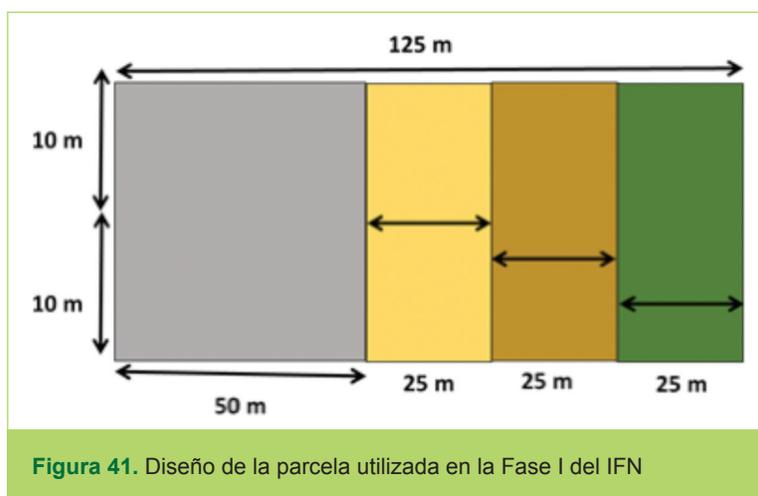
otro lado, una parcela del estrato bosque secundario era, en realidad, bosque de palma.  
 φφ Se visitaron cuatro de las cinco parcelas planificadas.  
 φφφ De las 52 parcelas de pasto con árboles en la malla de Ortiz (2013), 23 parcelas correspondían a otros usos (PSA, sistema agroforestal, bosque secundario, AG, plantación forestal, IF). Por otro lado, cinco parcelas del estrato bosque secundario eran, en realidad, pasto con árboles.

## Resultados de las extensiones de área en la parcela principal

### Área basal media y variabilidad por hectárea para estratos de bosques y plantaciones

A continuación se presenta un resumen del análisis de área basal por hectárea para los estratos bosque maduro, secundario, rodal de mangle, bosque de palma y plantaciones forestales.

En el bosque maduro y secundario se utilizó la parcela estándar de 1000 m<sup>2</sup> (20\*50 m) con tres extensiones de 500 m<sup>2</sup> (20\*25m) cada una (Figura 41) con el propósito de evaluar la relación entre variabilidad en área basal y tamaño de la parcela.

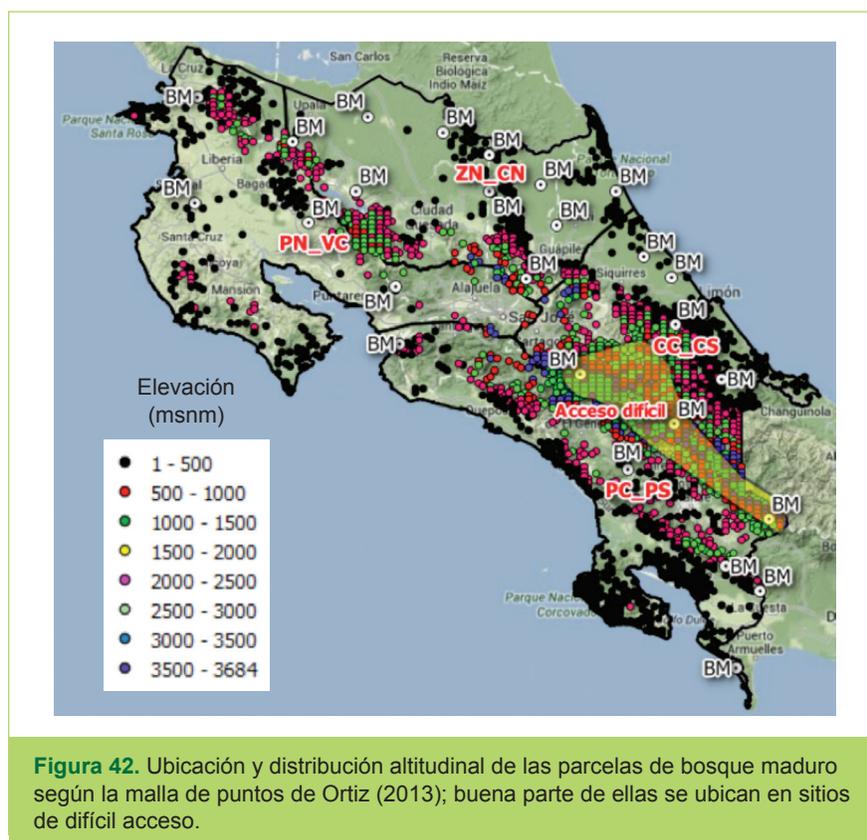


### Bosque maduro

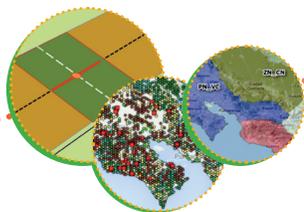
A pesar del pequeño tamaño de la muestra (26 parcelas), se logró cubrir un rango altitudinal entre 2 y 2300 m; sin embargo no fue posible muestrear de manera homogénea el territorio nacional (Figura 42). Esto se debe tanto al número de parcelas que se debían establecer para el error deseado (15%, asumiendo un aumento de 20% en la variabilidad de los datos disponibles para estimar el tamaño de muestra), como a la distribución espacial del bosque maduro existente en el país según la malla de puntos de uso-cobertura. Las áreas no representadas en la Fase I fueron las penínsulas de Santa Elena y Nicoya (bosque seco), estribaciones oriental y occidental de las cordilleras de Guanacaste y Tilarán, la parte alta de la cordillera de Talamanca (bosques de roble), la península de Osa, Golfito y el Caribe sur.

El análisis de varianza ( $p=0,99$ ) y el IC 95% (Figura 43 y Cuadro 20) demuestran que el tamaño de la parcela entre 1000 y 2500 m<sup>2</sup> no tiene ningún efecto en la estimación de área basal por hectárea. El mismo resultado se obtuvo con una prueba  $t$  ( $p=0,75$ ) para comparar 14 parcelas que contaban con datos de área basal para 1000 m<sup>2</sup> y 2500 m<sup>2</sup>.

El área basal media por hectárea para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> fue  $33,01 \pm 12,24$  m<sup>2</sup>, en tanto que para la de 2500 m<sup>2</sup> fue  $32,34 \pm 12,30$  m<sup>2</sup>. Dichos valores son muy similares a los estimados a partir de los datos existentes ( $32,25 \pm 9,55$  m<sup>2</sup>/ha)<sup>10</sup>. Tres de las cuatro parcelas con un área basal superior a 40 m<sup>2</sup>/ha se encuentran sobre los 1000 m de elevación y se ubican en la cordillera de Talamanca; la otra se ubica a 190 m en el Parque Nacional Carara -una particularidad de esta parcela es que dos árboles representan el 19,4% del AB/ha- (Figura 44).



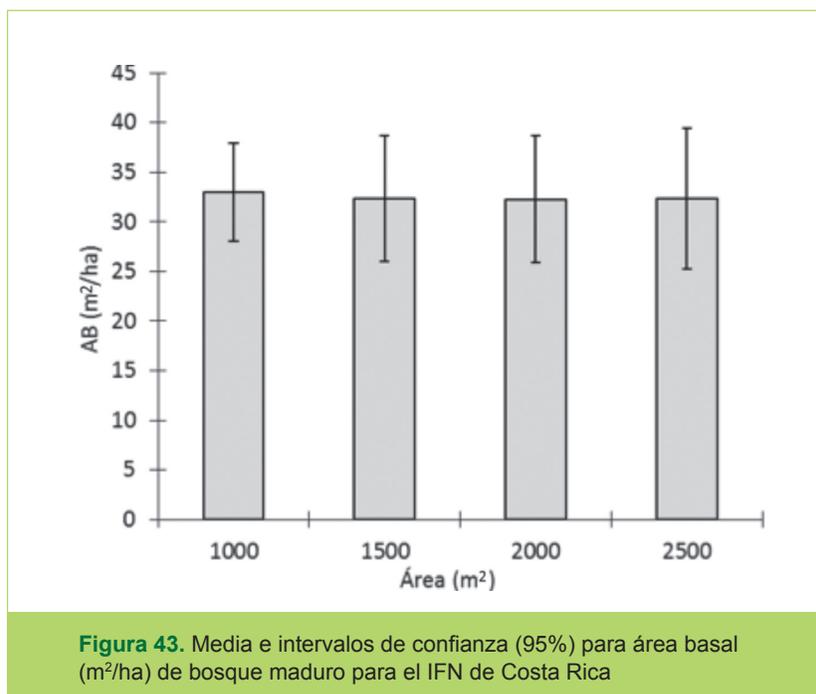
<sup>10</sup> Ver sección *Estimación de media, variabilidad y tamaño de muestra*.



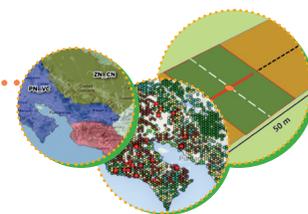
La prueba Fmax de Hartley ( $p=0,38$ ) indica que el tamaño de la parcela no tiene un efecto significativo en la variabilidad del área basal del bosque maduro. El coeficiente de variación para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> fue 37%, en tanto que para la de 2500 m<sup>2</sup> fue 38% (Cuadro 20). La variabilidad en AB obtenida en la Fase I fue superior a la estimada previamente a partir de los datos existentes (32,3%)<sup>11</sup>.

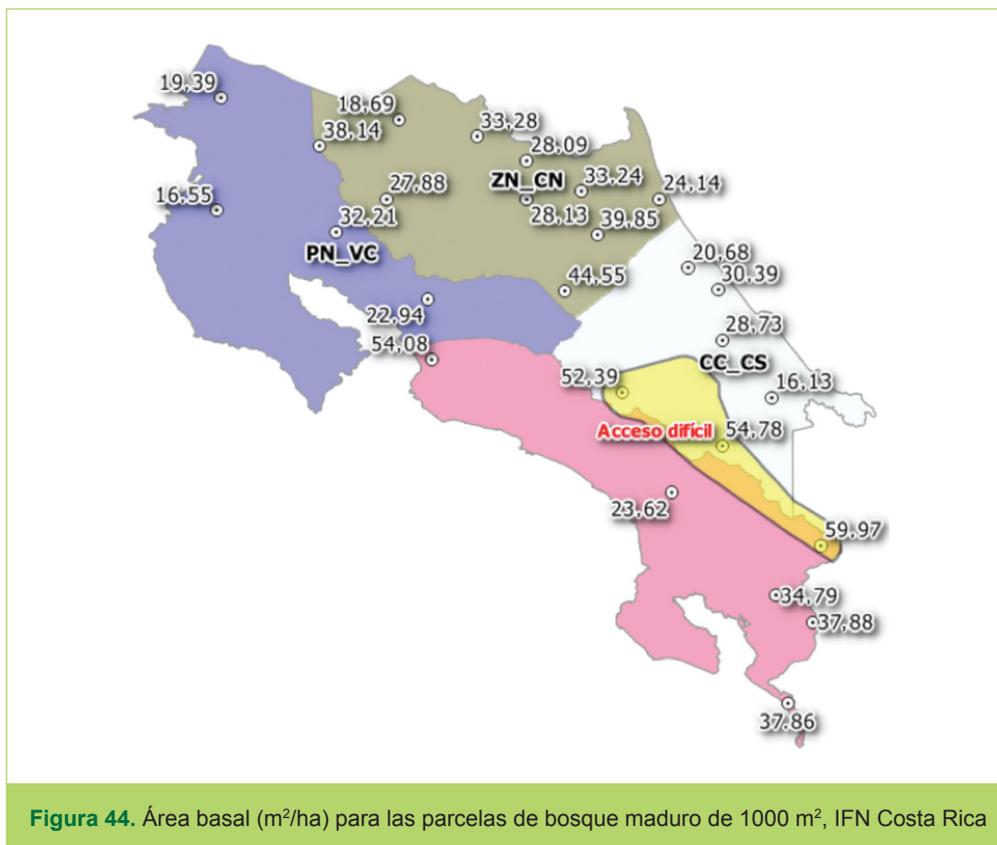
**Cuadro 20.** Estadísticos descriptivos para el área basal (m<sup>2</sup>/ha) por tamaño de parcela en bosque maduro para el IFN Costa Rica

Área (m <sup>2</sup> )	1000	1500	2000	2500
N	26	18	16	14
AB media	33,01	32,33	32,29	32,34
DE	12,24	12,74	12,09	12,30
CV %	37,07	39,41	37,45	38,03
Min	16,13	18,10	18,20	20,04
Q1	23,75	23,50	22,99	24,88
Mediana	31,30	29,34	30,16	28,50
Q3	38,07	35,64	35,97	35,62
Max	59,97	60,62	58,57	63,38
Error muestreo (IC 95%)	4,74 (14,8%)	6,3 (19,6%)	6,4 (20,0%)	7,1 (21,9%)
Límite inferior	28,07	26,00	25,84	25,24
Límite superior	37,96	38,67	38,73	39,44



<sup>11</sup> Ver sección *Estimación de media, variabilidad y tamaño de muestra*.

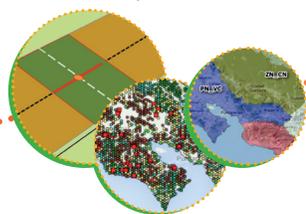




El área basal por hectárea mostró una fuerte correlación con la elevación para todos los tamaños de parcela (1000/0,67; 1500/0,81; 2000/0,84; 2500/0,87). Además, explicó un 45% de la variación en área basal para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> y un 75% para la parcela de 2500 m<sup>2</sup> (Figura 45). Esta figura muestra gráficamente que la intensidad de la correlación está asociada con el tamaño de la parcela; sin embargo, la prueba de Chi-cuadrado<sup>12</sup> indicó que los coeficientes de correlación son estadísticamente iguales ( $p=0,45$ ) y, por lo tanto, el tamaño de la parcela no ejerce ningún efecto sobre la intensidad de la asociación entre área basal y elevación.

Dada la correlación que existe entre área basal y elevación, es muy posible que se pueda reducir la variabilidad estimada para el bosque maduro (37,1%) si los datos se estratificaran por pisos altitudinales y vertientes (Figura 46); sin embargo, de momento el tamaño de la muestra es muy pequeño para realizar dicha subdivisión. Por otro lado, es también posible que el dato de variabilidad estimada (37,1%) sea una estimación válida de la variabilidad natural en área basal del bosque maduro a nivel nacional, según lo demostrado por (Clark y Clark 2000) con su estudio en la Estación Biológica La Selva, el cual ilustra la microvariación típica de un bosque maduro.

<sup>12</sup> <http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/otherapplets/MultiCorr.htm>



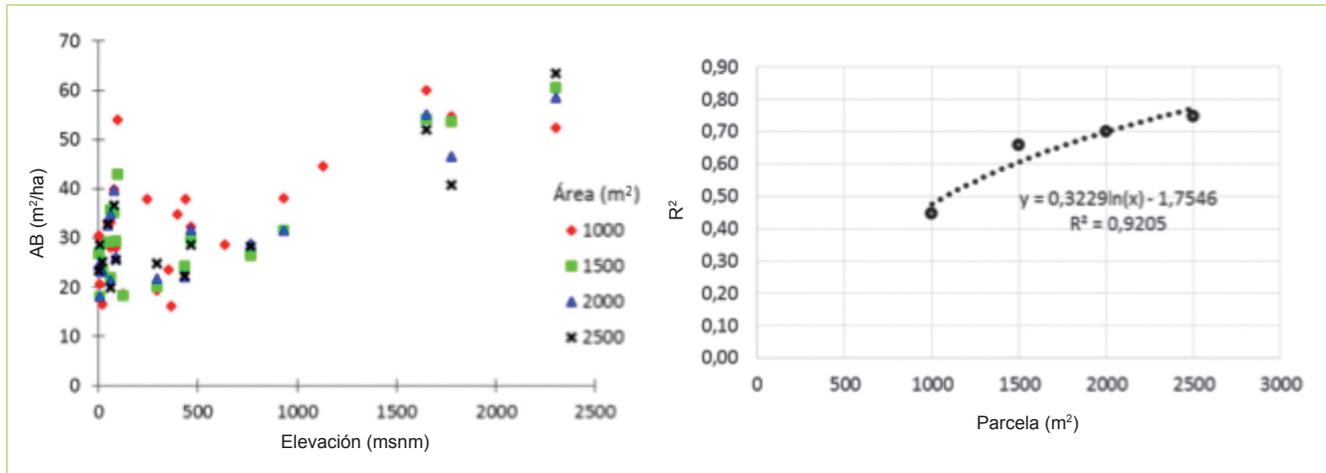


Figura 45. Correlación entre área basal (m<sup>2</sup>/ha) y elevación (msnm) para las parcelas de bosque maduro, IFN Costa Rica

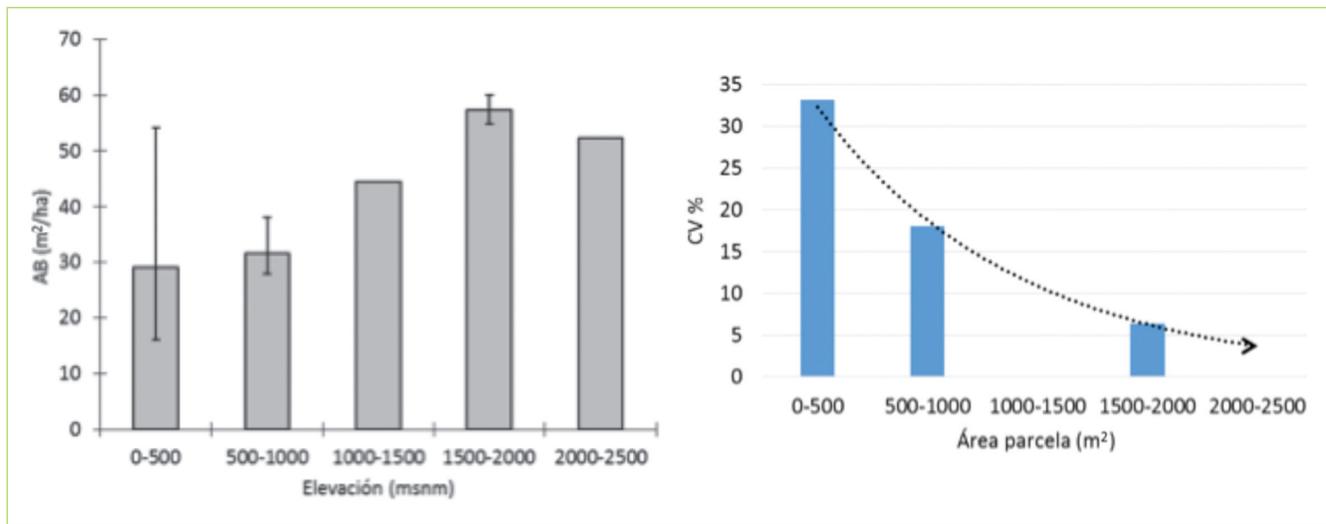
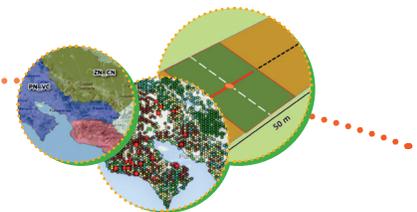


Figura 46. Correlación entre elevación (msnm) y coeficiente de variación (%) en área basal (m<sup>2</sup>/ha) para la parcela de bosque maduro de 1000 m<sup>2</sup>

### Bosque secundario

De las 46 parcelas planificadas para el estrato de bosque secundario se logró recabar datos para 29, lo que representa un 63% de la meta propuesta. El muestreo cubrió un rango altitudinal entre 15 y 1633 m. Un 65,5% de las parcelas se ubicaron en la banda 0 a 500 m y un 13,8% entre 500 y 1000 m, lo cual refleja en buena medida la distribución espacial del bosque secundario. La mayor parte del bosque secundario se encuentra en el Pacífico norte y central, así como en la Zona Norte (Figura 47).

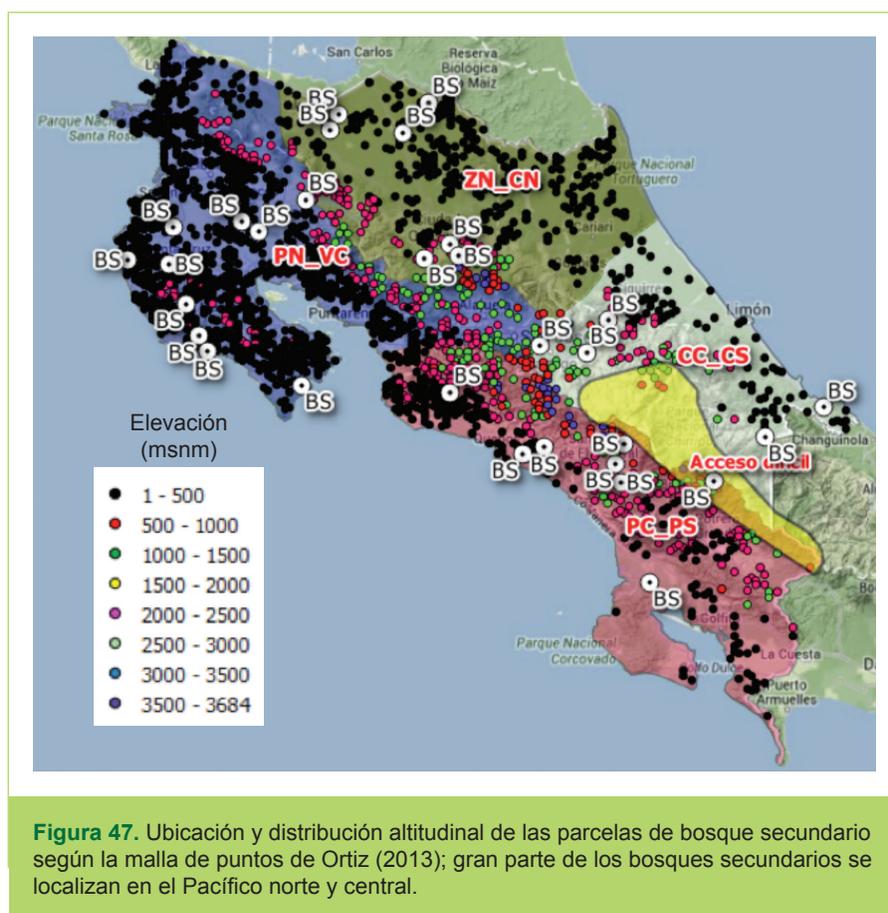
Las áreas no representadas en la Fase I del IFN se ubican en la meseta de Santa Rosa, península de Santa Elena (bosque seco),



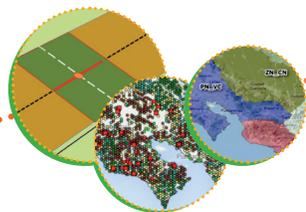
el extremo sur y sector montañoso de la península de Nicoya (bosque seco), la estribación occidental de las cordilleras de Guanacaste y Tilarán, el sector sur y oeste del cerro Turrubares, los valles de El General-Coto Brus, Punta Burica y las llanuras de San Carlos y Tortuguero.

El análisis de varianza ( $p=0,92$ ) e IC 95% (Figura 48) indican que el área basal es independiente del tamaño de la parcela en el ámbito 1000-2500 m<sup>2</sup> (Cuadro 21). El área basal media por hectárea para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> fue  $21,61 \pm 9,80$  m<sup>2</sup>, en tanto que para la de 2500 m<sup>2</sup> fue  $20,44 \pm 7,81$  m<sup>2</sup>. Dichos valores son muy similares a los estimados previamente a partir de los datos existentes ( $23,12 \pm 8,61$  m<sup>2</sup>/ha) para bosque secundario tardío y  $20,52 \pm 10,31$  m<sup>2</sup>/ha para todos los estadios de sucesión. El AB máxima de 50,24 m<sup>2</sup>/ha corresponde a una parcela ubicada a 1633 msnm.

La prueba Fmax de Hartley ( $p=0,14$ ) indica que el tamaño de parcela no tiene un efecto significativo en la variabilidad del área basal del bosque secundario. El coeficiente de variación para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> fue del 45,3% y del 38,2% para la de 2500 m<sup>2</sup> (Cuadro 21). La variabilidad en AB obtenida en la Fase I fue inferior a la estimada previamente a partir de los datos existentes (50,2%)<sup>13</sup>.

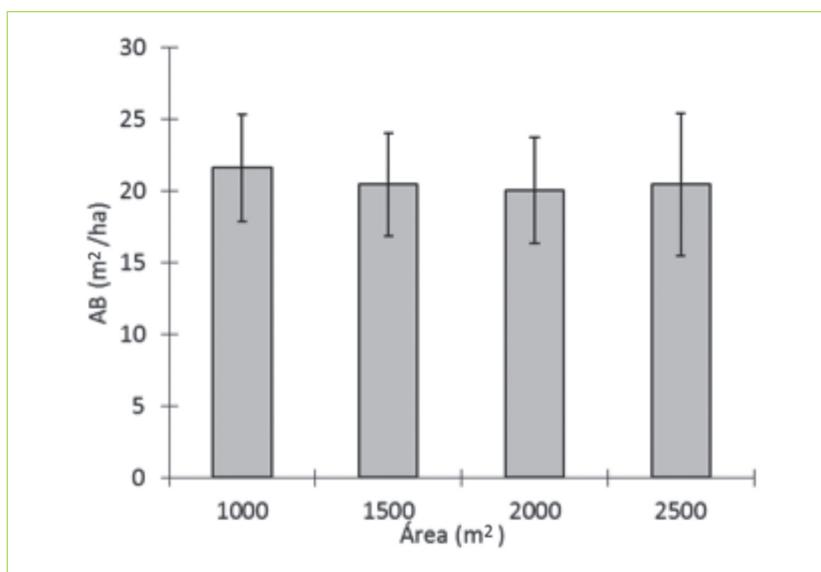


<sup>13</sup> Ver sección Estimación del tamaño de muestra por tipo de uso-cobertura.



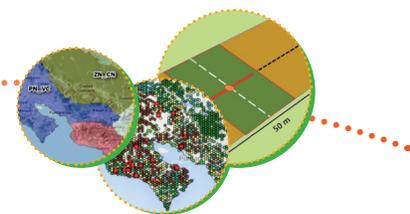
**Cuadro 21.** Estadísticos descriptivos para el área basal (m<sup>2</sup>/ha) por tamaño de parcela en bosque secundario para el IFN Costa Rica

Área (m <sup>2</sup> )	1000	1500	2000	2500
N	29	19	16	12
Media	21,61	20,44	20,04	20,44
DE	9,80	7,49	6,92	7,81
CV %	45,33	36,62	34,51	38,20
Min	4,70	6,45	6,98	7,74
Q1	14,32	16,50	16,43	15,92
Mediana	22,16	19,41	18,61	20,26
Q3	27,43	23,78	23,59	23,78
Max	50,24	42,03	34,36	33,90
Error de muestreo (IC 95%)	3,73 (17,3%)	3,61 (17,7%)	3,69 (18,4%)	4,96 (24,3%)
Límite inferior	17,89	16,83	16,35	15,48
Límite superior	25,34	24,05	23,72	25,41



**Figura 48.** Media e intervalos de confianza (95%) para área basal (m<sup>2</sup>/ha) de bosque secundario

El área basal mostró una fuerte correlación con la elevación ( $r$  de 51 a 71%), excepto en la parcela de 1000 m<sup>2</sup>, donde solo alcanzó un 28% (Figura 49). Los valores de correlación determinados por tamaño de parcela fueron los siguientes: 1000/0,29; 1500/0,55; 2000/0,62; 2500/0,71. La prueba de Chi-cuadrado indicó que los coeficientes de correlación son estadísticamente iguales ( $p=0,37$ ) y, por lo tanto, el tamaño de la parcela no ejerce ningún efecto sobre la asociación entre área basal y elevación.



Dada la correlación que existe entre área basal y elevación, es muy posible que la variabilidad estimada para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> en bosque secundario (45,3%) pueda reducirse si los datos se estratificaran por pisos altitudinales y vertientes (Figuras 50 y 51), como lo indica la prueba Fmax de Hartley (p=0,02); sin embargo debido al reducido tamaño de la muestra, por el momento no es recomendable realizar dicha subdivisión.

Una diferencia entre el comportamiento del área basal con la elevación entre el bosque maduro y el secundario, es que el segundo no muestra un patrón bien definido de reducción en variabilidad con la elevación como sí lo hace el primero. Una vez realizado en inventario y con más parcelas se podrá evaluar con mayor confianza dicha relación.

La tendencia observada en área basal (media y variabilidad) es la esperada para bosques con diferentes estadios de sucesión. El AB media aumenta conforme la masa forestal pasa de secundario temprano a tardío o avanzado, así como de sitios secos a húmedos y de bajura a altura (Figura 51). Un ejemplo de esto son los dos valores extremos registrados de área basal: 4,7 m<sup>2</sup>/ha en bosque seco a 39 msnm y 50,24 m<sup>2</sup>/ha en bosque de altura a 1633 msnm.

En síntesis, los datos indican que una vez concluido el inventario será posible estratificar la cobertura forestal por piso altitudinal para reducir la variabilidad de la población y, de esta forma, reducir el error de muestreo.

### Rodal de mangle

Cuatro de las cinco parcelas de mangle planificadas fueron medidas y en ningún caso el estrato fue confundido con otro uso-cobertura (Figura 52). La parcela que no se midió se ubica en la ribera este del río Tempisque, Parque Nacional (PN) Palo Verde. El área basal media fue 14,00 ± 4,92 m<sup>2</sup>/ha, con un coeficiente de variación de 35,1% (Cuadro 22); este valor es bastante más bajo que el 67,0% (n=5) estimado a partir de las parcelas de mangle establecidas en los manglares de Térraba-Sierpe, Osa y la desembocadura del río Bongo, península de Nicoya (Kleinn et al. 2001).

Los datos reflejan la heterogeneidad que caracteriza a los manglares del Pacífico norte (golfo de Nicoya), Pacífico central (Quepos) y Pacífico sur (golfo Dulce). Según Jiménez y Soto (1985), el área basal en los manglares del norte del golfo de Nicoya varía entre 4 y 30 m<sup>2</sup>/ha, con una altura total inferior a 20 m. Dada la zonación típica del mangle, en futuros inventarios se recomienda utilizar parcelas ubicadas en un trayecto que inicie en la línea de costa o ribera del río y se dirija perpendicularmente tierra adentro. La primera parcela debe ubicarse al menos a 20 metros de la orilla con el fin de evitar efectos de borde.

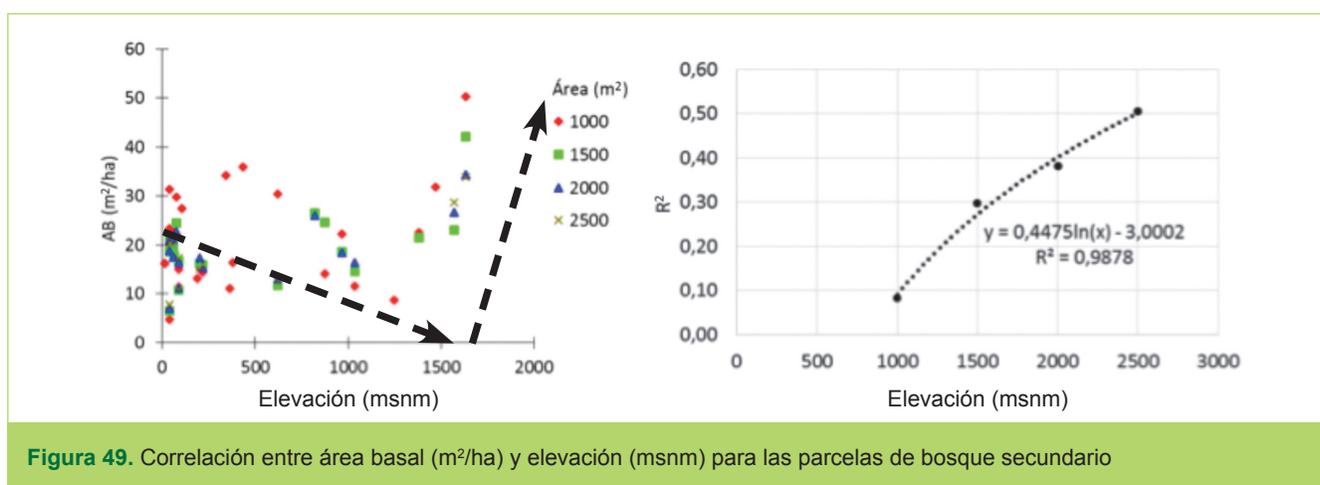
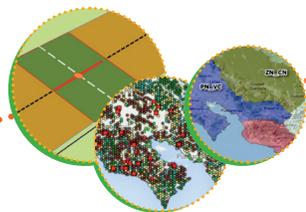
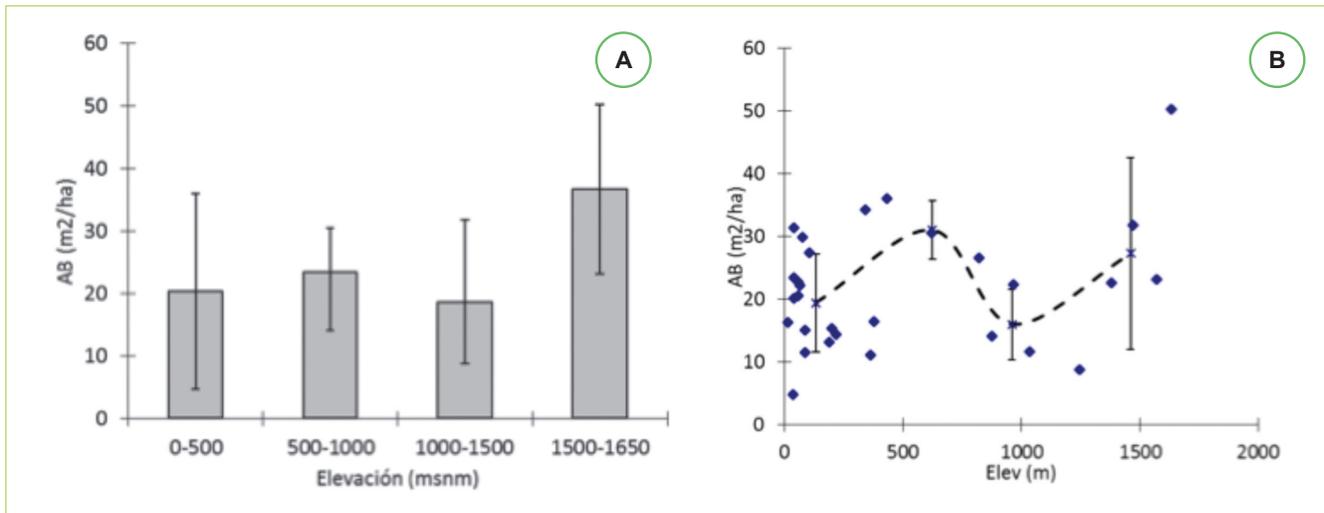
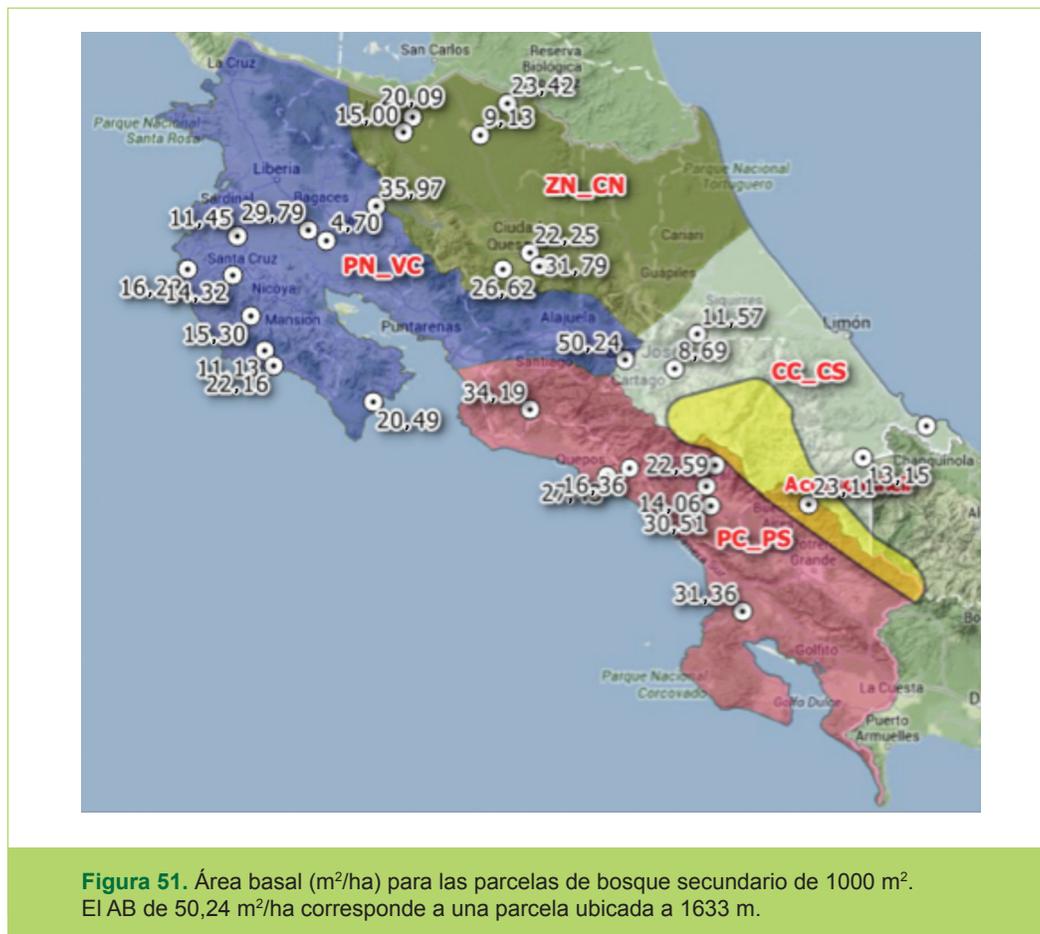


Figura 49. Correlación entre área basal (m<sup>2</sup>/ha) y elevación (msnm) para las parcelas de bosque secundario

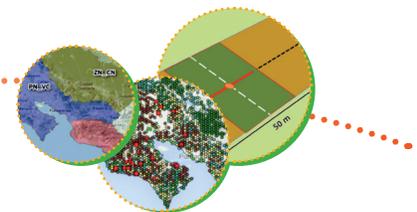


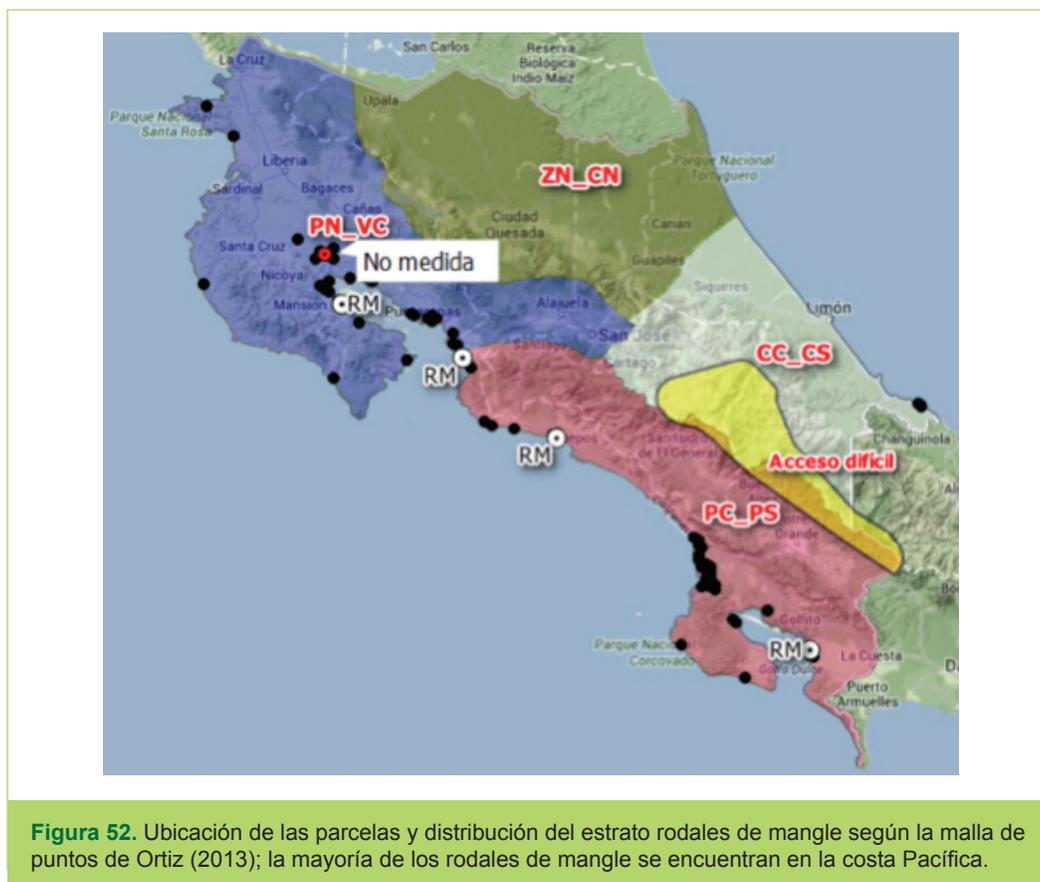


**Figura 50.** Correlación entre elevación (msnm) y área basal ( $m^2/ha$ ) para la parcela de bosque secundario de  $1000 m^2$ . A. Media e IC 95% B. Posible tendencia de la relación AB-elevación.



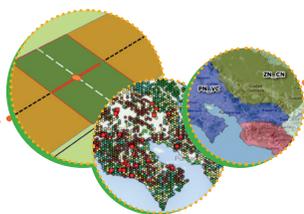
**Figura 51.** Área basal ( $m^2/ha$ ) para las parcelas de bosque secundario de  $1000 m^2$ . El AB de  $50,24 m^2/ha$  corresponde a una parcela ubicada a  $1633 m$ .





**Cuadro 22.** Estadísticos descriptivos para el área basal (m<sup>2</sup>/ha) de cuatro parcelas medidas en manglares para el IFN Costa Rica

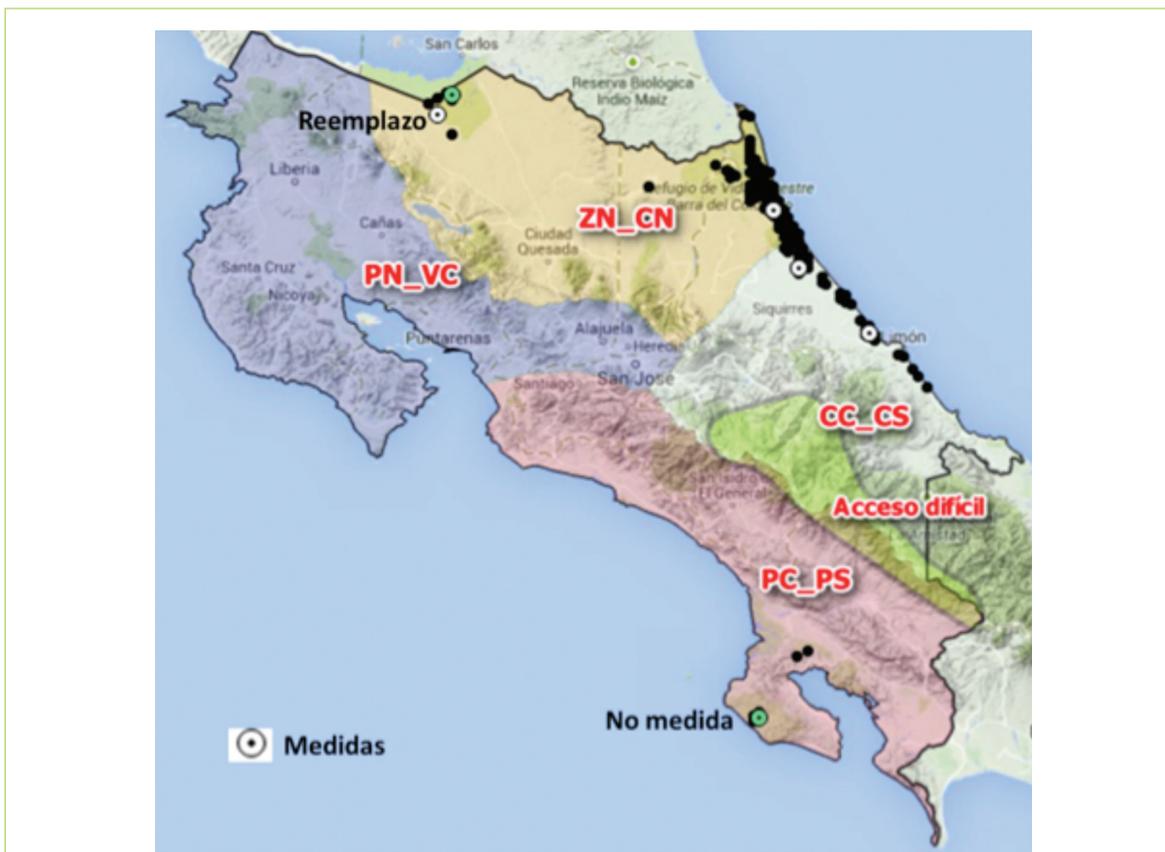
No. parcelas	4
Media	14,00
DE	4,92
EE	2,46
CV %	35,14
Min	8,22
Q1	10,89
Mediana	14,36
Q3	17,47
Max	19,07
Error de muestreo (IC 95%)	7,82 (55,9%)
Límite inferior	6,17
Límite superior	21,83



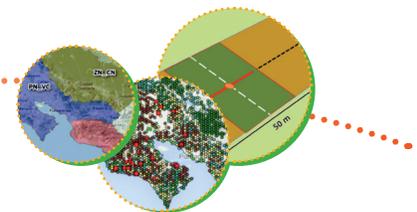
### Bosque de palma

Las dos parcelas clasificadas como bosque de palma en el Caribe norte resultaron ser un bosque maduro intervenido de *Pentaclethra-Carapa* y un bosque secundario inundado de *Alchornea-Raphia*. En el Caribe central, las dos parcelas clasificadas como bosque de palma correspondieron efectivamente a dicho estrato. A la inversa, el sitio en donde se estableció una parcela de palma en el Caribe norte estaba definido como bosque secundario en la malla de puntos (Figura 53). Estos resultados explican el bajo índice Kappa obtenido para este estrato (40%).

El área basal media fue  $24,87 \pm 8,84 \text{ m}^2/\text{ha}$ , con un coeficiente de variación de 35,6% (Cuadro 23). Este valor es muy inferior a los  $103 \text{ m}^2/\text{ha}$  (98,9% del AB de palma) reportados por López (2011) para una parcela de yolillo de  $1000 \text{ m}^2$  establecida en la Reserva del San-San Posac, ubicada a unos 5 km al sur del río Changuinola en la costa Caribe de Panamá. El autor considera que dicho valor se debe, en parte, a la sobreestimación ocasionada por los tallos múltiples de *Raphia*. Otros estudios en bosques tropicales pantanosos de Guayana Francesa (Koponen et al. 2004) y Kalimantan, Indonesia (Page et al. 1999) han reportado áreas basales de  $80 \text{ m}^2/\text{ha}$  y 58 a  $63 \text{ m}^2/\text{ha}$ , respectivamente; tales valores sobrepasan el límite superior del IC 95% calculado para las parcelas medidas ( $46,84 \text{ m}^2/\text{ha}$ ).



**Figura 53.** Ubicación de las parcelas y distribución del estrato bosque de palma según la malla de puntos de Ortiz (2013). La mayoría de los rodales de palma se encuentran en el Caribe norte y Zona Norte. La parcela 1111 (Zona Norte) fue reemplazada por la 14699 por dificultad de acceso, en tanto que la parcela ubicada en el PN Corcovado (Pacífico sur) no se midió por la misma razón.



**Cuadro 23.** Estadísticos descriptivos para el área basal (m<sup>2</sup>/ha) de tres parcelas establecidas en bosques de palma en el Caribe norte y central para el IFN Costa Rica

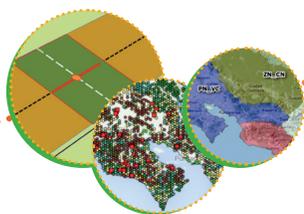
No. parcelas	3
Media	24,87
DE	8,84
EE	5,11
CV %	35,60
Min	17,53
Q1	19,97
Mediana	22,40
Q3	28,55
Max	34,69
Error de muestreo (IC 95%)	21,96 (88,3%)
Límite inferior	2,90
Límite superior	46,84

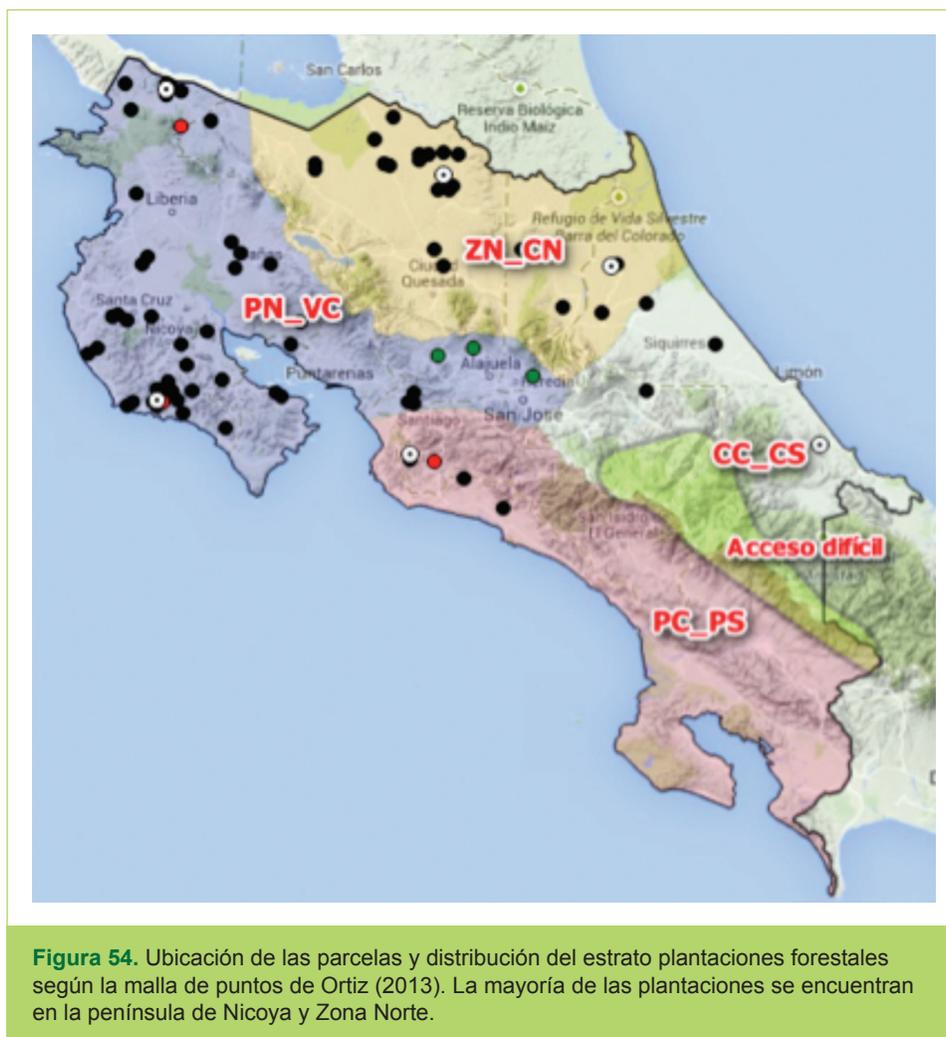
### Plantación forestal

Las seis parcelas planificadas en plantaciones forestales fueron visitadas en campo, donde se comprobó que solo cuatro eran plantaciones forestales (una recién aprovechada), la quinta era un bosque secundario y la otra un uso mixto. A la inversa, dos parcelas del estrato bosque secundario eran plantaciones forestales, así como una de pasto arbolado. Se logró recabar datos dasométricos de cinco parcelas (dos de melina y tres de teca) (Figura 54). El área basal media fue de  $14,82 \pm 1,56$  m<sup>2</sup>/ha, con un coeficiente de variación de 10,5% (Cuadro 24). Este resultado contrasta con el obtenido para una parcela de teca y otra de melina (23,69 m<sup>2</sup>/ha, CV 84,8%) medidas durante el inventario forestal piloto del 2001 (Kleinn et al. 2001).

**Cuadro 24.** Estadísticos descriptivos para el área basal (m<sup>2</sup>/ha) de cinco parcelas establecidas en plantaciones forestales de melina y teca para el IFN Costa Rica

No. parcelas	5
Media	14,82
DE	1,56
EE	0,70
CV %	10,5
Min	13,19
Q1	13,34
Mediana	14,83
Q3	16,23
Max	16,51
Error de muestreo (IC 95%)	1,94 (13,1%)
Límite inferior	12,89
Límite superior	16,75



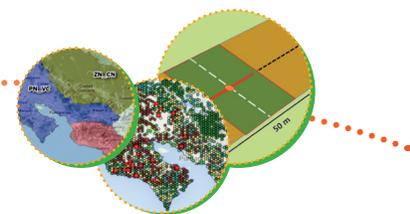


## Lecciones aprendidas con la Fase I del IFN

### Rutas de acceso

La tarea de definir las rutas de acceso recayó sobre la jefatura de la cuadrilla en estrecha colaboración con la coordinación técnica del IFN en SINAC y el director de la campaña de campo del IFN. Dicha colaboración permitió, además, decidir sobre cambios en ubicación de parcelas y/o reemplazo de parcelas, aclarar dudas sobre el protocolo de medición, determinar el grado de cumplimiento de la programación y la calidad de los datos.

Inicialmente las rutas de acceso debían ser parte de las tareas a ejecutar por cada cuadrilla. La planificación inicial de las rutas de acceso a los sitios de muestreo la realizó la persona jefe de cuadrilla entre el sábado 26 de octubre y el viernes 1 de noviembre del 2013. Las principales lecciones aprendidas de esta actividad fueron las siguientes:



- Las ortofotos a escala 1:1000 y 1:5000 y la cartografía oficial a escala 1:50.000, disponibles en línea como servicio OGC del SNIT (<http://www.snitcr.go.cr/>), así como las imágenes y mapas de Google Earth fueron excelentes insumos para planificar la ruta de acceso inicial a cada una de las parcelas (Anexo 7). Sin embargo, a nivel local se debe consultar con baquianos o guías locales para decidir sobre la ruta final que permita el mejor acceso a la parcela.
- Cada jefe de cuadrilla envió un informe con la programación de las rutas de acceso al director de la campaña de campo para su conocimiento y valoración. Esto permitió evaluar el grado de dificultad esperado para ingresar a la parcela y el avance en las tareas del inventario.
- Una vez definidas las rutas, el jefe de la cuadrilla coordinó con el personal del Sinac lo referente a permisos y accesos a propiedades privadas, públicas o indígenas. Esta fue una tarea esencial para asegurar el éxito del trabajo de campo y mantener informado al personal regionalizado del Sinac. Una vez que cada jefe de cuadrilla define la ruta inicial es recomendable consultarla, vía correo electrónico, con el gerente de manejo de cada una de las áreas de conservación del Sinac, para obtener retroalimentación en cuanto a las condiciones actuales del terreno. Se recomienda utilizar un archivo KML para compartir las rutas con el personal del Sinac.
- No todos los jefes de cuadrilla consideraron necesario imprimir el mapa con la ubicación de la parcela. En futuros inventarios se recomienda adicionar el mapa 1:50.000 y una imagen de alta resolución al receptor de posicionamiento global satelital.
- Los receptores de posicionamiento global satelital y su capacidad de navegación facilitaron el desplazamiento hasta la parcelas. Sin embargo, en terrenos con fuerte pendiente, bajo cobertura forestal densa y con lluvia se tuvieron problemas de recepción y funcionamiento. Por esta razón, y por seguridad de la cuadrilla, se recomienda utilizar al menos dos receptores. Una alternativa es colocar los receptores en cajas protectoras a prueba de humedad.
- Las rutas de acceso más difíciles fueron las acuáticas y requirieron de recursos económicos adicionales.

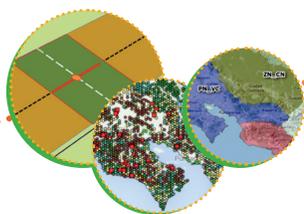
### Logística

Las actividades de logística también fueron responsabilidad del jefe de la cuadrilla y se realizaron en dos momentos: 1) antes de iniciar el trabajo de campo y 2) una vez llegados a la localidad donde se ubicaba la parcela. En el primer caso las actividades realizadas fueron las siguientes:

- Asegurar el transporte y el hospedaje
- Contactar el personal auxiliar (asistentes de campo y encargado de mediciones)
- Comprar alimentos, medicamentos, materiales y equipo menor
- Imprimir los formularios de campo
- Organizar y asignar tareas a cada uno de los miembros de la cuadrilla de campo.

Una vez en el campo, las tareas fueron las siguientes:

- Contratar guías locales y medios de transporte necesarios para llegar hasta la parcela. En algunas ocasiones se contrataron caballos o lanchas; en un caso, el jefe de la cuadrilla logró el apoyo de transporte aéreo (helicóptero), lo cual facilitó significativamente el acceso a la parcela.
- Verificar el buen estado del equipo de medición antes y después de medir cada parcela.
- Supervisar la ubicación y delimitación de la parcela (área y ubicación); ubicar el punto de inicio, final y las cuatro esquinas según diseño de la parcela; registrar los datos dasométricos de cada parcela; marcar en el terreno los puntos de referencia permanente para la validación posterior.
- Custodiar los formularios de campo y consignar los datos requeridos en cada casilla.
- Resguardar y almacenar los formularios de campo con los datos recopilados durante el levantamiento de campo y entregarlos posteriormente al Sinac.

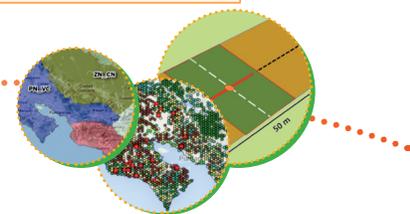


- Aplicar el protocolo de control de calidad diseñado para la toma de datos de campo y suministrado por el director de la campaña de campo en coordinación con el Comité Director del IFN y el Programa GIZ en coordinación con el Comité Director del IFN y el Programa GIZ..
- Decidir y documentar cualquier cambio técnico al diseño de muestreo o de registro de datos.
- Entregar de manera íntegra al director de la campaña de campo y al Sinac todos los formularios de campo con los datos recopilados y la plantilla de excel debidamente llena. Una vez recibidos por el director de campaña de campo, la calidad de los datos de campo es responsabilidad de ese funcionario , el cual los debía elevar después a los funcionarios del Sinac y de GIZ.
- Mantener una estrecha comunicación vía telefónica o por correo electrónico con el director de la campaña de campo del IFN.
- **Recomendación:** La jefatura de la cuadrilla debe contar con tres días para la ejecución de las actividades de logística y planificación de las rutas de acceso, previo al inicio del trabajo de campo.

### Responsabilidades y tareas del Sinac

Las responsabilidades y tareas asignadas al personal de las oficinas regionales y/o subregionales del Sinac fueron las siguientes:

Tarea	Comentario
En caso necesario, acompañar a la cuadrilla en el levantamiento de datos.	Excepto en una sola parcela, no fue necesario este apoyo por parte del personal del Sinac.
Conducir vehículos oficiales del Sinac en caso de que sean asignados en apoyo a las labores de recolección de datos.	No fue necesario este apoyo por parte del personal del Sinac. Cada cuadrilla contaba con recursos económicos asignados específicamente para esta labor.
Informar al director de la campaña de campo y al Comité Director de IFN sobre cualquier anomalía relacionada con el accionar de las cuadrillas de campo.	Solo se tramitó una carta de inconformidad por la dificultad de coordinar reuniones con un jefe de cuadrilla. La situación se resolvió de manera expedita por parte del Sinac y el jefe de la cuadrilla.
Proveer la logística y materiales para realizar el curso de capacitación.	Tarea ejecutada según lo planeado.
Tramitar la contratación de los jefes de cuadrilla y dendrólogos.	Tarea ejecutada según lo planeado. El proceso requirió de más tiempo del estimado inicialmente, lo cual retrasó el inicio de la capacitación y del trabajo de campo, por razones administrativas.
Tramitar y obtener los permisos necesarios para el ingreso de las cuadrillas de campo a propiedades privadas, áreas protegidas y territorios indígenas.	<p><u>Región operativa Caribe Central y sur.</u> De las 22 parcelas levantadas solamente en diez se solicitaron permisos o se hizo alguna gestión previa por parte de los funcionarios del Sinac. En total, la cuadrilla invirtió cinco días completos en la búsqueda de propietarios y permisos. Se recomienda asignar tiempo al jefe de la cuadrilla para realizar esta actividad antes del inicio de las visitas a las parcelas.</p> <p><u>Región operativa Zona Norte y Caribe norte.</u> La colaboración de los funcionarios del Sinac fue vital para alcanzar los objetivos propuestos. El personal del Sinac visitó las áreas previamente, identificaron los mejores accesos y facilitaron el nombre de algunos de los propietarios o sus representantes. Esta labor permitió realizar un acercamiento rápido y seguro al sitio donde se ubicaba el punto, pero fue necesario invertir gran cantidad de tiempo y recursos en localizar al propietario o a su representante.</p> <p><u>Región operativa Pacífico central y sur.</u> La coordinación y el apoyo del personal regional y subregional del Sinac fue adecuada, con la excepción de una subregión y de las parcelas ubicadas en territorios indígenas.</p> <p><u>Región operativa Pacífico norte y valle central.</u> La coordinación y apoyo del personal regional y subregional del Sinac fue determinante en los logros obtenidos en la Fase I del IFN.</p> <p><u>Región operativa Sitios Difíciles.</u> Aparte del contacto con la Gerencia de Manejo del Sinac y el personal del Parque Nacional Tapantí; el contacto y ayuda del personal de oficinas regionales fue mínimo.</p>



Entregar al jefe de cuadrilla los documentos oficiales que lo acreditan como persona responsable del IFN en la zona.	Se entregaron chalecos con identificación y se enviaron notas oficiales a los directores y gerentes regionales de manejo de recursos naturales del Sinac, para la facilitación de tareas de las cuadrillas de campo.
Contactar e informar a personal de Cruz Roja, Seguridad Pública y Comisión Nacional de Emergencias (CNE) sobre las fechas en que se estuvo realizando el trabajo de campo.	Tarea realizada por parte del Sinac. La fase de campo transcurrió sin percances y no fue necesario el apoyo ni de la Cruz Roja ni de la CNE.
En caso necesario, realizar las gestiones para el uso de medios aéreos para trasladar a la cuadrilla hasta las parcelas catalogadas como de difícil acceso.	El jefe de la cuadrilla de sitios de difícil acceso realizó la solicitud; sin embargo, a pesar de las gestiones realizadas por el Sinac, no fue posible lograr el apoyo de transporte aéreo. El jefe de la cuadrilla logró el apoyo aéreo por sus propios medios.
Proveer el equipo de medición y botiquín a cada cuadrilla de campo.	Tanto el equipo como el botiquín fueron entregados a cada cuadrilla.

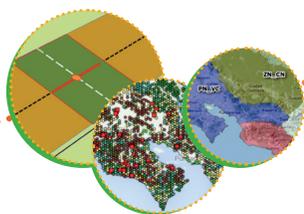
### Recomendaciones del director de campaña de campo

- Entregar a cada miembro de la cuadrilla un carné que le acredite como funcionario del IFN. Esto fue hecho por el Sinac.
- El personal del Sinac, con antelación debe visitar los sitios en donde se ubicaron las parcelas con el fin de:
  1. Identificar el acceso al área
  2. Conseguir el nombre y teléfono del propietario (o a su representante)
  3. Explicar al dueño el objetivo del trabajo de campo
  4. Obtener permiso para ingresar al área.

El siguiente comentario de una de las cuadrillas ilustra la importancia de estas tareas:

*“El problema es, una vez en el sitio, enterarse de que el propietario/a vive en otra parte y que el mandador no te va a dejar entrar sin una orden de él/ella, o que el propietario vive allí, pero anda trabajando y regresa hasta la noche y la esposa no te deja entrar”.*

- Hacer un mayor esfuerzo para la contratación de los servicios de un helicóptero para movilizarse a sitios de muy difícil acceso o, en su defecto, asignar mayor tiempo a dichas parcelas. En caso de no contar con el apoyo del helicóptero, comunicarlo a la mayor brevedad al jefe de la cuadrilla para que tome las previsiones necesarias.
- El Sinac puede preparar un panfleto con información relevante acerca del IFN (alcances, objetivos, metas), para entregar al propietario del sitio muestreado. Esto le permite a dicha persona enterarse sobre el destino de la información obtenida en su finca.
- Para futuros trabajos es muy importante que los funcionarios del Sinac reciban la información completa: coordenadas, nombre y teléfono del propietario del inmueble (u otras formas de localizarlo), información de catastro y registro de la propiedad, información de proyectos de pago por servicios ambientales (PSA), nombre y teléfono de regentes. Esto ayudaría mucho en el proceso de identificación efectiva de los propietarios. Hubo ocasiones en que se creía saber quién era el dueño de la propiedad, pero al llegar al sitio, la parcela estaba en otra finca.



## Cuadrilla

Las sugerencias para la composición de la cuadrilla de campo son las siguientes:

- Es conveniente contratar al equipo no profesional, con la excepción del guía local, para toda la fase del inventario. Esto permite optimizar las tareas de medición y garantizar la calidad de los datos recabados. Considerar viáticos y hospedaje en forma equitativa para cada uno de los miembros del equipo.
- El jefe de cuadrilla debe decidir a quién contrata y los montos a pagar a cada miembro del equipo.
- El jefe de cuadrilla tiene una mayor responsabilidad y ejecuta una mayor cantidad de trabajo y, por tanto, su remuneración debe ser mayor.
- Los montos del contrato (combustible, hospedaje, alimentación y otros) deben adecuarse a las condiciones del trabajo (de campo o de oficina), así como a las facilidades (o dificultades) de acceso.

## Tiempo requerido para completar una parcela

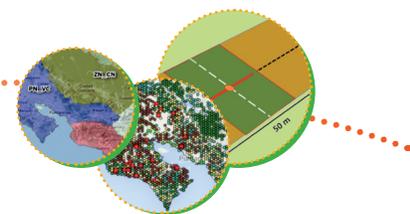
Los tiempos asignados originalmente para las tareas por tipo de estrato fueron los siguientes: 8 horas en bosque maduro y secundario, 12 horas en bosque de palma y rodal de mangle, 4 horas en pasto con árboles y plantación forestal. Las tareas básicas fueron: contactar al personal del Sinac y/o dueños de fincas, trasladarse a la parcela, establecer y realizar las mediciones, digitar datos en libro de excel, crear archivo shape de ubicación de la parcela (puntos de esquinas y punto central), crear índice y archivo fotográfico y subir todos los archivos a DropBox, trasportar las muestras de suelo y hojarasca de las parcelas de bosque al Inisefor-UNA (Heredia).

En sus informes, los jefes de cuadrilla indicaron que los tiempos asignados fueron adecuados para contactar al personal del Sinac y/o dueños de fincas, trasladarse a la parcela, establecer y realizar las mediciones. Sin embargo, una vez concluido el trabajo de campo del día y regresado al sitio de acampar o de hospedaje no era posible completar las demás tareas y, a la vez, realizar los preparativos para el día siguiente. Otra limitación fue que no en todos los sitios se contó con buen acceso a Internet. Para la parcela de 1000 m<sup>2</sup>, el tiempo utilizado se puede resumir de la siguiente manera:

- Entre un 30 y un 40% del tiempo se invirtió en actividades que no dependen del uso-cobertura de la parcela, como tramitar el permiso de acceso a la propiedad y trasladarse a la parcela. En los territorios indígenas la situación fue más compleja; ver detalles en la sección correspondiente a dicho tema.
- En promedio, la instalación de una parcela en plantación forestal o en pasto arbolado demora media hora y una hora en bosque (maduro, palma, secundario) o en rodal de mangle.
- En promedio, las mediciones en una parcela de pasto arbolado demoran una hora, dos horas en plantación y de tres a cuatro horas en una parcela de mangle o de bosque (maduro, secundario, palma).

Las principales lecciones aprendidas en cuanto al tiempo requerido para completar cada parcela fueron las siguientes:

1. Para la parcela de 1000 m<sup>2</sup> (20\*50 m) se recomienda mantener los tiempos asignados originalmente para cada estrato.
2. Para procesar los datos se recomienda adicionar tres horas por parcela para el jefe de la cuadrilla en sitios de bosque maduro y secundario, y dos horas por parcela en plantación forestal, pasto con árboles, rodal de mangle y bosque de palma.
3. Se recomienda aumentar a cuatro días (en vez de tres) el tiempo asignado a cada parcela de acceso difícil (Anexo 8).
4. Reducir el trabajo de campo de seis días a cinco días por semana y ampliar el tiempo del contrato.
5. Asignar tres días al jefe de cuadrilla para preparar el informe final y realizar los cambios solicitados por el director de la campaña de campo.
6. Asignar tres días al jefe de la cuadrilla para que realice las actividades de logística y planificación de las rutas de acceso, previo al inicio del trabajo de campo.



7. Si la logística se hizo para una parcela definida en la malla como bosque, por ejemplo, y en el campo se tiene que es pasto arbolado, hay que considerar el tiempo como si fuera parcela de bosque, ya que toda la logística se hizo para ese tipo de cobertura.
8. Los polígonos de PSA pueden ser útiles si se cuenta con los datos del beneficiario (nombre, teléfono, regente). Fonafifo tiene los datos de cada finca.

### Formularios de campo

Las recomendaciones para mejorar los formularios de campo son las siguientes.

- No realizar cambios a los formularios una vez iniciado el trabajo de campo.
- Modificarlos en lo que respecta a: datos repetitivos sobre integrantes de la cuadrilla, código numérico de la especie, punto decimal del dap. Incluir los datos del jefe, dendrólogo y medidor solo en el formulario principal.
- El punto decimal para registrar el dap en centímetros es confuso.
- Suministrar a cada cuadrilla libretas de campo de papel “write in rain” de buena calidad.
- Entregar los formularios de campo impresos para que dicha tarea no recaiga en el jefe de cuadrilla.
- Para sitios de difícil acceso es mejor utilizar libretas pequeñas a prueba de agua que faciliten su uso en bosque, principalmente cuando el trabajo se debe realizar en el periodo lluvioso. (Sí se entregaron).
- Incluir un croquis de la parcela con espacios para hacer anotaciones e ilustraciones de situaciones que se observan en el campo.
- El registro del tiempo requerido para la UMP y las demás subparcelas es muy difícil de controlar, por lo que se recomienda registrar solo el tiempo total de la parcela.
- Agregar el nombre del propietario de la finca, teléfono y correo electrónico para enviarle información sobre el proceso del IFN.
- Los espacios para anotar los códigos de especie, diámetro, altura y coordenadas, entre otros, no deben llevar líneas divisorias por carácter, eso dificulta mucho las anotaciones.
- Los formularios del 4 al 7 se pueden fusionar en una sola hoja por ambos lados ya que la información que se recolecta es muy poca y por lo tanto no amerita formularios separados.
- Eliminar columna de código numérico de la parcela, la cual ocupa espacio y no se utiliza en el campo.
- Incluir tiempo de ida y vuelta a la parcela, así como los tiempos de retorno a los centros operativos.

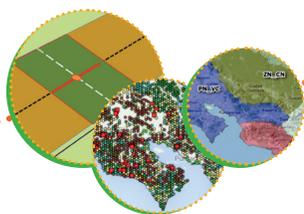
### Diseño de la parcela y variables a cuantificar

- Utilizar una parcela rectangular de 1000 m<sup>2</sup> orientada al norte franco para el IFN Costa Rica (Figura 28).
- En el diseño de la parcela, prever las circunstancias en que se puede variar el inicio/orientación. Por ejemplo, en bosques ribereños, o cuando el punto de inicio de la parcela se encuentra en el borde del estrato, en un claro del bosque o en el cauce de un río.
- Clarificar qué se debe documentar mediante fotos y cuántas fotos se requieren.

### Instrumentos y protocolos de medición

A continuación se presenta un resumen de las observaciones realizadas por los jefes de cuadrilla.

- **Medición de dap:** se recomienda cambiar la cinta diamétrica metálica por una de plástico. La metálica no es práctica y puede cortar al operario.
- **Medición de altura:** los instrumentos láser para la medición de alturas no son apropiados en ecosistemas boscosos bajo condiciones de lluvia, alta humedad o neblina. Se recomienda el uso de hipsómetros mecánicos con escalas ópticas graduadas en grados y porcentajes para la medición de pendientes y alturas.



- **Distanciómetro láser:** su uso se dificulta en presencia de vegetación, como pastos altos o sotobosque que interfiere con el haz del láser, lo que afecta la medición de manera significativa.
- **Relascopio:** No se utilizó por falta de capacitación. Es necesario capacitar a la cuadrilla en el manejo de todo equipo nuevo que se vaya a utilizar.
- **Brújula y clinómetro suunto:** el trabajo se ejecutó según lo programado; no hay comentarios al respecto.
- **Colecta de muestras de suelos y hojarasca:** el trabajo se ejecutó según lo programado; no hay comentarios al respecto.
- **Balanza de campo:** el trabajo se ejecutó según lo programado; no hay comentarios al respecto.
- **Receptores de posicionamiento global satelital:** para sitios de difícil acceso se deben utilizar dos receptores de GPS; esta es la única forma de comprobar si un instrumento está operando correctamente. Colocar los receptores en cajas protectoras a prueba de agua y humedad.
- **Papel “write in rain”:** el que se usó es de muy baja calidad y se deshace en condiciones de fuerte lluvia.
- **Medición de altura de latizales, brinzales y fustales:** se utilizó cinta métrica de ocho metros, un trozo de madera de 1,5 m y clinómetro Suunto. El trabajo se ejecutó según lo programado; no hay comentarios al respecto.

### Protocolo para la colecta de muestras botánicas

A todas las cuadrillas se les asignó un dendrólogo supervisado por el Ing. Nelson Zamora, coordinador de dendrología del IFN, quien preparó el protocolo de campo para la identificación de especies y la colecta de muestras cuando fuese necesario (Sinac- Programa REDD-CCAD-GIZ 2014b). Los pasos a seguir para la colecta de muestras fueron los siguientes:

- Tomar fotografías del árbol, hojas, flores y frutos, cuando era posible.
- Enviar al Ing. Zamora, vía correo electrónico, las fotografías de las muestras, con su respectiva identificación.

En opinión de los jefes de cuadrilla, se invirtió mucho tiempo en la codificación numérica y alfabética de las especies. Para las especies menores de 10 cm dap (arbustos y herbáceas) faltan muchos códigos numéricos porque no se encuentran en los listados suministrados. En estos casos, en el espacio del código se ingresó la expresión “NO TIENE”.

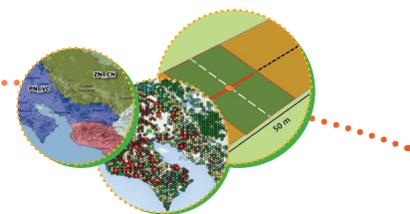
Según el Ing. Zamora, en la segunda fase del inventario, el dendrólogo deberá dedicarse, en principio, a la identificación de las especies; no se le deberán asignar otras tareas a menos que haya concluido con su trabajo dendrológico. También recomendó contratar un asistente de campo local para el dendrólogo.

### Parcelas ubicadas en territorios indígenas

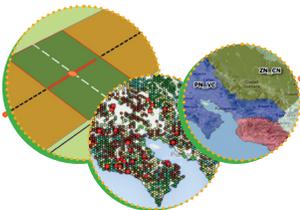
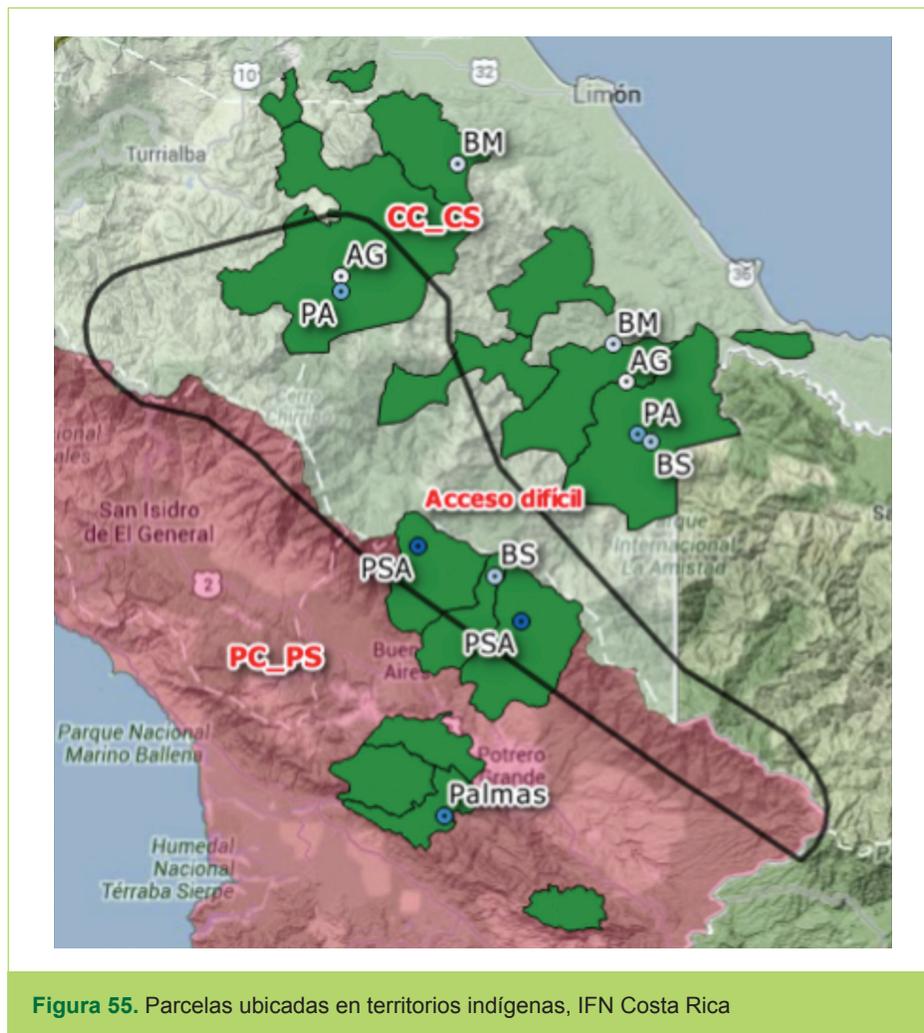
De la totalidad del bosque, el 10,4% (2383,76 km<sup>2</sup>) se encuentra en territorios indígenas; principalmente en la regiones operativas Caribe central y sur, Pacífico sur y sitios de acceso difícil. Los cabécara, bribris y bruncas dominan, respectivamente, el 62,4%, 25,4% y 5,6% de los bosques en territorio indígena. El 4,5% (321,10 km<sup>2</sup>) del área de pasto con árboles también se encuentra en territorios indígenas; los cabécara concentran el 37,3%, los bribris el 28,4% y los bruncas el 5,6%. De las 18 parcelas programadas inicialmente para establecerse en territorios indígenas, por razones de logística, solo fue posible medir 11 en la Fase I (Figura 55): dos fueron de cultivos agrícolas, dos de bosque maduro, dos de bosque secundario, dos de pasto con árboles, dos de pasto sin árboles y una en plantación de palma aceitera.

El protocolo seguido para tramitar los permisos de ingreso a los territorios indígenas fue el siguiente:

- Si la parcela se encontraba en un área silvestre protegida traslapada con un territorio indígena (TI) se designó la parcela como TI y se tramitaron los permisos respectivos.



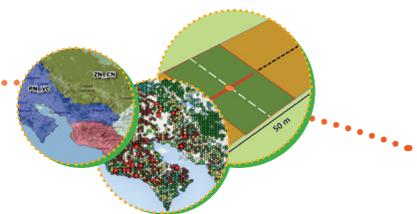
- Desde el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, mediante la Gerencia de Desarrollo Forestal, se enviaron cartas a cada (ADII) informándoles sobre el objetivo del inventario e indicando el número de parcelas que es sus territorios por estrato (Cuadro 25).
- Posteriormente, los coordinadores técnicos del IFN visitaron las ADII para informar de los objetivos del inventario y ubicación de las parcelas en cada uno de donde se realizarían las mediciones.
- El jefe de la cuadrilla estableció contacto con el representante de la ADII respectiva y con miembros de la comunidad indígena.
- A pesar de los esfuerzos realizados por el Sinac y los jefes de las cuadrillas, los permisos formales no siempre se dieron.
- En ninguno de los territorios indígenas se negó el acceso al equipo de campo.
- Para la fase de inventario es importante clarificar qué se considera permiso para ingresar a un territorio indígena. Por ejemplo, durante la Fase I en algunos casos se obtuvieron cartas de aprobación formal, en tanto que en otros solo se dio la aprobación verbal. En todos los casos se estableció contacto con algún poblador de la comunidad indígena y la cuadrilla fue acompañada al campo por varios miembros de la comunidad.
- Se debe clarificar cómo proceder cuando no existe una ADII en un territorio indígena.



**Cuadro 25.** Personas e instituciones a quienes se les envió una nota formal informativa sobre el inventario y solicitud de permiso para ingresar al territorio indígena para el IFN Costa Rica

Nombre	ADII	Observaciones
Guillermo Rodríguez	Ribca	
Geini Gutiérrez Navas	Térraba	
Urbano Mendoza	Guaymi-Coto Brus	
Roberto Guerra	Conte Burica	
Edwin Hernández	Zapatón	No contestan teléfono
Ronald Serrano	Quitirrisí	
Isabel Alemán	Matambú	No contestan teléfono
Olger Marín	Guatuso	
Jimmy González C.	Boruca	
Rodrigo Fernández	Boruca	
Aurelio Mora Lázaro	Boruca	
Deiner Fernández	Cabecar Ujarrás	
Anastacio Espinoza	Cabecar Bajo Chirripó	
Emilce García García	Cabecar Alto Chirripó	
Juan Carlos Aguilar	Cabecar Alto Chirripó	
Maximiliano Mendoza	Guaymí de Alto Laguna	No hay teléfono ni correo
Silvio López Reyes	Cabécar Telire	
Eduardo Leal	Cabécar Telire	
Juan Morales	Telire	

Fuente: Gerencia de Manejo de Recursos Naturales, Sinac



## Fase II. Muestreo. Planificación del inventario

Los objetivos del inventario se esbozaron en la primera sección del documento. En esta sección nos enfocamos en el recálculo del tamaño de muestra a partir de los datos de campo recabados durante la Fase I del IFN. Además, se asignan las parcelas por estrato y región operativa por medio de un muestreo sistemático con inicio aleatorio y se estima el tiempo requerido para ejecutar la Fase II del IFN de Costa Rica.

### Estimación del tamaño de muestra por tipo de uso-cobertura

Para la estimación de tamaño de muestra que se va a usar durante la Fase II del IFN se utilizó el marco de muestreo de la Fase I. El diseño de muestreo fue sistemático con inicio aleatorio (Cochran 1977).

#### Bosque maduro y secundario

El Cuadro 26 muestra el tamaño de muestra para bosque maduro y secundario basado en las estimaciones de media y varianza de la parcela de 1000 m<sup>2</sup>, con un error de muestreo del 10 y 15% y un IC del 95%. Se detalla la cantidad de parcelas medidas durante la Fase I y las que restan por medirse en la Fase II.

**Cuadro 26.** Tamaño de muestra para los estratos bosque maduro y secundario (IC 95%) para el IFN Costa Rica

Bosque maduro				Bosque secundario			
Error (%)		Parcelas medidas	Parcelas por medir	Error (%)		Parcelas medidas	Parcelas por medir
10	15	26	30	10	15	29	53
56	26			82	38		

#### Rodal de mangle

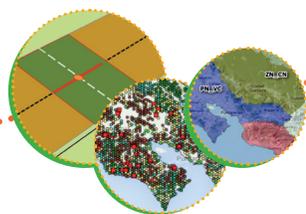
Los datos de la Fase I del IFN indican que se requieren 50 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> para lograr un error de muestreo del 10% y 24 para un error del 15%, ambos con un IC 95% (Cuadro 27). Dado que ya se han medido cuatro parcelas de mangle, en la Fase II del inventario se deben establecer 46 o 20 parcelas adicionales para lograr un error de muestreo de 10 y 15%, respectivamente. Debido a la distribución espacial del mangle y su configuración en pequeños parches, con excepción del manglar Terraba-Sierpe, se recomienda utilizar un error de muestreo del 15%.

**Cuadro 27.** Tamaño de muestra para el estrato rodal de mangle (IC 95%) para el IFN Costa Rica

Error (%)				Parcelas medidas	Por medir			
10	15	20	25	4	10%	15%	20%	25%
50	24	15	11		46	20	11	7

#### Bosque de palma

Los datos de la Fase I indican que, para lograr un error de muestreo del 10%, se requieren 51 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> y 25 para un error del 15%, ambos con un IC 95% (Cuadro 28). Dado que ya se han medido tres parcelas de palma, en la Fase II del inventario se deberían establecer 48 o 22 parcelas adicionales para lograr un error de muestreo de 10 y 15%, respectivamente. Debido a la distribución espacial del bosque de palma y su configuración en bloques en la costa Caribe, Zona Norte



y península de Osa, se recomienda utilizar un error de muestreo del 15%. Otro factor a considerar es que el índice Kappa para este estrato fue del 40% y, si consideramos todos los datos, la exactitud del usuario fue del 50%, pues este estrato fue confundido con bosque maduro y secundario; la omisión por parte del clasificador fue de 33,3% en tanto que la comisión fue de 50%.

**Cuadro 28.** Tamaño de muestra para el estrato bosque de palma (IC 95%) para el IFN Costa Rica

Error (%)				Parcelas medidas	Por medir			
10	15	20	25		10%	15%	20%	25%
51	25	15	11	3	48	22	12	8
10	15	20	25		10%	15%	20%	25%

### Plantación forestal

En la Fase I del inventario, la estimación de tamaño de muestra para plantaciones forestales fue de 126 parcelas, con un error de muestreo del 15% y un IC 95%; sin embargo, los datos recabados en campo indican que con cinco parcelas se logró un error de muestreo de 1,94 m<sup>2</sup>/ha, lo cual equivale a 13,1% con un IC 95% y, por lo tanto, solo es necesario medir dos parcelas adicionales para lograr un error del 10% (Cuadro 29).

**Cuadro 29.** Tamaño de muestra para el estrato plantación forestal (IC 95%) para el IFN Costa Rica

Error (%)		Parcelas medidas	Por medir	
10	15		10%	15%
7	4	5	2	0
10	15		10%	15%

De manera complementaria a las estimaciones de tamaño de muestra realizadas con estos datos para la variable AB, el equipo técnico del Programa REDD/CCAD/GIZ realizó estimaciones del número de parcelas a medir para la variable carbono almacenado en bosque maduro, secundario, bosque de palma y rodal de mangle. Para las plantaciones forestales, sin embargo, se utilizó la variable volumen (m<sup>3</sup>/ha) (Cuadro 30).

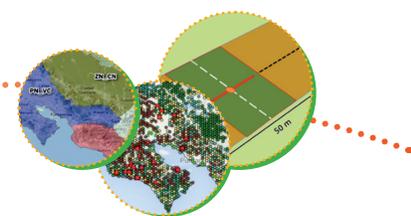
**Cuadro 30.** Tamaño de muestra sugerida por el equipo del Programa REDD/CCAD/ GIZ para medir la variable carbono almacenado, IFN Costa Rica

Estrato	Error (%)	n propuesto	Por medir
*Bosque maduro	15	60 <sup>***</sup>	38
*Bosque secundario	15	80 <sup>***</sup>	48
*Rodales de mangle	30	15	11
*Bosque de palmas	30	19	14
*Pasto con árboles	30	83	45
**Plantaciones forestales	15	23	17
<b>Total</b>		<b>280</b>	<b>173</b>

\* Para los cálculos se utilizó la variable carbono almacenado.

\*\* Para los cálculos se utilizó la variable volumen.

\*\*\* Se agregan diez parcelas al tamaño de muestra requerido para un error del 15%, con el fin de obtener información en algunas zonas altitudinales no cubiertas con la distribución.



## Asignación de parcelas a medir por estrato

La asignación de parcelas por estrato materializa el tamaño de muestra descrito en la sección anterior, a partir de un diseño de muestreo y un marco de muestreo. Para el IFN de Costa Rica se eligió un muestreo sistemático con inicio aleatorio implementado sobre la malla de puntos elaborada por Ortiz (2013). Los detalles sobre la aplicación del método utilizado para la asignación de parcelas se describieron en la Fase I, sección “Asignación de parcelas a medir por estrato”.

### Bosque maduro

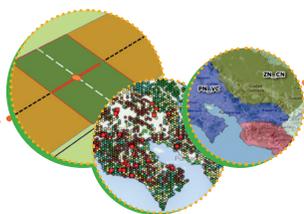
El área de bosque maduro a muestrear es de 12.725,81 km<sup>2</sup>; según la malla de puntos de Ortiz (2013), la equidistancia entre puntos de muestreo es de 18 km, pero se redondeó a 20 km. Entonces, el número de parcelas a medir es de 38, por cuanto se debe medir cada tercer elemento en la cuadrícula de 20\*20 km. Una vez seleccionados los 38 puntos de la malla equidistante de 20\*20 km se buscó, en la malla de Ortiz (2013), el punto de bosque maduro más cercano a cada uno de los puntos seleccionados. El número final de parcelas elegidas fue de 43 con el fin de cubrir sitios no seleccionados en la muestra sistemática (Cuadro 31, Figura 56).

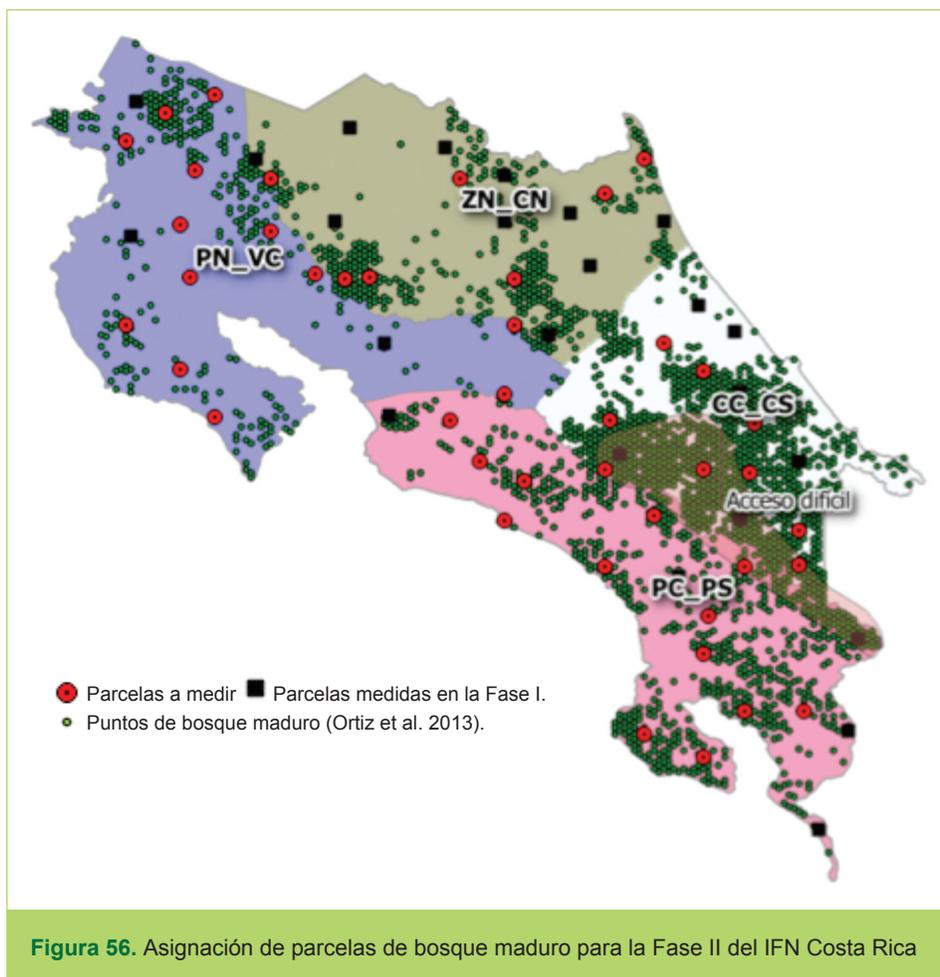
**Cuadro 31.** Parcelas de bosque maduro seleccionadas para la Fase II del IFN Costa Rica, según tenencia de la tierra

Tenencia	Frecuencia	
	Abs.	%
Parque nacional	16	37,2
Privado	16	37,2
Zona protegida	4	9,3
Territorio indígena	3	7,0
Reserva de vida silvestre	2	4,7
Reserva forestal	2	4,7
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>100</b>

### Bosque secundario

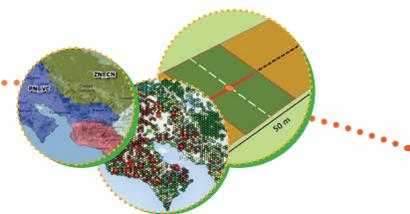
El área de bosque secundario a muestrear es de 10.172,97 km<sup>2</sup>, con una equidistancia de 15 km entre puntos de muestreo. Entonces, el número de parcelas a medir es de 48, por cuanto se debe elegir cada quinto elemento en la cuadrícula de 15\*15 km. Una vez seleccionados los 48 puntos de la malla de 15\*15 km se buscó, en la malla de Ortiz (2013), el punto de bosque secundario más cercano a cada uno de los puntos seleccionados. El número final de parcelas elegidas fue de 51 con el fin de cubrir sitios no seleccionados en la muestra sistemática (Cuadro 32, Figura 57).

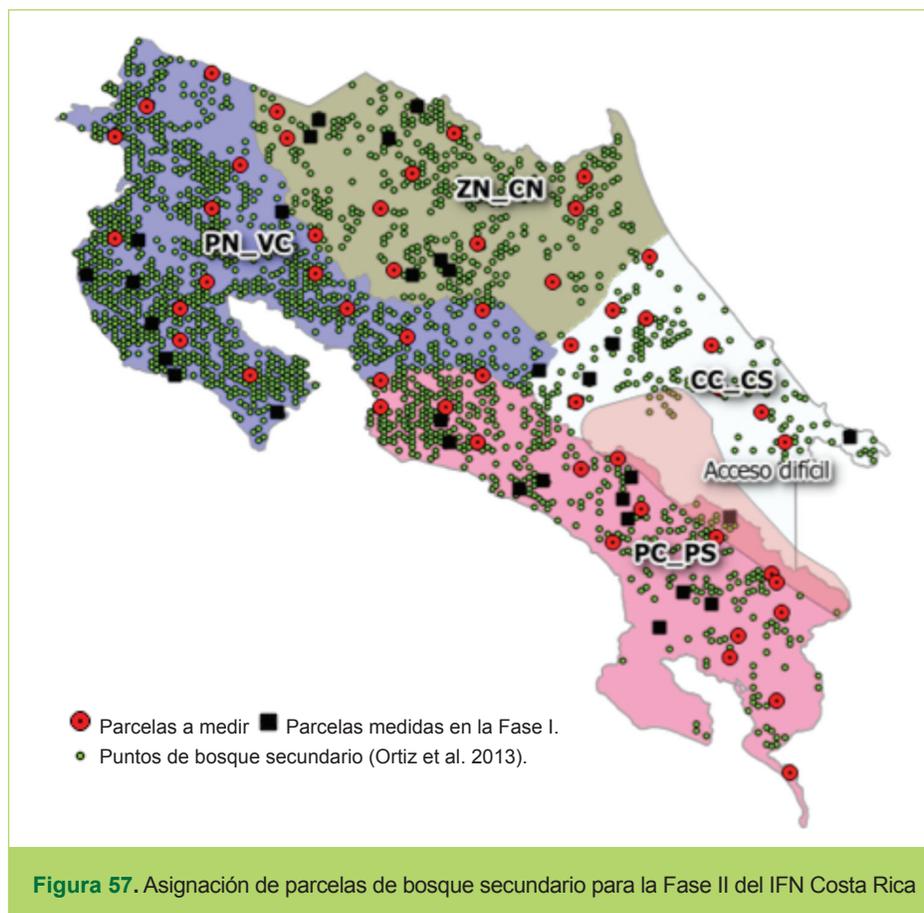




**Cuadro 32.** Parcelas de bosque secundario seleccionadas para la Fase II del IFN Costa Rica, según tenencia de la tierra

Tenencia	Frecuencia	
	Abs.	%
Privado	40	78,4
Parque nacional	5	9,8
Territorio indígena	3	5,9
Reserva forestal	1	2,0
Reserva de vida silvestre	1	2,0
Zona protegida	1	2,0
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>100</b>



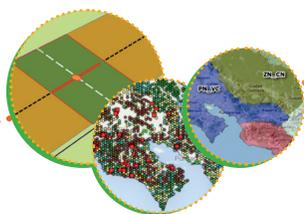


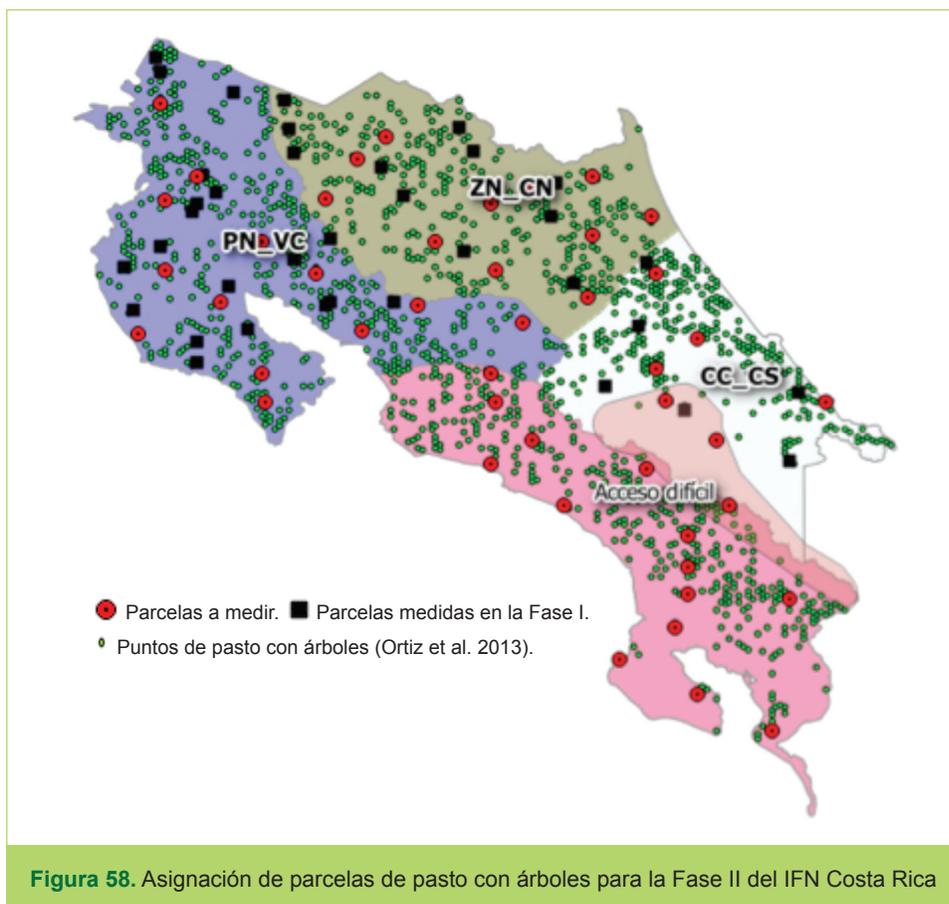
### Pasto con árboles

El área del estrato pasto con árboles a muestrear es de 10.172,97 km<sup>2</sup>, con una equidistancia de 12,7 km entre puntos de muestreo, valor que se redondeó a 15 km. Entonces, el número de parcelas a medir es de 45, por cuanto se debe elegir cada quinto elemento en la cuadrícula de 15\*15 km. Una vez seleccionados los 45 puntos de la malla de 15\*15 km se buscó, en la malla de Ortiz (2013), el punto de pasto con árboles más cercano a cada uno de los puntos seleccionados (Cuadro 33, Figura 58).

**Cuadro 33.** Parcelas de pasto con árboles seleccionadas para el IFN Costa Rica, según tenencia de la tierra

Tenencia	Frecuencia	
	Abs.	%
Privado	35	77,8
Territorio indígena	4	8,9
Parque nacional	3	6,7
Reserva de vida silvestre	2	4,4
Zona protegida	1	2,2
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>100</b>



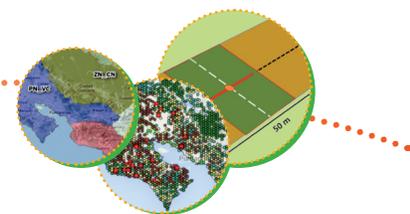


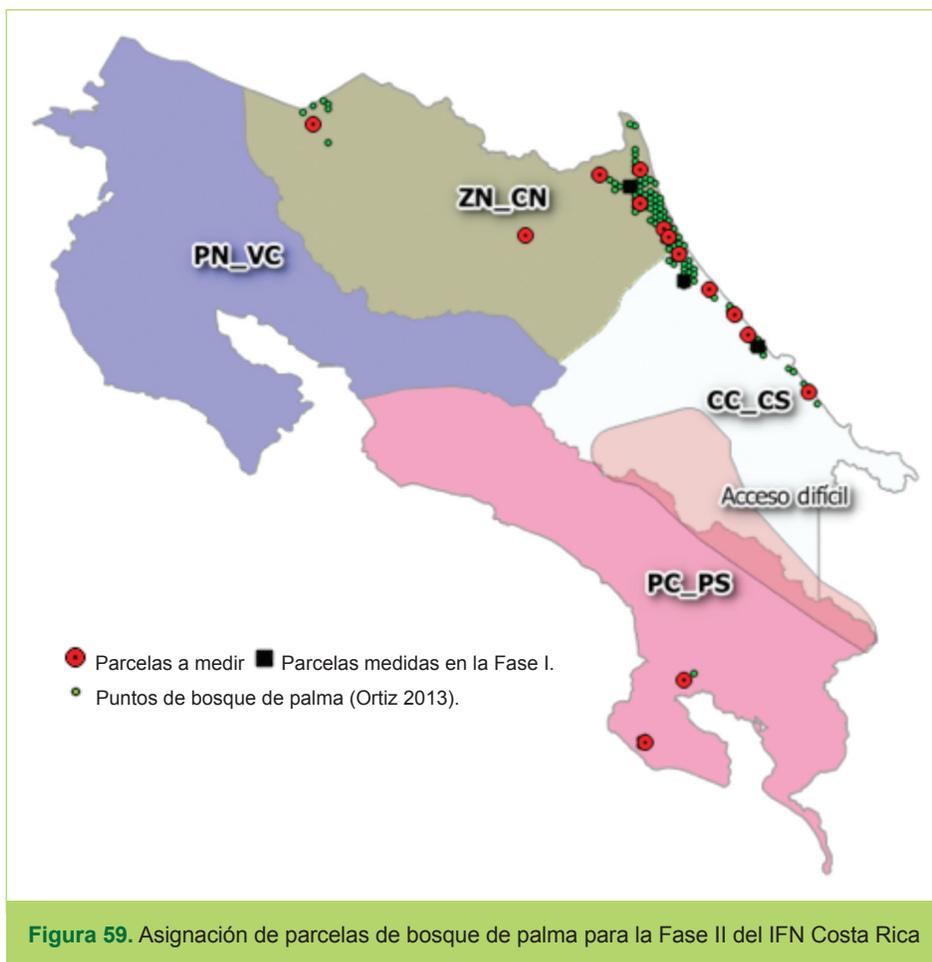
### Bosque de palmas

Las 14 parcelas de bosque de palmas se eligieron a partir de la malla de puntos, de tal forma que se muestreara el área del estrato de manera representativa pero no se utilizó el diseño sistemático para asignar las parcelas a mensurar; en su lugar, se utilizó un diseño de conveniencia basado en criterio experto (Cuadro 34, Figura 59).

**Cuadro 34.** Parcelas de bosque de palma seleccionadas para el IFN Costa Rica, según tenencia de la tierra

Tenencia	Frecuencia	
	Abs.	%
Privado	6	42,9
Parque nacional	4	28,6
Reserva de vida silvestre	2	14,3
Zona protegida	1	7,1
Humedal	1	7,1
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>100</b>





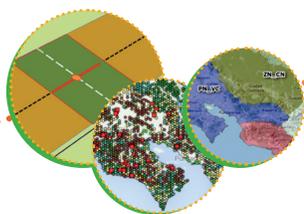
### Rodal de mangle

Las 12 parcelas del estrato rodal de mangle se eligieron a partir de la malla de puntos de 5 km, de tal forma que la asignación de parcelas cubriera el Pacífico norte-península de Nicoya (6 parcelas), Pacífico norte-central (2 parcelas), Pacífico sur (3 parcelas) y el Caribe sur (1 parcela) (Cuadro 35, Figura 60).

**Cuadro 35.** Parcelas de bosque secundario seleccionadas para el IFN Costa Rica, según tenencia de la tierra

Tenencia	Frecuencia	
	Abs.	%
Estatal*	6	50,0
Humedal	2	16,7
Parque nacional	2	16,7
Reserva de vida silvestre	2	16,7
<b>Total</b>	<b>12</b>	<b>100</b>

\*Todos los rodales de mangle forman parte del patrimonio nacional del estado.



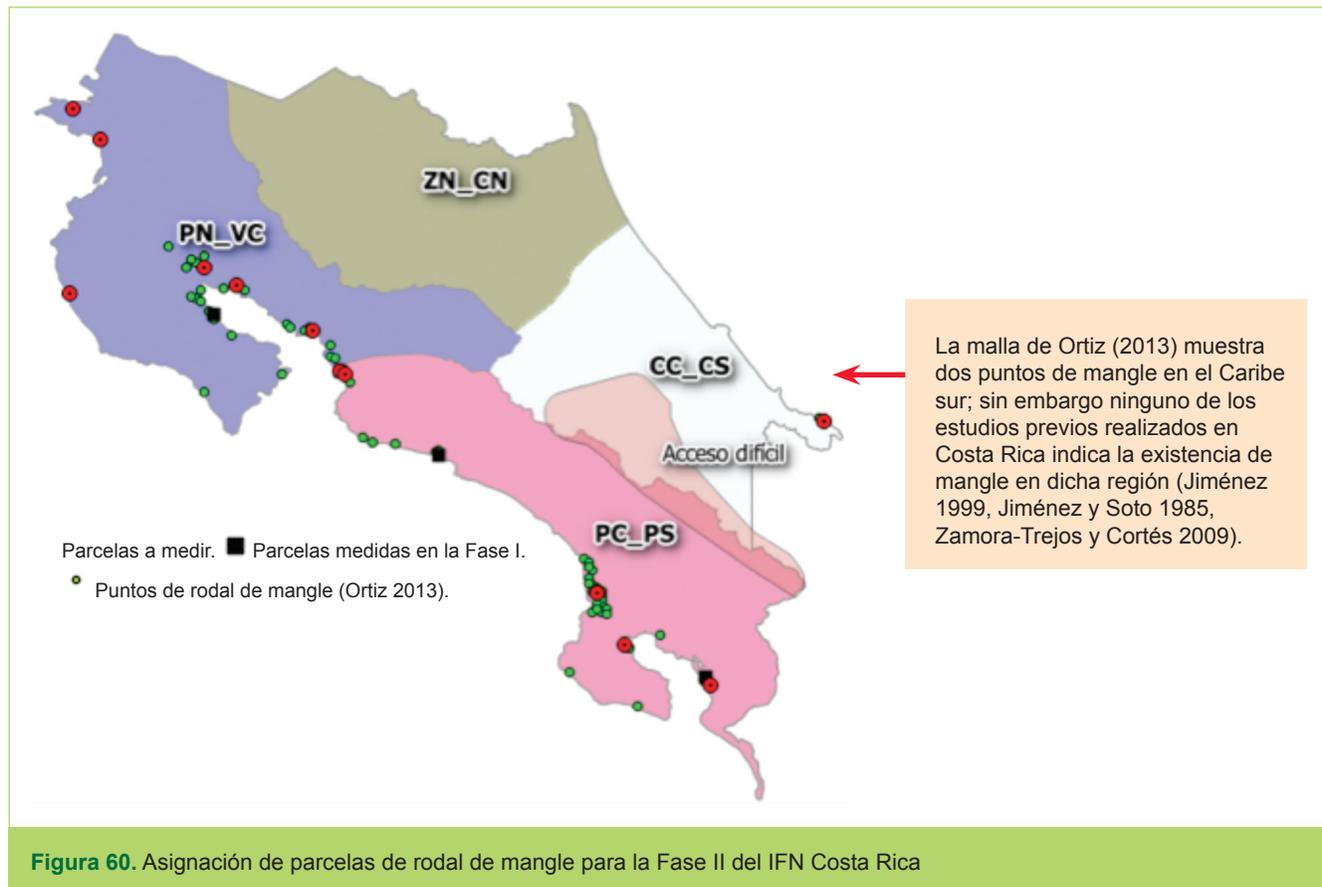


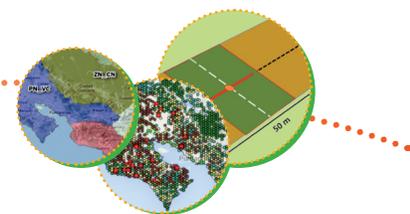
Figura 60. Asignación de parcelas de rodal de mangle para la Fase II del IFN Costa Rica

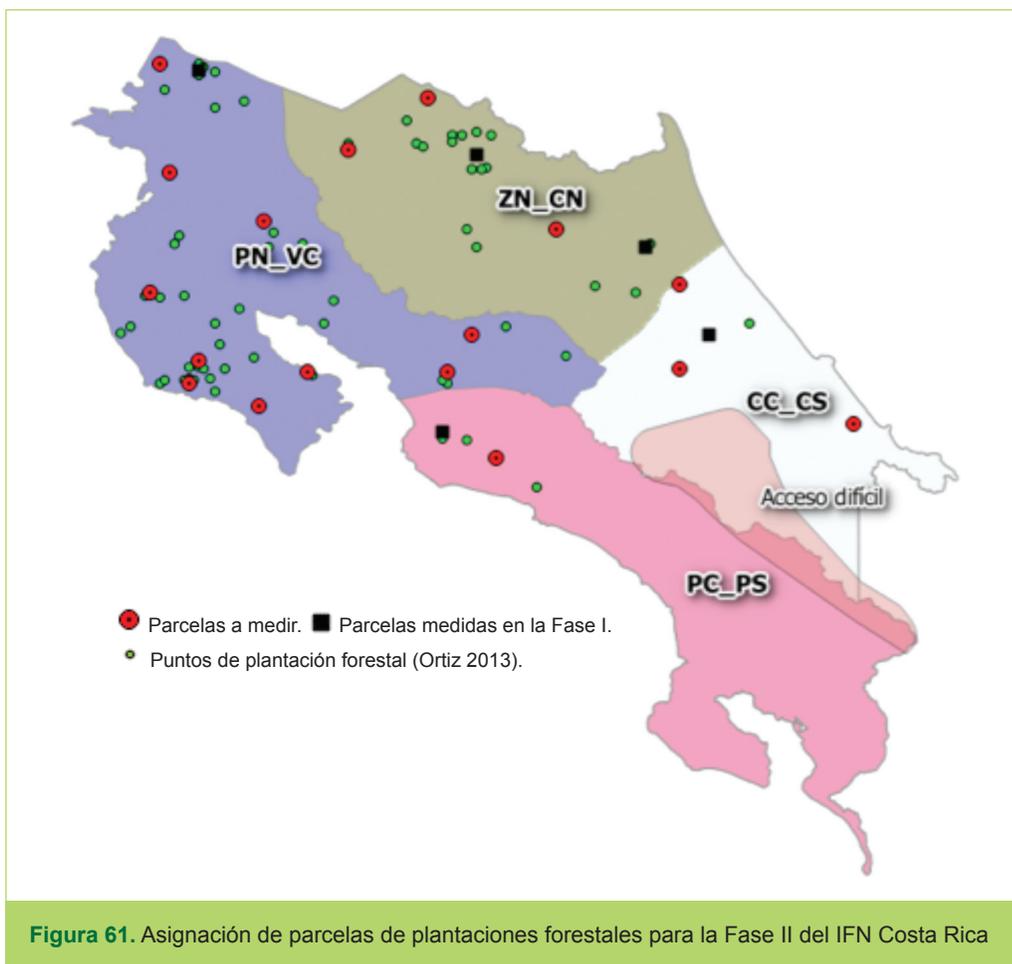
### Plantaciones forestales

Las 17 parcelas a medir en plantaciones forestales se eligieron a partir de la malla de puntos de 5 km, de tal forma que se muestreara el área de plantaciones de manera representativa (Figura 61). Una característica que llama la atención en la malla de Ortiz (2013) es la ausencia de plantaciones en el Pacífico sur, donde se presume la existencia de plantaciones forestales. De las 17 parcelas a mensurar solo una se encuentra en terreno estatal (Estación Experimental Horizontes).

### Resumen de parcelas a medir en la Fase II

En el Cuadro 36 se detalla el resumen de parcelas que se van a medir durante la Fase II del IFN de Costa Rica. La Figura 62 muestra la distribución espacial de los 182 sitios elegidos; el 66,5% se ubican en terrenos privados, 28% en áreas silvestres protegidas y 5,5% en territorios indígenas. La distribución altitudinal de las parcelas a muestrear cubre desde el nivel del mar hasta 3250 m (Figura 63).





**Cuadro 36.** Parcelas a mensurar durante la Fase II del IFN Costa Rica, según tenencia de la tierra

Estrato	Privado	PN	TI	RVS	ZP	RF	HH	Total
Bosque maduro	16	16	3	2	4	2	0	43
Bosque secundario	32	5	3	1	1	1	0	43
Bosque decíduo	8	0	0	0	0	0	0	8
Bosque de palma	6	4	0	2	1	0	1	14
Manglar	0	2	0	2	0	0	8	12
Plantación forestal	17	0	0	0	0	0	0	17
Pastos con árboles	35	3	4	2	1	0	0	45
<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>182**</b>

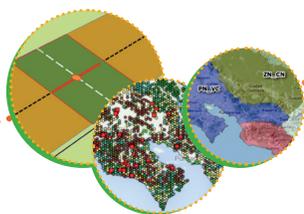
Privada: terreno privado  
ZP: zona protectora

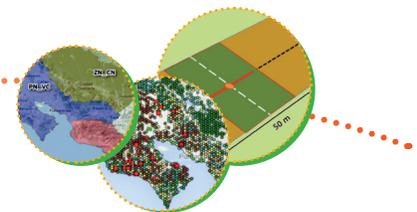
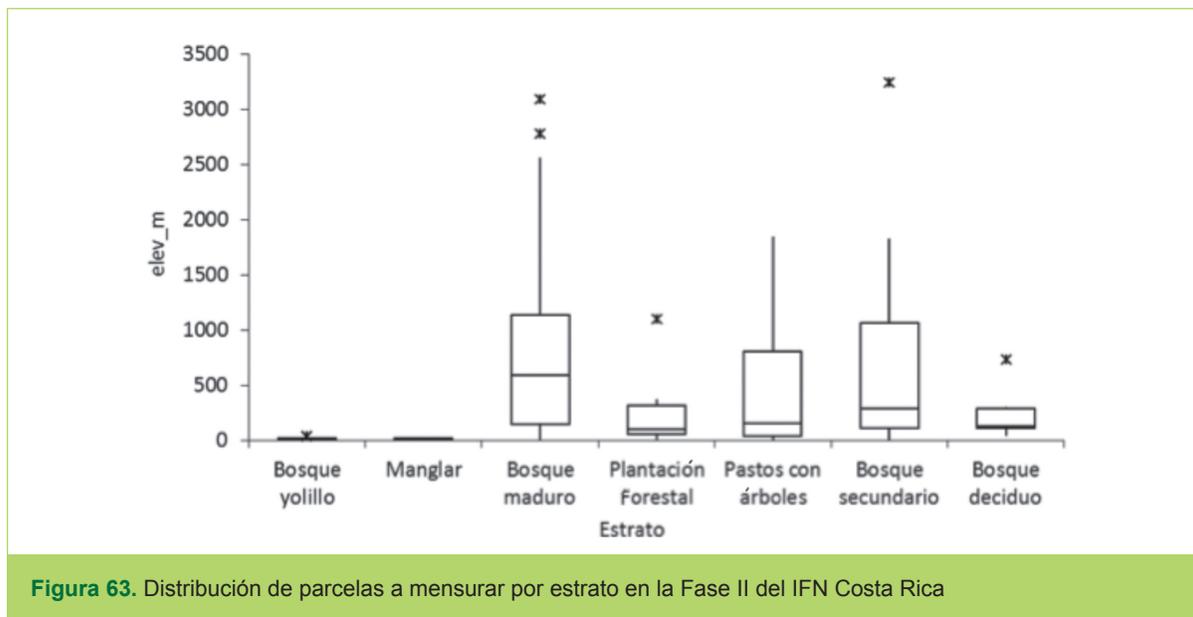
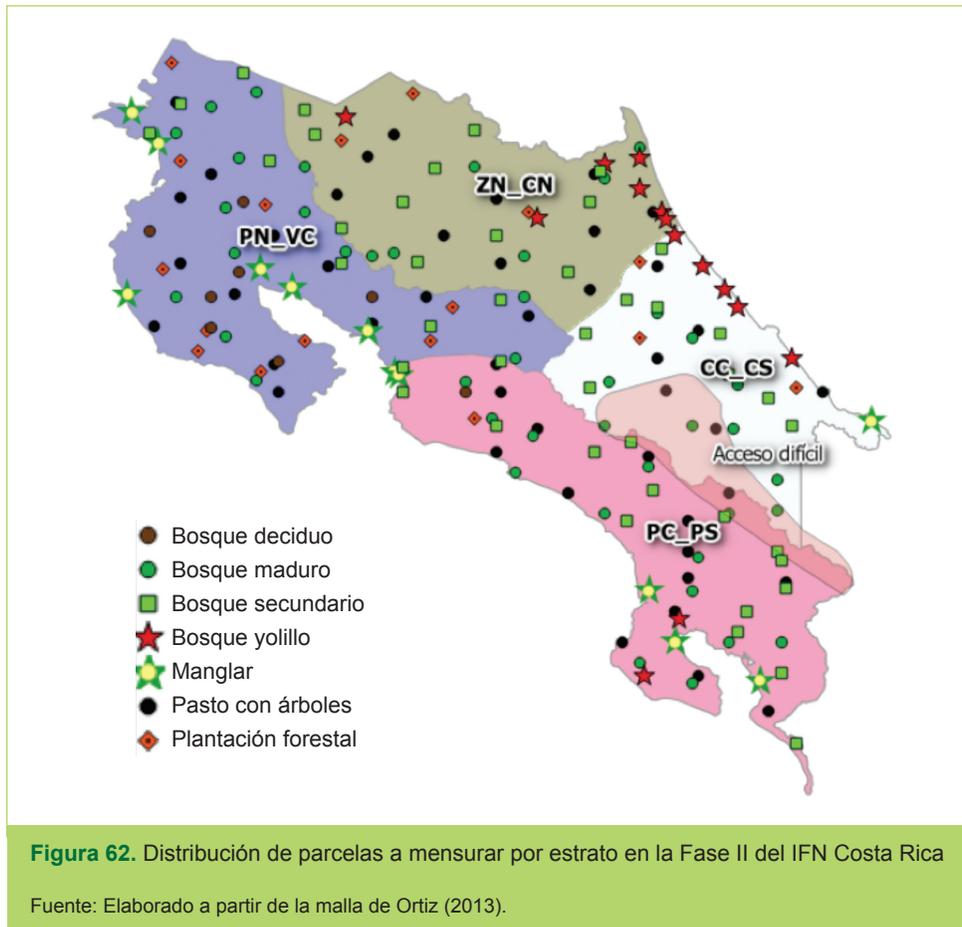
PN: parque nacional  
RF: reserva forestal

TI: territorio indígena  
HH: humedal

RVS: reserva de vida silvestre

\*\* De las cuales solo se midieron en el campo 179 y, por razones de calidad de datos, se eliminaron 6 de ellas quedando un total de 173 parcelas en esta fase.





## Tiempo de ejecución de la Fase II del IFN

A partir de las lecciones aprendidas en la Fase I del IFN, en la Fase II se distinguió entre las actividades que ejecutan todos los miembros de la cuadrilla y las que realiza solo el responsable de la cuadrilla. Adicionalmente, se programaron dos días de capacitación para las personas responsables de cuadrilla, dendrología y medición (Anexo 10).

### Tiempo requerido por la cuadrilla

El tiempo asignado a la cuadrilla se diferencia por estrato y corresponde a las actividades de traslado/regreso a la parcela, demarcación de la parcela y ejecución de las mediciones (Cuadro 37). Cuando la parcela se designa como un sitio de acceso difícil se le asignan cuatro días para realizar las actividades anteriores, indistintamente del estrato.

**Cuadro 37.** Tiempo requerido por la cuadrilla, por parcela según estrato, IFN Costa Rica

Estrato	Tiempo por parcela* (horas)	Crear archivos digitales** (horas)	Total (horas)
Bosque maduro	8	3	11
Bosque secundario	8	3	11
Bosque de palma	12	2	14
Rodal de mangle	12	2	14
Pasto con árboles	4	2	6
Plantación forestal	4	2	6

\* Traslado, demarcación de la parcela y ejecución de las mediciones.

\*\* Tiempo asignado solo al responsable de la cuadrilla.

### Tiempo para el responsable de la cuadrilla

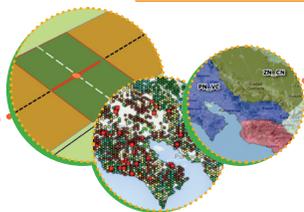
Al jefe(a) de la cuadrilla se le asignan tres días adicionales para las siguientes actividades:

1. Planificación y logística: contactar al personal del Sinac y a los dueños de las propiedades, definir rutas de acceso, imprimir formularios, contratar personal de campo, velar por la provisión de víveres, albergue y transporte.
2. Transcribir a libro de excel los datos registrados en los formularios de campo y asegurar su veracidad.
3. Crear el archivo shape con la ubicación de la parcela (puntos de esquinas y punto central) y recorrido (track), crear índice y archivo fotográfico; subir todos los archivos a DropBox.
4. Transportar las muestras de suelo y hojarasca de las parcelas de bosque al Inisefor-UNA (Heredia).

Además, se le reconocen otros tres días para preparar el informe final y realizar los cambios solicitados por el director de la campaña de campo. A partir de estas estimaciones de tiempo, se calcula un total de 236 jornadas para las cuadrillas y 324 jornadas para los jefes de cuadrilla (Cuadro 38).

**Cuadro 38.** Tiempo requerido para ejecutar la Fase II del IFN Costa Rica

Región operativa	Cuadrilla (días)	Días adicionales para el Jefe(a) de cuadrilla	Total
Zona Norte-Caribe norte	50	16	66
Caribe central y sur	39	14	53
Pacífico norte-Valle Central	53	23	76
Pacífico central y sur	54	26	80
Sitios difíciles	40	9	49
<b>Total</b>	<b>236</b>	<b>88</b>	<b>324</b>



## Protocolo de Control de calidad de los datos del inventario forestal nacional

Este apartado tiene como objetivo informar sobre los criterios, variables y procedimientos utilizados en el control de calidad y la validación de los datos recabados en el inventario forestal nacional de Costa Rica.

### Criterios generales y definiciones

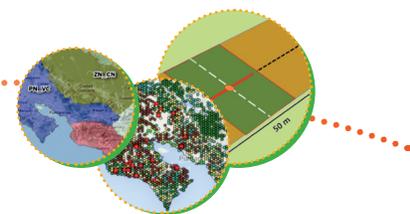
Toda estimación/medición está sujeta a errores humanos (sistemáticos) y estadísticos (debido al azar) y por lo tanto es una *buena práctica* efectuar comprobaciones de control de calidad independientes y utilizar procedimientos de garantía de calidad que permitan asegurar la calidad de los datos.

La *garantía de calidad o aseguramiento de la calidad* (AC) (conocido también por el anglicismo *Quality Assurance*, QA) son todas aquellas actividades, directrices, documentos y procedimientos que conforman un *Sistema de calidad* cuyo objetivo es cumplir con los requisitos de calidad de un producto o servicio final. El sistema permite verificar si se han cumplido los objetivos sobre calidad de los datos, si el inventario representa la mejor estimación posible dados los recursos humanos y financieros disponibles y las condiciones de campo. Estas actividades contribuyen a la prevención de errores, lo cual se puede evaluar posteriormente con el control de calidad (conocido también por el anglicismo *Quality Control*, QC) que se centra en los productos del proceso.

El *control de calidad* (CC) son todos los mecanismos, acciones, procedimientos y herramientas utilizadas para detectar la presencia de errores en un producto final. En nuestro caso, en los datos recabados por las cuadrillas de campo. La función del control de calidad es recolectar y analizar datos de una muestra con el fin de validar las especificaciones técnicas establecidas para el producto y proporcionar sugerencias de mejora en caso de encontrar errores más allá de los aceptables según las especificaciones.

El fin último de QA y QC es reducir a un mínimo la incertidumbre y el error asociado a los datos e inferencias del inventario forestal, lo cual asegura la calidad de los resultados. El reporte de QA y QC forman parte de la transparencia del proceso, para lo cual las hipótesis, metodologías y supuestos utilizados en el inventario deben ser explícitas para facilitar la reproducción y evaluación del inventario por los usuarios de la información suministrada. La transparencia de los inventarios es fundamental para que tenga éxito el proceso de comunicación y examen de la información.

La *validación* se refiere al conjunto de actividades y procedimientos utilizados para verificar que los datos del inventario se hayan recolectado correctamente y de conformidad con las directrices e instrucciones establecidas en el manual de campo. Es una forma de comprobar la coherencia interna del inventario y que por lo tanto se puede utilizar como mecanismo para aprobar oficialmente los resultados del mismo. La *verificación* se refiere al conjunto de actividades y procedimientos que se ejecutan durante la planificación, ejecución y después de terminado el inventario con el fin de documentar la veracidad y confiabilidad de los resultados a terceros.



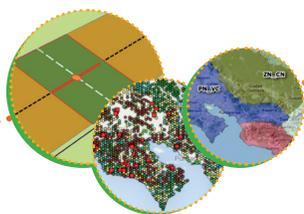
Para variables cuantitativas (e.g. diámetro, altura, área basal), la estimación de un parámetro de la población (e.g. media, varianza, error de muestreo), se obtiene a partir de una muestra estadísticamente válida y el uso de una fórmula de estimación o estimador. La estimación puede expresarse de la siguiente manera:

- Como una estimación puntual o valor numérico utilizado como una aproximación del parámetro (e.g. media de la muestra que estima la media de la población); o
- Como un intervalo que especifica un nivel de confianza para la estimación y que se puede utilizar como una forma de expresar la incertidumbre asociada a la estimación. En la práctica, un intervalo de confianza se define seleccionando un valor de probabilidad, usualmente 90 o 95%, y un límite inferior (LI) y otro superior (LS) alrededor del valor medio. Dichos límites expresan la confianza de que el valor del parámetro o valor verdadero de la variable que se quiere estimar se encuentre entre L1 y L2.

### Aseguramiento de la calidad y control de calidad

En el inventario forestal de Costa Rica se utilizaron las siguientes actividades/procedimientos para medir y controlar la calidad de los datos recabados por las cuadrillas de campo:

- Para el levantamiento de campo se dividió al país en cinco regiones operativas (Figura 1): Pacífico Norte y Valle Central (PN-VC), Pacífico Central y Pacífico Sur (PS), Zona Norte-Caribe Norte (ZN-CN), Caribe Central-Sur (CC-CS) y sitios difíciles (cordillera de Talamanca).
- Se prepararon términos de referencia para la contratación de cada una de las cuadrillas de campo. En la selección del jefe de la cuadrilla participó el personal regional de SINAC, el SINAC-SE y el jefe de la campaña de campo.
- Se preparó una descripción de las funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros de la cuadrilla de campo.
- A cada cuadrilla de campo se le asignó un dendrólogo seleccionado por el Ing. Nelson Zamora (especialista en dendrología tropical), como coordinador de los aspectos dendrológicos del inventario.
- Cada cuadrilla de medición contaba con un dendrólogo exclusivo para ello.
- Se preparó un protocolo para la identificación, colecta, transporte y procesamiento de las muestras botánicas.
- Se preparó y compartió con cada cuadrilla el manual de campo.
- Todas las cuadrillas participaron de un curso de capacitación previo al inicio del trabajo de campo. En dicho curso se evacuaron dudas relacionadas con el manual de campo.
- Se mantuvo contacto vía telefónica/correo electrónico con los jefes de cuadrilla para resolver dudas de campo durante toda la fase del premuestreo e inventario.
- Se mantuvo una estrecha comunicación con el equipo director del inventario forestal nacional.
- Se realizó una visita de campo a 3 de las 5 cuadrillas.
- Se prepararon formularios de Excel para digitar los datos recabados en campo.
- Se diseñó una plantilla en Excel para la digitación de datos revisados por el jefe de la cuadrilla, luego cada jefe subía a un Dropbox las plantillas para que los datos fueran revisados por el Director de la campaña de campo. Como tercer control de calidad de datos, éste último subía a otro Dropbox independientes las plantillas revisadas y con su visto bueno. A partir de este paso le correspondía al comité director del IFN y a los especialistas del Programa REDD/CCAD/GIZ la revisión final de los datos.
- 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 y de posicionamiento.

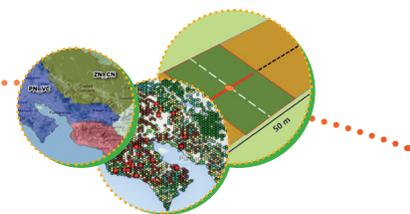


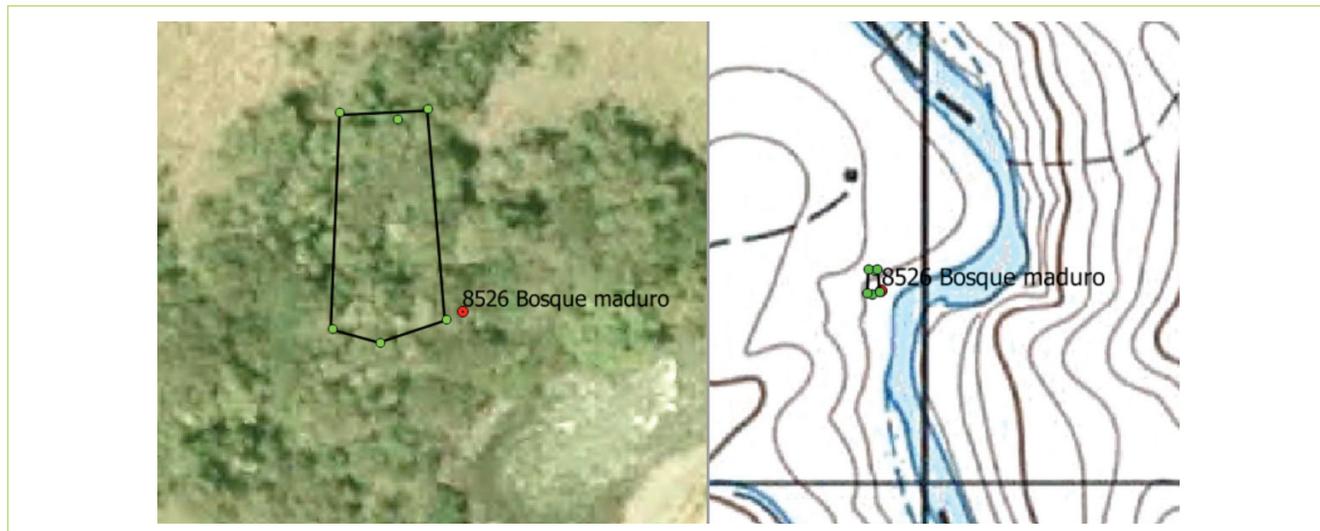
- Una vez recibidos los datos del jefe de la cuadrilla, los mismos fueron revisados y en caso de detectar errores/omisiones/inconsistencias se devolvían al jefe de la cuadrilla con las observaciones pertinentes para que los subsanara o en su defecto para que documentara la discrepancia.
- Se documentó y archivó cada formulario de campo del premuestreo e inventario y se documentó las actividades realizadas por la cuadrilla de campo mediante informes.
- En caso de dudas sobre la identificación de especies, las mismas fueron evacuadas por Nelson Zamora, coordinador del componente dendrológico del inventario.
- Nelson Zamora revisó y homogenizó los códigos alfanuméricos de las especies en cada parcela.
- Los equipos de campo fueron equipados con chalecos y todo tipo de equipo de medición y de seguridad personal para su trabajo de campo.
- En territorios indígenas, el SINAC envió cartas a todas las asociaciones de desarrollo indígena (ADI). Cada jefe de cuadrilla estableció contacto con la autoridad pertinente en cada territorio.

### Evaluación independiente de la calidad de los datos del inventario forestal

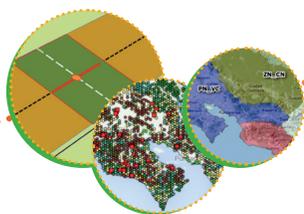
La evaluación de la calidad de los datos del inventario forestal fue realizada por una cuadrilla independiente que visitó y remidió un 10% de las parcelas establecidas por estrato tanto en la fase de premuestreo como de inventario. Las variables verificadas por la cuadrilla fueron las siguientes:

- Entorno (formulario F1). Registrar y contrastar con el formulario de la parcela:
  - Posición topográfica
  - Bosque: natural, plantación forestal, ribereño
  - Bosque natural: bosque maduro, bosque secundario
  - Plantación: especie, manejo, edad
  - Pasto arbolado: regeneración natural, árboles remanentes de bosque
  - Integridad de bosque: evidencia de incendio, viento, derrumbe, inundación, manejo forestal (indicar grado bajo, medio, alto), otro tipo de intervención (e.g. socola, tocones), ninguna evidencia.
  - Área de protección hídrica: río, quebrada, arroyo, lago, nacimiento
- Parcela:
  - Verificar la ubicación y demarcación de la parcela de 20\*50 m (UMP)
    - Registrar 6 vértices de la parcela con el receptor de GPS
    - Crear polígono a partir de dichos puntos en formato shape. Comparar la ubicación, forma y área de la parcela de campo con la teórica. Calcular diferencias en área y distancia (m).
    - Realizar el mismo procedimiento pero ahora con los datos de la cuadrilla de campo
    - Comparar los resultados de la cuadrilla de campo con la de validación
    - Verificar visualmente y documentar mediante fotos la presencia de los tubos de PVC
    - Medir la pendiente (%). Comparar con el valor registrado por la cuadrilla de campo
  - Evaluar visualmente el tipo de estrato utilizando imágenes de alta resolución del SNIT (<http://www.snitcr.org>) o Google y compararlo con el observado en campo
  - Verificar la demarcación y dimensiones de la parcela de 10\*20 m (UMS). Comparar con las dimensiones esperadas.
  - Verificar visualmente y documentar mediante foto el sitio de toma de muestras de suelo.





- Mediciones dasométricas
  - Medir el DAP  $\geq 10$  cm de todo árbol o liana en la parcela 20\*50 m (UMP). Calcular intervalo de confianza al 90% y verificar si el diámetro medio reportado por la cuadrilla de campo se encuentra en el IC.
  - Registrar la posición (X,Y) de cada árbol y compararla con la ubicación según la hoja de registro de la cuadrilla de campo.
  - Medir el DAP entre 2 y 9,9 cm en la parcela de 10\*20 m (UMS). Calcular intervalo de confianza al 90% y verificar si el diámetro medio reportado por la cuadrilla de campo se encuentra en el IC.
  - Calcular AB (m<sup>2</sup>) media de la parcela de 20\*50 m (UMP). Calcular intervalo de confianza al 90% y verificar si el AB media reportado por la cuadrilla de campo se encuentra en el IC.
  - Calcular AB (m<sup>2</sup>) de la parcela de 10\*20 m (UMS). Calcular intervalo de confianza al 90% y verificar si el AB media reportado por la cuadrilla de campo se encuentra en el IC.
  - Medir la altura total y comercial para los árboles indicados en el formulario de la parcela de campo. Graficar, para árboles homólogos, la altura total y comercial, respectivamente, medida por la cuadrilla de campo y por la cuadrilla de verificación. Calcular ecuación de regresión. Probar hipótesis  $b=1$  para un nivel de significancia de 10%.
  - Contar el número de árboles con un DAP  $\geq 10$  cm en la parcela de 20\*50 m (UMP) y entre 2 y 9,9 cm en la parcela de 10\*20 m (UMS). Comparar con el número de árboles reportados para la parcela por la cuadrilla de campo. Reportar cualquier diferencia.
  - Verificar que los árboles de la parcela de 20\*50 m (UMP) y 10\*20 m (UMS) fueron marcados en las parcelas de inventario. Para las parcelas de muestreo solo se verifica que los árboles se marcaron en la parcela de 10\*20 m (UMS). Para mayores detalles ver manuales de campo. En el caso de las parcelas de mangle de debe haber marcado el árbol más extremo en cada esquina de la parcela.
  - Madera muerta caída. Cuantificar madera muerta caída en transecto de 20 m ubicado en el centro de la parcela de 20\*50 m. Utilizar procedimiento descrito en el manual de campo.
- Composición de especies
  - Identificar cada árbol con un DAP  $\geq 10$  cm en la parcela 20\*50 m (UMP) y entre 2 y 9,9 cm en la parcela de 10\*20 m (UMS). Cotejar la identificación de cada árbol en ambas parcelas con la lista de especies de la cuadrilla de campo. Enumerar discrepancias o ausencias.



- Uso-cobertura
  - Describir el uso-cobertura de la parcela, documentar con fotografías en sentido norte, sur, este y oeste desde el centro de la parcela.

## Supuestos

Los supuestos bajo los cuales se realiza la validación de los datos colectados tanto en la fase de premuestreo como de inventario forestal son las siguientes:

- La cuadrilla de validación debe utilizar los procedimientos indicados en el manual de campo (versión diciembre 2103) para las parcelas de premuestreo y la versión de mayo del 2014 para las parcelas del inventario.
- Se debe utilizar un equipo de medición con una precisión equivalente a los utilizados por las cuadrillas de campo.
- La muestra a verificar se obtendrá de las parcelas asignadas a cada una de las cuadrillas de campo durante la fase de premuestreo e inventario.
- La cuadrilla de verificación posee los conocimientos, destrezas y habilidades equivalentes o superiores a aquellas de las cuadrillas de campo.

## Insumos

A la cuadrilla de validación se le proveerá de los siguientes insumos: parcelas a mensurar, formularios de campo, plantilla de Excel para digitar datos, manuales de campo y el equipo requerido para realizar las mediciones; incluido un receptor de posicionamiento satelital global.

### Parcelas a mensurar

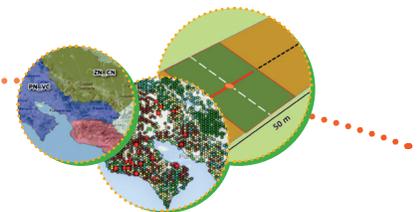
La evaluación de la calidad de los datos del inventario forestal fue realizada por una cuadrilla independiente que visitó y remidió un 10% de las parcelas medidas por las cuadrillas de campo por estrato según la malla de puntos (Ortiz 2013), considerando tanto las parcelas de la fase de premuestreo como de inventario (Cuadro 39).

**Cuadro 39.** Número de parcelas a seleccionar por estrato y etapa del inventario para verificación

Cobertura	Premuestreo	Inventario	Total	10%	Prem.	Inv.	Total
Bosque maduro	27	43	70	7,0	5	4	9
Bosque secundario	38	51	89	8,9	4	4	8
Rodal de mangle	4	12	16	1,6	1	1	2
Bosque yolillo	4	14	18	1,8	1	1	2
Plantación forestal	6	17	23	2,3	1	3	4
Pasto con árboles	52	45	97	9,7	4	4	8
<b>Total</b>	<b>131</b>	<b>182</b>	<b>313</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>33</b>

### Formularios de campo y plantilla para digitar datos

Al jefe de la cuadrilla de validación se le proveyó una versión digital de los formularios de campo y una plantilla de Excel para digita los datos recabados en las mediciones.



## Manual de campo

Los manuales de campo utilizados en el premuestreo y en el inventario se podían descargar del sitio de Dropbox utilizado como repositorio temporal de los datos del inventario.

## Árboles para medir altura

A la cuadrilla de validación se le proveyó, para cada parcela, la lista y ubicación de los árboles cuyas alturas fueron medidas por la cuadrilla de campo.

## Procedimiento

El procedimiento seguido en el proceso de verificación es el siguiente:

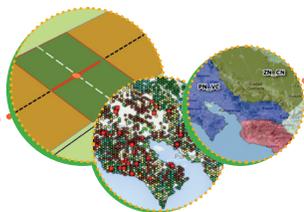
1. La cuadrilla de verificación navegó con su receptor de GPS hasta el punto central de la parcela.
2. El jefe de la cuadrilla registró en su receptor de GPS el recorrido realizado desde el sitio donde se dejó el vehículo hasta el punto central de la parcela.
3. Registró los datos indicados en la sección 2 del presente documento.
4. Con los datos de uso-cobertura se preparó una matriz de confusión que incluyó la exactitud global del clasificador y los errores comisión e inclusión.
5. El jefe de la cuadrilla de verificación envió un archivo de Excel con los datos recabados al coordinador de la campaña de campo. Una vez recibido dicho archivo, el coordinador de la campaña de campo envió a jefe de la cuadrilla de verificación un archivo de Excel con los datos recabados por las cuadrillas de campo para las parcelas remedidas por la cuadrilla de validación. El objetivo de este procedimiento fue asegurar independencia en el proceso de verificación y evitar posible sesgos inducidos por los datos previamente colectados por las cuadrillas de campo.
6. El jefe de la cuadrilla de verificación debió estar en contacto con el coordinador de la campaña de campo para aclarar cualquier duda sobre las tareas a realizar o sobre decisiones a realizar en campo.
7. El dendrólogo de la cuadrilla debió estar en contacto con el coordinador de asuntos dendrológicos para evacuar cualquier duda y para consensuar decisiones a realizar en campo.
8. El jefe de la cuadrilla de verificación preparó un informe con los resultados del análisis.

## Cuadrilla de campo

La cuadrilla de validación estuvo conformada según se observa en el Cuadro 40.

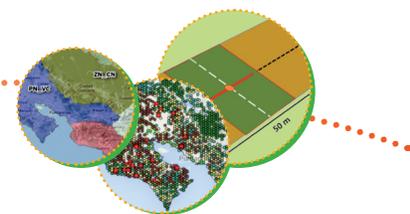
**Cuadro 40.** Conformación de la cuadrilla para trabajo de campo

Persona	Cualificaciones
Ingeniero (a) forestal. Jefe de la cuadrilla	Bachiller o licenciado en Ingeniería o ciencias forestales
Dendrólogo (a)	Bachiller o licenciado en botánica, biología o ingeniería forestal especializado en la identificación de plantas arbóreas, lianas y helechos y herbáceas
Mensurador	Técnico contratado para toda la campaña de campo
Baqueano o guía local	Trabajador agropecuario conocedor del área a muestrear
Asistente de campo	Trabajador agropecuario

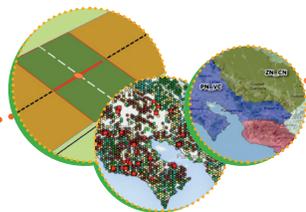


## Referencias

- Arroyo-Mora, J.P.; Svob, S.; Kalacska, M.; Chazdon, R. 2014. Historical Patterns of Natural Forest Management in Costa Rica: The Good, the Bad and the Ugly (en línea). *Forests* 2014 (5): 1777-1797. Disponible en <http://www.mdpi.com/1999-4907/5/7/1777/pdf>
- Baraloto, C.; Molto, Q.; Rabaud, S.; Hérault, B.; Valencia, R.; Blanc, L.; Fine, P.V.A.; Thompson, J. 2012. Rapid Simultaneous Estimation of Aboveground Biomass and Tree Diversity Across Neotropical Forests: A Comparison of Field Inventory Methods (en línea). *Biotropica* 0(0): 1–11 2012. Disponible en <http://www.ecofog.gf/en/perso/Baraloto/publications/Baraloto%20et%20al%20Biotrop12.pdf>
- Barrantes, C.; Muñoz, J. 1995. Inventario del recurso maderable y de dos especies no maderables, *Zamia skinneri* y *Reinhardtia gracilis* para dos fincas en Baja Talamanca, Limón, Costa Rica. Lineamientos para su manejo. *Práctica de Especialidad*. Cartago, Costa Rica, ITCR. 54 p.
- Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17:8-18.
- Chapin, F.S. III.; Walker, B.H.; Hobbs, R.H.; Hooper, D.U.; Lawton, J.H.; Sala, O.E.; Tilman, D. 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems. *Science* 277: 500–504.
- Chave, J.; Condit, R.; Aguilar, S.; Hernandez, A.; Lao, S.; Perez, R. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates (en línea). *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359 1443:409-420. Disponible en <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/359/1443/409.full.pdf+html>
- Chave, J.; Condit, R.; Lao, S.; Caspersen, J.P.; Foster, R.; Hubbell, S. 2003. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama (en línea). *Journal of Ecology* 91:240 - 252. Disponible en [http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/Condit\\_chaveetal.jecol.2003.pdf](http://www.stri.si.edu/sites/publications/PDFs/Condit_chaveetal.jecol.2003.pdf)
- Clark, D.; Clark, D. 2000. Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain (en línea). *Forest Ecology and Management* 137:185-198. Disponible en <http://www.umsl.edu/~biology/files/pdfs/dave-clark/2000%20ClarkandClark%20FEM.pdf>
- Cochran, W.G. 1977. *Sampling techniques*. Third Ed. New York, John Wiley and Sons. 428 p.
- Costa Rica. Ministerio de Ambiente y Energía. Sistema Nacional de Áreas de Conservación. 2015. Cartografía base para el inventario forestal nacional de Costa Rica 2013-2014. Volumen 1/ preparado por Edgar Ortíz M, consultor. San José, Costa Rica, SINAC/Programa REDD-CCAD-GIZ. 52 p.
- Fallas, J. 2014. Informe final de consultoría. *Compilación Inventario Forestal Nacional de Costa Rica: Diseño y Estrategia de implementación*. San José, Costa Rica. Programa REDD/CCAD/GIZ- Sinac. 168 p.
- FAO. 1981. *Manual of forest inventory with special reference to mixed tropical forests*. FAO, Rome, Italy. Disponible en <http://ia600208.us.archive.org/19/items/manualofforestin034667mbp/manualofforestin034667mbp.pdf>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2000b. FRA 2000. Rationale and methodology for global forest survey. Forestry Department. Forest Resources Assessment Programme. Rome, Italy. 60 p. (Working Paper 32). Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ad664e/>
- Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme UNEP. Disponible en [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf\\_files/GPG\\_LULUCF\\_FULL.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf)
- Holdridge, L.R.; Grenke, W.C.; Hatheway, W.H.; Liang, T.; Tosi, J.A. 1971. *Forest Environments in Tropical Life Zones*. New York, Estados Unidos, Pergamon Press.
- Imbach, P.; Coto, O., Salinas, Z. 2005. Valoración de los recursos biomásicos en Costa Rica usando Sistemas de Información Geográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 41 p. (Informe Técnico no. 340).
- IMN-MINAE (Instituto Meteorológico Nacional-Ministerio de Ambiente y Energía). 1995. *Atlas de Cobertura de la Tierra y cambio de cobertura de la tierra 1979 y 1992*. San José, Costa Rica, IMN. 5p.
- IPCC-GPC. 2000. Base conceptual del análisis de incertidumbre. Anexo 1. snt. Disponible en [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/A1\\_Conceptual\\_ES.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/A1_Conceptual_ES.pdf)
- Jiménez J.A.; Soto, R. 1985. Patrones regionales en la estructura y composición florística de los manglares de la costa Pacífica de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 33: 25-37.
- Jiménez, J.A. 1999. El manejo de los manglares en el Pacífico de Centroamérica: Usos tradicionales y potenciales. p. 275-290. In Yáñez-Arancibia, A.; Lara-Domínguez, A.L. (eds.). *Ecosistemas de Manglar en América Tropical* (en línea). Instituto de Ecología A.C. México, UICN/ORMA, Costa Rica, NOAA/NMFS Silver Spring MD USA. 380 p. Disponible en [http://www1.inecol.edu.mx/ecosistemasdemanglar/Cap\\_18.pdf](http://www1.inecol.edu.mx/ecosistemasdemanglar/Cap_18.pdf)
- Kappelle, M. 2001. Bosques nublados del neotrópico: Costa Rica. In Kappelle, M.; Brown, D. Heredia, Costa Rica, Instituto Nacional de Biodiversidad. 704 p.
- Keller, M.; Palacé, M.; Hurr, G. 2001. Biomass estimation in the Tapajós National Forest, Brazil: Examination of sampling and allometric uncertainties. *Forest Ecology and Management*. 154(3):371–382.
- Ketterings, Q.M.; Coe, R.; van Noordwijk, M.; Ambagau, Y.; Palm, C.A. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management* 146(1-3):199–209.
- Kleinn, C., Ramírez C.; Chaves, G.; Lobo Sonia. 2001. Pilot forest inventory in Costa Rica for the Global Forest Survey (GFS) Initiative of FAO FRA (en línea). Report to FAO FRA. FAO-CATIE-SINAC. 46 p. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/15543-0194951258eb2f005a62668ebc1b7553d.pdf>
- Klijn, F.; Udo de Haes, H.A. 1994. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification (en línea). *Landscape Ecology* 9(2):89-104. Disponible en <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.4.2108&rep=rep1&type=pdf>
- Koponen, P.; Nygren, P.; Sabatier, D.; Rousteau, A.; Saur, E. 2004. Tree species diversity and forest structure in relation to microtopography in a tropical freshwater swamp forest in French Guiana. *Plant Ecol* 173:17–32.



- La Presidenta de la república y el Ministro de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. 2011. Oficialización de los Mapas de Cobertura Boscosa de los años 2000 y 2005. DECRETO N° 36818-MINAET DEL 12/08/2011. La Gaceta No. 217 - Viernes 11 de noviembre 2011. Disponible en <http://www.mag.go.cr/legislacion/2011/de-36818.pdf>
- Lawton, J.H. 1994. What do species do in ecosystems? *Oikos* 71:367/374 (en línea). Disponible en <ftp://atitlan.ethz.ch/docs/se/Lawton.pdf>
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. 2012. Estudio de cobertura forestal de Costa Rica 2009-2010. Cooperación Financiera entre Alemania y Costa Rica Proyecto: Programa Forestal Huetar Norte Contrato de Aporte Financiero N° 1999 66 268. 26 p. Disponible en <http://www.minae.go.cr/recursos/documentos/cobertura-forestal/estudio-cobertura-forestal-fonafifo-marzo2012.pdf>
- Omernik, J.M. 1987. Ecoregions of the conterminous United States. Map Supplement. *Annals of the Association of American Geographers* 77(1):118-125.
- Omernik, J.M. 2004. Perspectives on the Nature and Definition of Ecological Regions (en línea). *Environmental Management* 34(1):S27/S38. Disponible en <http://rdp87.persiagig.com/document/ecoregion2.pdf/download>
- Ortiz, E. 2013. Cartografía base para realizar el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica. Tercer Informe de Avance. Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD - CCAD - GIZ).
- Ortiz, E. 2014. Cartografía base para realizar el Inventario Nacional Forestal (INF) de Costa Rica. Informe Final Consolidado. Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). SINAC-FONAFIFO San José, Costa Rica 40 p.
- Page SE, Rieley JO, Shotyk OW, Weiss D. 1999. Interdependence of peat and vegetation in a tropical peat swamp forest. *Philos Trans R Soc Lon B Biol Sci.* 354(1391):1885–1897.
- Penman, J.; Gytarsky, M.; Hiraishi, T.; Krug, T.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K.; Wagne, F. (Eds). 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Kanagawa, Japan, IPCC.
- Penman, J.; Gytarsky, M.; Hiraishi, T.; Thelma, K.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendia, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe, K.; Wagner, F. (Ed.). 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Disponible en [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf\\_files/GPG\\_LULUCF\\_FULL.pdf](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf)
- Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD - CCAD/GIZ). 2014. Control de calidad del inventario forestal. Inventario Nacional Forestal de Costa Rica. Protección del clima a través de un manejo sustentable de los bosques. Programa Regional REDD/CCAD-GIZ. 9 p.
- Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). 2014. Propuesta tamaño de muestra fase II inventario nacional forestal de Costa Rica. Basado en resultados de la fase I del IFN-CR. En el marco del componente de monitoreo forestal para Centroamérica y república Dominicana. Protección del clima a través de un manejo sustentable de los bosques. Programa Regional REDD/CCAD-GIZ. 11 p.
- Quirós Brenes, K. 2002. Composición florística y estructural para el bosque primario del Hotel La Laguna del Lagarto Lodge, Boca Tapada de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Práctica de especialidad. Cartago, Costa Rica, ITCR. 91 p.
- Rodríguez Fuentes, A.M. 2001. Análisis de la composición y estructura arbórea para un bosque en Las Lagunas de Palmital, San Ramón, Alajuela. Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica, ITCR. 93 p.
- Schlöpfer, F.; Schmid, B. 1999. Ecosystem effects of biodiversity: a classification of hypotheses and exploration of empirical results. *Ecological Applications* 9(3): 893–912.
- Sinac/Programa REDD-CCAD-GIZ (Sistema Nacional de Áreas de Conservación/Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana). 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. San José, Costa Rica. 74 p.
- Sinac/Programa REDD-CCAD-GIZ (Sistema Nacional de Áreas de Conservación/Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana). 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. San José, Costa Rica. 168 p.
- Sinac-Fonafifo (Sistema Nacional de Áreas de Conservación / Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2011a. Taller Nacional de Expertos para Analizar y Sugerir la Metodología para la Línea de Base y el Sistema de Monitoreo, Reporte y Validación para la Estrategia Nacional REDD+ de Costa Rica. (Setiembre, 2011). San José, Costa Rica. Ayuda Memoria).
- Sinac-Fonafifo (Sistema Nacional de Áreas de Conservación / Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2011b. Taller Nacional sobre Lineamientos generales para el diseño del Inventario Forestal Nacional. Estrategia Nacional REDD+ de Costa Rica. (Noviembre, 2011). San José, Costa Rica. Ayuda memoria. 87 p.
- Ulate Quesada, C.A. 2011. Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 61 p.
- Zamora Ávila, M. 2010. Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica, ITCR. 116 p.
- Zamora-Trejos, P.; Cortés, J. 2009. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. *Rev. Biol. Trop.* 57(3):473-488. Disponible en <http://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v57n3/art>



## Anexo 1. Descripción de los estratos de uso-cobertura<sup>1</sup>

En este anexo se describe cada uno de los estratos de uso-cobertura utilizados en el IFN. Buena parte de ellos se describieron con detalle en el Manual de campo del IFN (Sinac/REDD-CCAD-GIZ 2014); esa información se reproduce aquí con el fin de que el lector la tenga a mano. Además, se han incorporado dos categorías correspondientes a los bosques y pastos en territorios indígenas y en áreas protegidas.

### Bosque

El bosque se subdividió según su estado de sucesión en maduro y secundario. La legislación costarricense considera al bosque de palma y el rodal de mangle como humedales (Decreto Ejecutivo no. 35803, La Gaceta no. 73, viernes 16 de abril del 2010).

### Bosque maduro

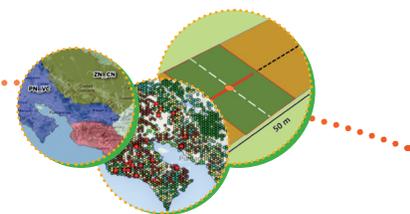
Este ecosistema es el fruto de un proceso de sucesión que se ha mantenido ininterrumpido durante 75, 100 o más años (Figura 1). Con frecuencia se asume que este bosque está exento de la influencia antrópica (p.e. extracción de madera); sin embargo, puede estar afectado por fenómenos globales como la variabilidad climática -eventos de ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) según Barlow y Peres (2004) y el cambio climático según Lewis *et al.* (2004)-, o por actividades extractivas de subsistencia. Estudios realizados en la Estación Biológica La Selva (Sarapiquí, Costa Rica) indican que el bosque muy húmedo tropical se renueva en promedio cada 118 años ( $\pm 27$  años), pues se puede suponer que los árboles maduros del dosel y subdosel viven entre 90 y 150 años (Hartshorn 1978) y que el ciclo de vida del bosque tropical puede abarcar entre 75 y 150 años (Hartshorn 1980). Kappelle *et al.* (1996) estimaron que se requiere un mínimo de 84 años para recuperar la fisionomía y estructura de un bosque montano alto (2900-3000 msnm) que haya sido deforestado y que la recuperación en altura máxima y área basal es de 2 a 5 veces más lenta que en el bosque montano bajo o tropical de tierras bajas.

En el país existen estimaciones de cobertura forestal desde el año 1940 y cartografía forestal desde finales de la década de 1960 (cartografía del Instituto Geográfico Nacional). A partir de dicha información, se puede esperar que la mayor extensión de bosque maduro se encuentre en las cimas de las cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Central y Talamanca; además, en la península de Osa, Carara, cerro de Turrubares y Fila Costeña, así como en el extremo noreste de las llanuras de Tortuguero y en el manglar del humedal Térraba-Sierpe. La mayor parte de dichas áreas son terrenos protegidos por la legislación costarricense. La composición, estructura y fisionomía de un bosque maduro depende de las condiciones locales. En imágenes satelitales y fotos aéreas de alta resolución se identifican por su textura irregular; sin embargo también se pueden confundir con bosques en fase avanzada de sucesión.

### Bosque secundario

La sucesión ecológica engloba los cambios en composición y estructura que el ecosistema experimenta en el tiempo. El proceso de sucesión terrestre puede ser primario, secundario, dinámico estacional y cíclico (Figura 3). El primero se presenta en un terreno desnudo que nunca ha sido ocupado por una comunidad de organismos (e.g. una isla que emerge por actividad volcánica). El segundo evoluciona a partir de una comunidad vegetal ya existente que fue eliminada por eventos naturales

<sup>1</sup> Fuente Sinac/Programa REDD-CCAD-GIZ (2014a)

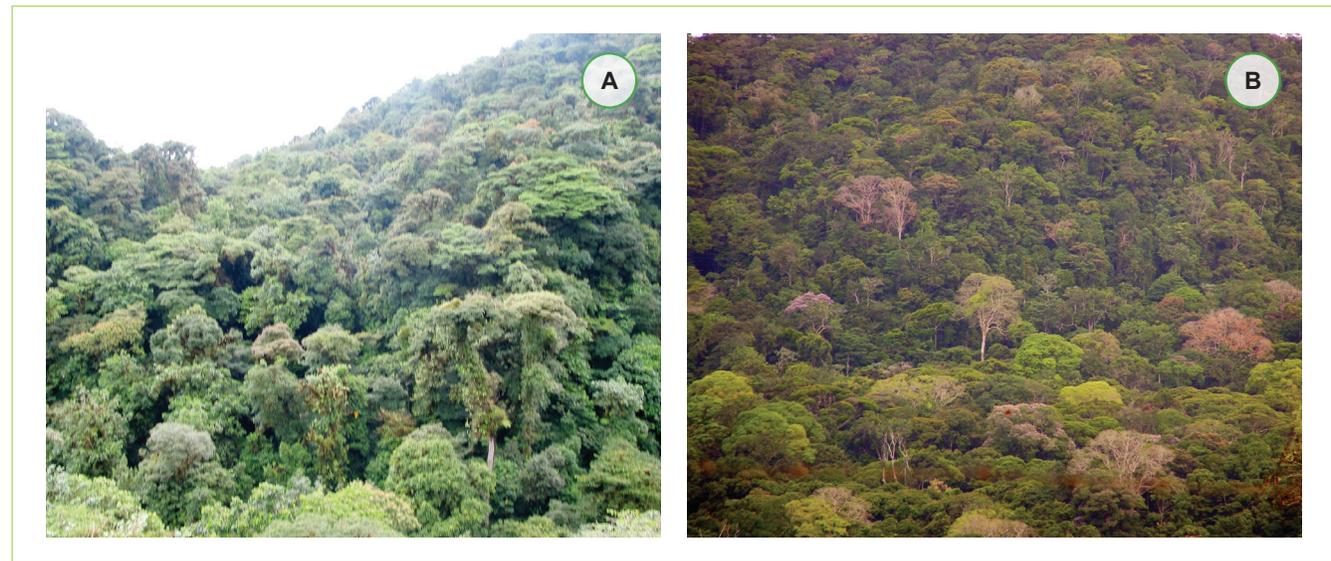


o antrópicos (perturbación severa) tales como incendios, inundaciones, enfermedades, huracanes o tala de bosque. Un caso especial de esta tipo de sucesión se presenta cuando la comunidad vegetal y el suelo son removidos en su totalidad por eventos catastróficos como erupciones volcánicas o deslizamientos. En este caso, la sucesión inicia con la formación del suelo, colonización de especies vegetales pioneras, seguidas por herbáceas, arbustos y finalmente árboles. En el caso de la tala del bosque, la sucesión secundaria inicia en terrenos agropecuarios abandonados (charrales).



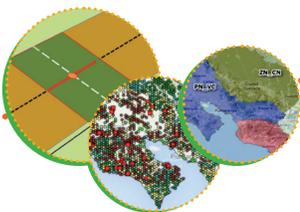
**Figura 1.** Bosque maduro en (A) Cordillera de Tilarán y (B) Cordillera Volcánica Central; (C) Textura de bosque maduro en imagen de alta resolución

Fuente: Google Earth



**Figura 2.** Perfil de bosque maduro en (A) Tilarán (bosque nuboso) y (B) zona norte

Fotos: Jorge Fallas, consultor





**Figura 3.** Ejemplos de perturbaciones y estadios sucesionales en una localidad cercana a la ciudad de San Isidro de Pérez Zeledón: A. Bosque maduro (equilibrio dinámico); B y C. Sucesión secundaria inicial (suelo expuesto, gramíneas); D. Área quemada (perturbación que impide el avance del proceso de sucesión); E. Sucesión secundaria inicial (gramíneas y arbustos); F. Sistema urbano (reemplazo total de vegetación por construcciones)

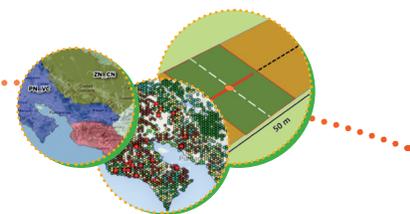
Foto: Sistema de Información Territorial (SNIT) ([www.snitcr.org](http://www.snitcr.org))

La sucesión dinámica estacional y cíclica se caracteriza por perturbaciones no severas que se presentan con cierta frecuencia, tales como las aperturas del bosque tropical (Hartshorn 1980; Denslow 1987, 1980; Schnitzer y Carson 2001) que mantienen al ecosistema en un estado de equilibrio dinámico. Los factores que determinan cuáles especies colonizan con éxito una apertura son el momento en el que ocurre la apertura y su tamaño, la proximidad y dispersión de semillas, las condiciones del sustrato y las interacciones planta-herbívoro.

El calentamiento global, el aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> y, en general, los cambios biofísicos asociados con el cambio climático, son nuevos motores de cambio que afectan grandes extensiones y no solo pequeños espacios como las aperturas en un bosque (Lewis *et al.* 2004). En mayores escalas temporales, los fenómenos geológicos y la evolución desempeñan una función crucial en el funcionamiento de los ecosistemas y en su lento proceso de sucesión (Clark y Clark 1996).

El principio 11 de los “Criterios e indicadores aplicables a bosques secundarios” (Decreto Ejecutivo no. 27388- MINAE, La Gaceta no. 212 del 2 nov. 1998) define el bosque secundario como:

“Tierra con vegetación leñosa de carácter sucesional secundario que se desarrolló una vez que la vegetación original ha sido eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales, con una superficie mínima de 0,5 hectáreas y con una densidad no menor a 500 árboles por hectárea de todas las especies, con diámetro mínimo a la altura del pecho de 5 cm. Se incluyen también las tierras de bosque secundario inmediatamente después de aprovechadas bajo el sistema de cortas de regeneración.”



La dinámica de sucesión en espacios donde el bosque original fue eliminado por actividades naturales y/o antrópicas es un proceso complejo que depende de factores como la cercanía a fuentes de semillas, el tipo de alteración o transformación (p.e. deslizamiento en un bosque *versus* área de pasto o cultivo), condiciones ambientales (p.e. precipitación, temperatura, pendiente) y disponibilidad de nutrientes (Guariguata y Ostertag 2001). Como proceso, la sucesión es un continuo; sin embargo para su estudio y gestión es necesario dividirlo en etapas, estadios o fases. Los criterios utilizados pueden ser fisionómicos (apariciencia), composición (riqueza y diversidad) y estructura (altura del dosel, densidad, área basal, biomasa) o una combinación de todos ellos (Finegan 1992, 1996). El asociar una clase de edad a cualquiera de los estadios de sucesión es aún más difícil pues depende de las condiciones locales particulares bajo las cuales ha transcurrido el proceso.

La identificación de los diferentes estadios de bosque secundario es difícil e inexacta, aun en imágenes satelitales y fotos aéreas de alta resolución, ya que se pueden confundir con sistemas agroforestales (café con sombra, cacao bajo bosque). Para su clasificación es necesario realizar trabajo de campo y utilizar imágenes multitemporales y multiespectrales de alta resolución. A pesar de la complejidad del proceso -y con fines de gestión de los servicios que brinda el ecosistema forestal- se optó por la siguiente tipología para describir el proceso de recuperación del bosque (Vreugdenhil *et al.* 2002, Budowski 1965; Hartshorn 1978, 1980). El esquema aplica cuando el bosque fue eliminado completamente antes de iniciar el proceso de sucesión, y no a bosques residuales (bosques fuertemente degradados que conservan algunos rasgos de su estructura y composición florística inicial).

#### **Vegetación boscosa pionera o de crecimiento secundario inicial**

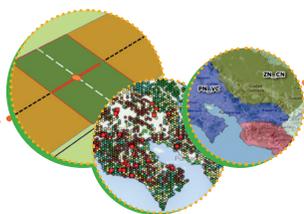
Esta es la primera etapa en el proceso de sucesión y puede durar entre 1 y 5 años; en Costa Rica, a esta fase se le denomina 'charral' (Figura 4). La comunidad vegetal se caracteriza por la presencia de especies pioneras (herbáceas y arbustos exigentes de luz) que pueden sobrevivir en suelos degradados o poco fértiles (ruderales, según Grime 1977). Las condiciones climáticas (temperatura, precipitación, estacionalidad) juegan un papel muy importante en la fisionomía, composición y estructura de la vegetación en esta fase de sucesión (Ewel 1980). La vegetación pionera se distingue con facilidad en el campo pero es difícil de identificar por medio de sensores remotos.

#### **Vegetación boscosa de crecimiento secundario temprano e intermedio**

El proceso de sucesión ya ha transcurrido por un periodo de 15 a 20 años (secundario temprano; conocido como 'tacotal' en Costa Rica) con dominio de especies pioneras; entre 20-35 años (secundario intermedio) dominan las especies de rápido crecimiento pero más persistentes (Figura 5). Conforme la comunidad vegetal avanza en edad, su composición y estructura tiende a parecerse más a una comunidad boscosa madura, aunque predominan las especies heliófitas efímeras y durables. La fisionomía de la vegetación es muy heterogénea ya que incluye desde individuos de la sucesión temprana hasta árboles que han alcanzado su porte adulto. A esta categoría pertenecen la mayor parte de los bosques secundarios de Costa Rica. Estudios publicados en los últimos diez años indican que estos bosques secundarios pueden ser mapeados utilizando sensores remotos (Castro *et al.* 2003) y que, además, ya se pueden aprovechar algunos de los servicios ecosistémicos que proveían los bosques originales, aunque no en la misma magnitud ni calidad. La apariencia y tamaño de los árboles depende de las condiciones ambientales locales.

#### **Bosque de crecimiento secundario avanzado o secundario tardío**

Esta comunidad vegetal posee la apariencia y composición de una comunidad madura; desde que se inició el proceso de sucesión ya han transcurrido entre 35 y 75-80 años (Figura 6). Es probable que se presenten aperturas o claros en el dosel por la caída de árboles y que falten los árboles de dimensiones mayores, típicos de un bosque maduro, así como las especies con densidades naturales muy bajas (especies raras).





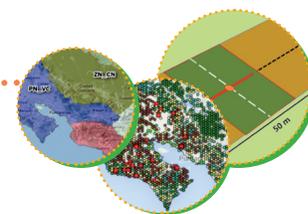
**Figura 4.** Proceso de sucesión inicial: A. pasto abandonado (piso montano, cordillera de Talamanca); B. Remoción total de la vegetación leñosa utilizando un tractor con el propósito de “recuperar” la capacidad productiva de los pastos en la Península de Nicoya; C. Ladera al lado de un camino que sufrió un deslizamiento superficial (piso premontano, península de Nicoya); D. Vegetación pionera en pasto (piso montano, Coronado, San José)

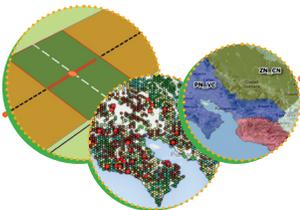
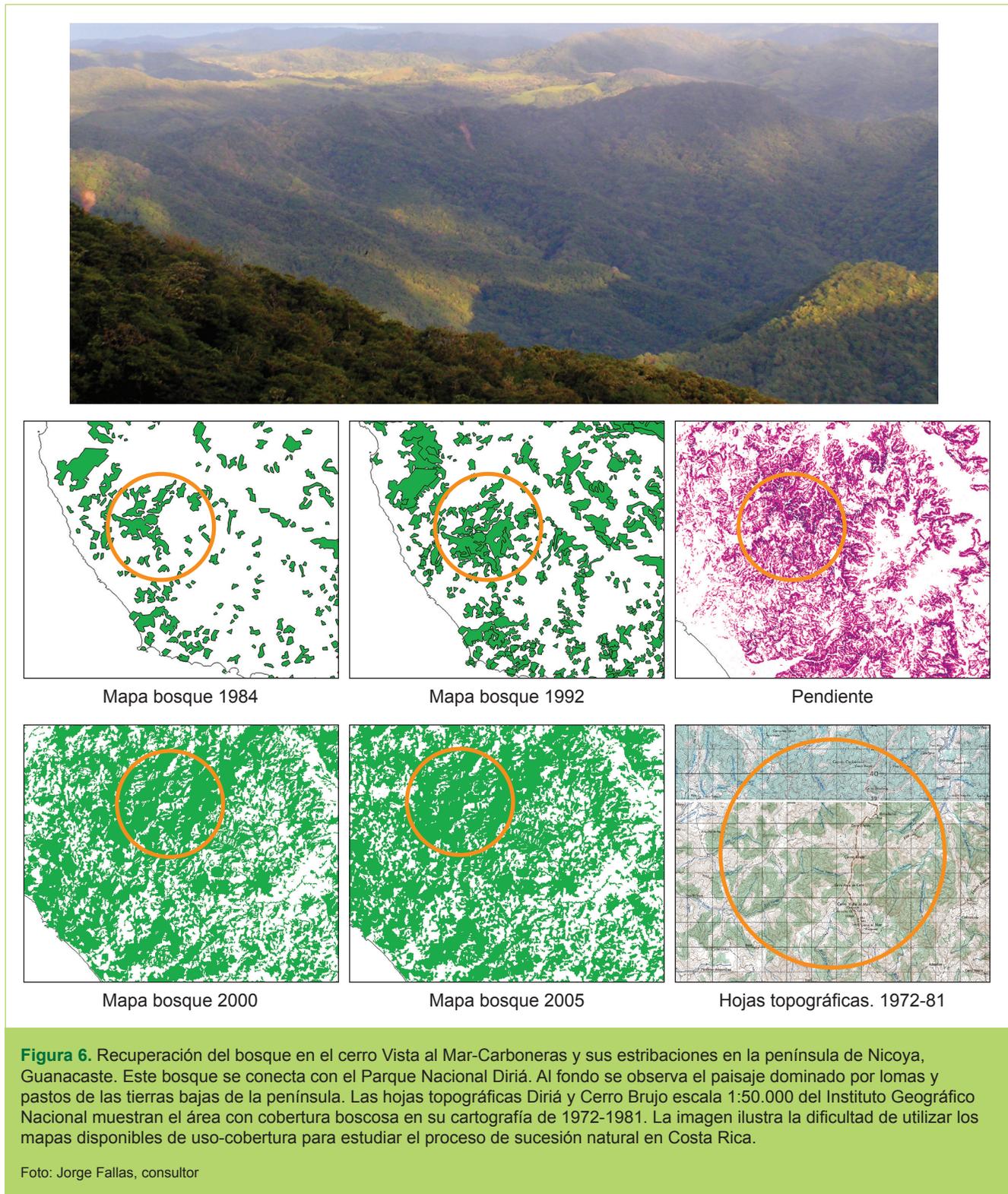
Fotos: Jorge Fallas, consultor



**Figura 5.** Vegetación típica de bosque secundario temprano e intermedio: A. Península de Nicoya; B. Cuenca del río Pejibaye, Pacífico Sur

Fotos: Jorge Fallas, consultor





## Plantaciones forestales

Según la Ley Forestal no. 7575, una plantación forestal es un terreno de una o más hectáreas cultivado con una o más especies forestales cuyo objetivo principal, aunque no necesariamente el único, es la producción de madera. En imágenes satelitales y fotos aéreas de alta resolución se pueden identificar por su textura homogénea (Figura 7).



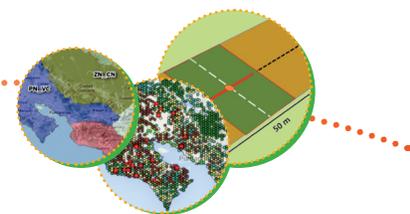
## Pasto con árboles

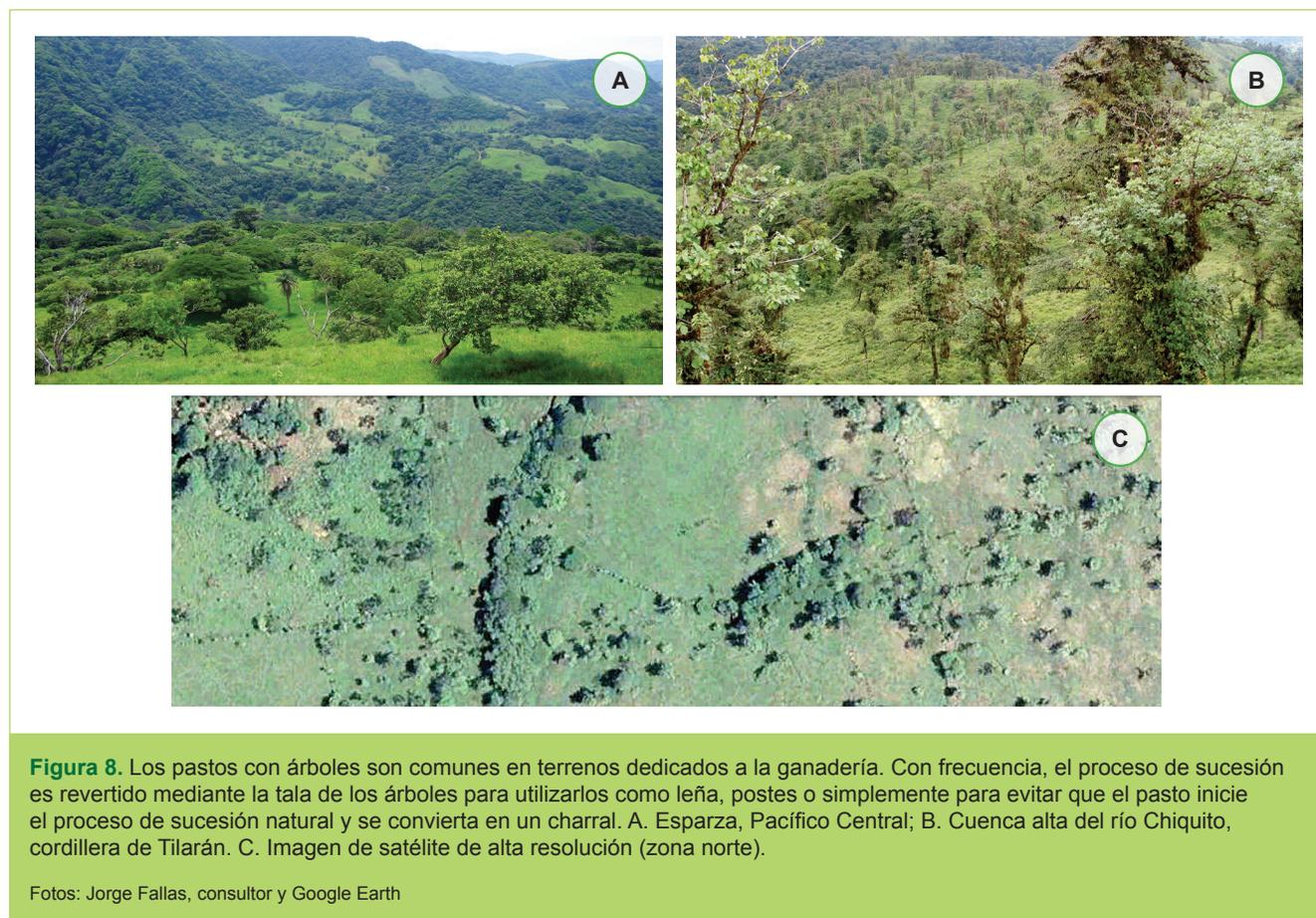
La mayoría de los árboles presentes en los terrenos dedicados a la ganadería son remanentes del bosque original talado para crear el potrero (Figura 8); sin embargo, en muchos casos son el resultado de programas de establecimiento de árboles en sistemas agroforestales. En la actualidad, dichas áreas son importantes pues proveen un alto porcentaje de la madera que consume el país.

El artículo 3 de la Ley Forestal no. 7575 define los sistemas agroforestales como una *“forma de usar la tierra que implica la combinación de especies forestales en tiempo y espacio con especies agronómicas, en procura de la sostenibilidad del sistema”*.

## Humedales: bosques de palmas y manglares

Los bosques de palmas y manglares forman parte de los humedales, según los criterios técnicos establecidos mediante el Decreto Ejecutivo no. 35803 del 07 ene. 2010 (La Gaceta no. 73 del 16 abr. 2010). El decreto distingue las siguientes asociaciones:



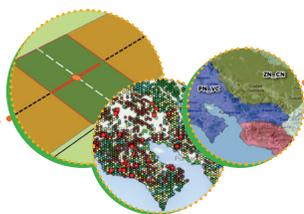


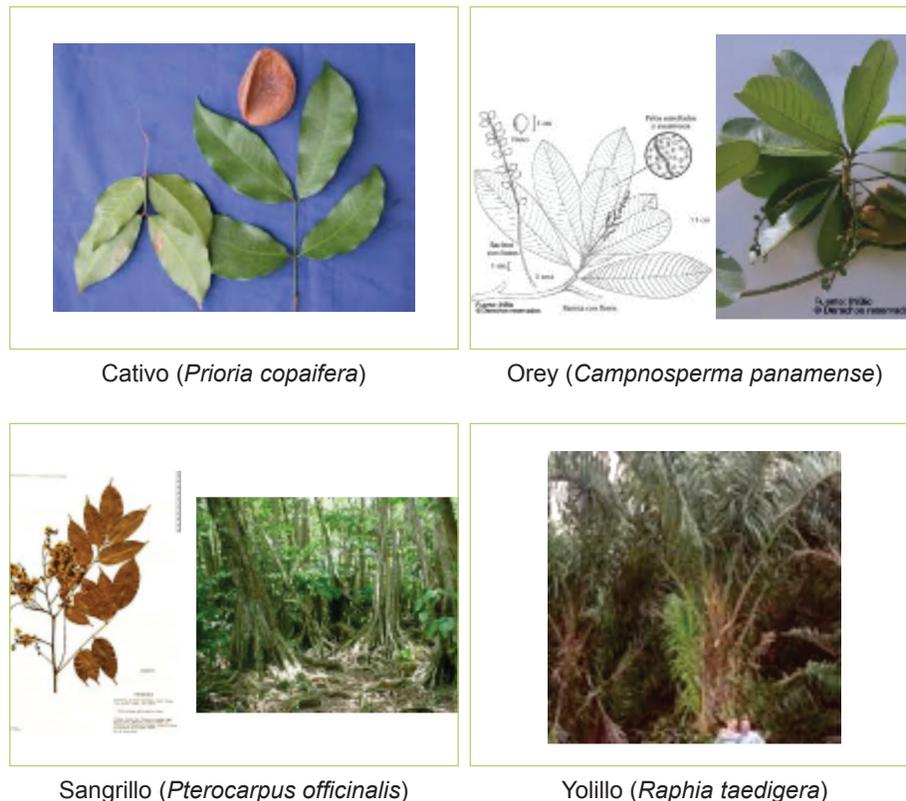
### Bosques anegados o inundados por agua dulce o dulceacuáticas

Se trata de bosques húmedos a muy húmedos con áreas pantanosas o inundadas sobre terreno plano; también se desarrollan en las márgenes de lagos, lagunas y ríos. Se caracterizan por una estructura poco compleja, con un sotobosque dominado por palmas, algunos helechos y juveniles (plántulas) de especies hidrófilas como el cativo (*Prioria copaifera*), orey (*Campnosperma panamense*), sangrillo (*Pterocarpus officinalis*) y muy comúnmente la palma de yolillo (*Raphia taedigera*) (Figura 9).

El sistema oficial de clasificación de humedales en Costa Rica es el de la Convención de RAMSAR, aprobado mediante la Recomendación 4.7 y enmendado por las Resoluciones VI.5 y VII.11 de la Conferencia de las Partes Contratantes. Para los fines del IFN, aplican las clases siguientes:

- Humedales intermareales arbolados del sistema estuarino, al cual pertenecen los manglares y los bosques inundados o inundables mareales de agua dulce.
- Humedales de tipo no mareal del sistema palustre; a esta clase pertenecen los yolillales y los bosques anegados de agua dulce.
- Humedales boscosos de agua dulce que incluyen los bosques pantanosos de agua dulce, bosques inundados estacionalmente y pantanos arbolados sobre suelos inorgánicos.



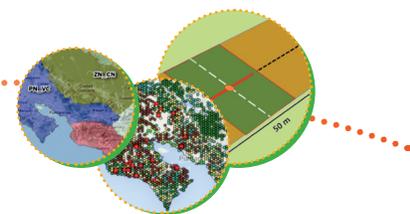


**Figura 9.** Vegetación asociada con el bosque anegado o inundado por agua dulce

### Manglares

Por lo general, los manglares están delineados y ubicados en la cartografía oficial (escala 1:50.000) de Costa Rica; sin embargo, el área mapeada no necesariamente indica la extensión real o actual del manglar. Para la identificación de un rodal de mangle se toma como parámetro la presencia de árboles de alguna de las especies que se ilustran en la Figura 10. Según la definición del Sinac, el límite de un manglar lo define la extensión de la vegetación asociada con el ecosistema de manglar; no obstante, para los fines del IFN se mapea y mide el área correspondiente al rodal de mangle (Figura 11), el cual se define como la agrupación de árboles de una o más especies de mangle con o sin otras especies arbóreas asociadas, con un área mínima de 1,0 hectárea, con una cobertura de dosel (copa) de más de 30%, con árboles con potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros a la madurez *in situ* y con características de masa más o menos homogéneas en términos de edad, composición de especies y condición.

El yolillo (*Raphia taedigera*) es un ecosistema de suelos anegados que se encuentra en los alrededores de la laguna de Corcovado, península de Osa, al norte y al oeste de Caño Negro, y también en la zona costera del Caribe (Figura 12).





**Nombre científico:** *Rhizophora mangle*  
**Nombre común:** Mangle rojo, colorado, gateador



**Nombre científico:** *Rhizophora racemosa*  
**Nombre común:** Mangle, caballero, gigante



**Nombre científico:** *Pelliciera rhizophorae*  
**Nombre común:** Mangle piñuela, piña, piñuelo



**Nombre científico:** *Laguncularia racemosa*  
**Nombre común:** Mangle blanco, mariquita



**Nombre científico:** *Avicennia germinans*  
**Nombre común:** Mangle negro, salado, palo de sal



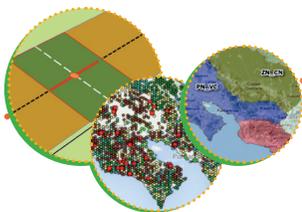
**Nombre científico:** *Avicennia bicolor*  
**Nombre común:** Mangle sal, negro, palo de sal



**Nombre científico:** *Conocarpus erecta*  
**Nombre común:** Mangle botoncillo, botón

**Figura 10.** Especies de mangle de Costa Rica

Fuente: Decreto Ejecutivo 35803 del 07 ene. 2010 (La Gaceta no. 73, 16 abr. 2010)





**Figura 11.** Rodales de mangle: A. Térraba-Sierpe, Pacífico Sur; B. Río Tempisque, Guanacaste

Fotos: Jorge Fallas, consultor

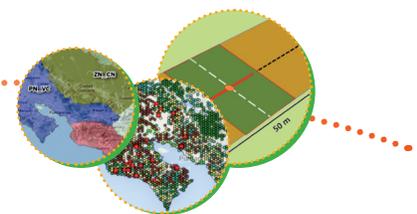


**Figura 12.** A. Textura de un bosque dominado por yolillo en isla Calero, Caribe Norte (imagen satelital de alta resolución); B. Yolillo en potrero

Fuente: Google Earth

### Bosques y pastos con árboles en territorios indígenas

De la totalidad del bosque, en el 10,4% (2383,76 km<sup>2</sup>) se encuentra en territorios indígenas (Cuadro 1 y Figura 13). Las mayores extensiones se concentran el Caribe central y sur y en el Pacífico sur. Los cabécares, bribris y bruncas dominan, respectivamente, el 62,4%, 25,4% y 5,6% de los bosques en territorio indígena. En cuanto a las áreas de pasto con árboles, el 4,5% (321,10 km<sup>2</sup>) se encuentran en territorios indígenas (Cuadro 3 y Figura 14). Los cabécares concentran el 37,3% de los pastos con árboles, en tanto que los bribris poseen un 28,4% y los bruncas un 5,6%.



**Cuadro 1.** Extensión de bosques y pasto con árboles en territorios indígenas de Costa Rica

Clase	Área nacional			En territorio indígena	
	No. puntos	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Bosques *	4772	22.898,78	44,79	2383,76	10,4
Pastos con árboles	1487	7135,48	13,96	321,10	4,5

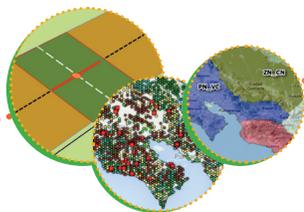
\* Incluye bosque deciduo maduro y secundario.

Fuente: Elaborado a partir de malla de puntos de Ortiz (2013) y capa de territorios indígenas suministrada por el Sinac.



### Bosques y pastos con árboles en áreas silvestres protegidas

El 35,4% de los bosques maduros y secundarios (8100 km<sup>2</sup>) se encuentran en áreas silvestres protegidas (Figura 15, Cuadro 2). Las principales concentraciones de bosques están en el flanco oriental de la vertiente caribe: cordilleras de Guanacaste, Tilarán, Volcánica Central y Talamanca. El mayor bloque de bosque compacto de Costa Rica se encuentra en la cordillera de





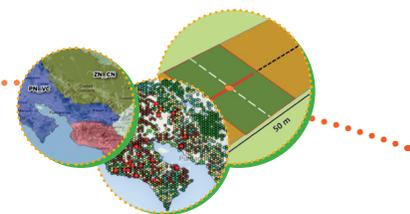
Talamanca, la cual se caracteriza por la ausencia de caminos, ríos caudalosos, fuertes pendientes y presencia de comunidades indígenas. Las áreas silvestres protegidas (ASP) también albergan el 10,25% (724,58 km<sup>2</sup>) de los pastos con árboles (Figura 16), con una mayor concentración en los parques nacionales de Santa Rosa, Guanacaste y Los Quetzales, la zona protectora río Toro, la Reserva Forestal Pacuare y el Refugio de Vida Silvestre Barra del Colorado.

**Cuadro 2.** Extensión de bosques y pasto con árboles en áreas silvestres protegidas de Costa Rica

Clase	Área nacional			En ASP	
	No. puntos	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Bosques*	4772	22.898,78	44,79	8.100,00	35,4

\* Incluye bosque deciduo maduro y secundario.

Fuente: Elaborado a partir de malla de puntos Ortiz (2013) y archivo de ASP suministrado por el Sinac.





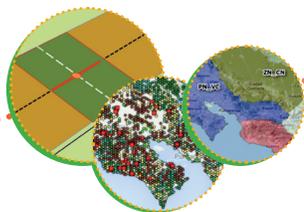
**Figura 15.** Puntos de la malla de Ortiz (2013) clasificados como bosque maduro, secundario y deciduo ubicados en ASP de Costa Rica

Fuente: Basado en Ortiz (2013) y archivo de ASP suministrado por el Sinac.



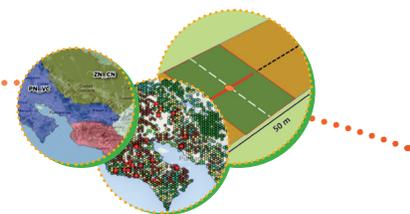
**Figura 16.** Puntos de la malla de Ortiz (2013) clasificados como pasto con árboles ubicados en en ASP de Costa Rica

Fuente: Basado en Ortiz (2013) y archivo de ASP suministrado por el Sinac.



## Bibliografía

- Barlow, J.; Peres, C.A. 2004. Ecological responses to El Niño induced surface fires in central Brazilian Amazonia: management implications for flammable tropical forests (en línea). *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 359 (1443): 367–380. Disponible en: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/359/1443/367.full.pdf+html>
- Budowski, G. 1965. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional process (en línea). *Turrialba (CR)* 15(1): 40-42. Disponible en <http://cro.ots.ac.cr/rdmcnfs/datasets/biblioteca/pdfs/nbina-9029.pdf>
- Castro, K.L.; Sánchez-Azofeifa, G.A.; Rivard, B. 2003. Monitoring secondary tropical forests using space-borne data: implications for Central America (en línea). *International Journal of Remote Sensing* 24 (9):1852-1894. Disponible en: [http://eastfire.gmu.edu/Course/EOS759\\_06/readings/Castro2003.pdf](http://eastfire.gmu.edu/Course/EOS759_06/readings/Castro2003.pdf)
- Clark, D.; Clark, D.A. 1996. Abundance, growth and mortality of very large trees in neotropical lowland rain forest (en línea). *Forest Ecology and Management* 80(1-3):235-244. Disponible en <http://www.umsl.edu/~biology/files/pdfs/dave-clark/1996%20clarkandclark%20For%20Ecol%20Mgmt%20Very%20Large%20Trees.pdf>
- Denslow, J.S. 1980. Gap partitioning among tropical rain forest trees. *Biotropica* 12 (Supl. 1): 47-55.
- Denslow, J.S. 1987. Tropical rain forest gaps and tree species diversity (en línea). *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 18: 431-451. Disponible en: <http://artifex.org/~ecoreaders/lit/Denslow1987.pdf>
- Ewel, J. 1980. Tropical succession. *MalFNOld routes to maturity* (en línea). *Biotropica* 12: 2-7. Disponible en: <http://people.clas.ufl.edu/jackewel/files/ewel-biotropica-1980.pdf>
- Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 29 p. (Serie técnica. Informe técnico no. 188).
- Finegan, B. 1996. Pattern and process in neotropical secondary rain forest: the first 100 years of succession. *Trends in Ecology & Evolution* 11:119-124.
- Grime, J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory (en línea). *Am. Nat.* 111:1169-1194. Disponible en: <http://www.drivehq.com/file/df.aspx?isGallery=true&shareID=5052409&fileID=245272183>
- Guariguata, M.; Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics (en línea). *Forest Ecology and Management* 148(1-3): 185-206. Disponible en: Disponible en <http://hilo.hawaii.edu/uhh/faculty/ostertag/documents/GuariguataandOstertag.pdf>
- Hartshorn, G.S. 1978. Tree falls and tropical forest dynamics, p. 617-638. In P.B. Tomlinson & M.H. Zimmerman (eds.). *Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido.
- Hartshorn, G.S. 1980. Neotropical forest dynamics. *Biotropica* 12 (Supl. 1): 23-30.
- Kappelle, M.; Geuze, T.; Leal, M.E.; Cleef, A.M. 1996. Successional age and forest structure in a Costa Rican upper montane *Quercus* forest (en línea). *Journal of Tropical Ecology* 12:681-698. Disponible en: <http://dare.uva.nl/document/31266>
- Lewis, S.L.; Phillips, O.L.; Baker, T.R.; Lloyd, J.; Malhi, Y.; Almeida, S.; Higuchi, N.; Laurance, W.F.; Neill, D.A.; Silva, J.N.M.; Terborgh, J.; Torres Lezama, A.; Vásquez, Martínez, R.; Brown, S.; Chave, J.; Kuebler, C.; Núñez Vargas, P.; Vinceti, V. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots (en línea). The Royal Society. Published online 11 February 2004. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1693337/>
- Ortiz, E. 2013. Cartografía base para realizar el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica. Tercer Informe de Avance. Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD - CCAD - GIZ). SINAC-FONAFIFO San José, Costa Rica.
- Schnitzer Stefan, A.; Carson, W.P. 2001. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest (en línea). *Ecology* 82(4):913-919. Disponible en: <http://wolfweb.unr.edu/~ldyer/classes/396/schnitzer.pdf>
- Sinac/Programa REDD-CCAD-GIZ (Sistema Nacional de Áreas de Conservación/Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana). 2014. Manual de campo para el Inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas. Preparado por Jorge Fallas - consultor para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana. San José, Costa Rica. 74 p.
- Sinac/Programa REDD-CCAD-GIZ (Sistema Nacional de Áreas de Conservación/Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana). 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. San José, Costa Rica. 74 p.
- Vreugdenhil, D.; Meerman, J.; Meyrat, A.; Gómez, L.D.; Graham, D.J. 2002. Map of the Ecosystems of Central America: Final Report (en línea). World Bank, Washington, D.C. Disponible en [http://www.google.co.cr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&v ed=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.birdlist.org%2Fdownloads%2Fcam%2Fecosystemmapfiles%2Fecosystems\\_map\\_central\\_america\\_sp.doc&ei=mu8tUqvJJPo9gSkt4FQ&usg=AFQjCNGrakUx-d-Kq-bv0ZKu3t3wf6ChQQ&sig=44AnJRZhqfwpYCLmg5TTCw&bvm=bv.51773540,d.eWU](http://www.google.co.cr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&v ed=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.birdlist.org%2Fdownloads%2Fcam%2Fecosystemmapfiles%2Fecosystems_map_central_america_sp.doc&ei=mu8tUqvJJPo9gSkt4FQ&usg=AFQjCNGrakUx-d-Kq-bv0ZKu3t3wf6ChQQ&sig=44AnJRZhqfwpYCLmg5TTCw&bvm=bv.51773540,d.eWU)



## Anexo 2. Definiciones de bosque utilizadas en los mapas de cobertura forestal de Costa Rica

### Cobertura forestal

Para el IDA/PNUD/FAO (1965), el término cobertura forestal incluye las categorías siguientes: bosque primario, intervenido, secundario y plantaciones forestales. La cobertura forestal contiene áreas con grandes complejos forestales que abarcan, entre otros, tierras agrícolas y pastizales, y áreas parcial o totalmente cubiertas de bosques. Se excluyen, no obstante, las áreas cubiertas de mangle, palmas o arbustos montañosos.

Según IGN-MAG-SEPSA (1984), la cobertura forestal incluye bosque maduro, intervenido, secundario, charral/tacotal, bosque de palmas y manglar. Savitsky et al. (1998) y CCT-CIEDES (1998) también coinciden con dichas categorías.

Según el estudio de la GWB (1994) en la Región Huetar Norte de Costa Rica, la cobertura forestal incluye bosque primario, intervenido, secundario y plantaciones forestales.

Para el atlas de cobertura elaborado por IMN-Minae (1995), el término cobertura forestal incluye bosque maduro, intervenido, secundario, charral/tacotal y manglar.

### Bosque

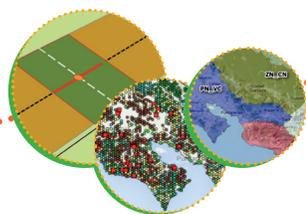
Según CCT-CIEDES (1988), el término bosque, por su parte, incluye al bosque maduro, secundario, manglar y palmar (*Raphia taedigera*). En esa obra, el bosque se define como una “masa forestal madura o secundaria, con una altura superior a los 6 m y una densidad de vegetación arbórea y arbustiva suficientemente alta, de forma que no crezca pasto en el sotobosque. Para el bosque seco esto significa la presencia de un estrato bajo de 2-3 m formado por arbustos y enredaderas”.

Para Sylvander (1978), el bosque es “un área con árboles de una altura mayor a 5 metros y con una cobertura de copas superior o igual al 50%”.

Según Ortiz (2014), “Bosque es un área de tierra con un tamaño mínimo de 1,0 hectárea, con una cobertura de dosel (copa) de más de 30%, con árboles con un potencial para alcanzar una altura mínima de 5 metros a su madurez *in situ*. Un bosque puede consistir de formaciones cerradas donde los árboles de varios estratos y sotobosque cubren una alta proporción del terreno, o de formaciones abiertas con cobertura del dosel (copa) de más de 30%. 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”. Se consideran como bosques el bosque maduro, bosque bajo manejo forestal, bosque natural secundario, plantaciones forestales, bosque intervenido, manglar, bosque de palmas.

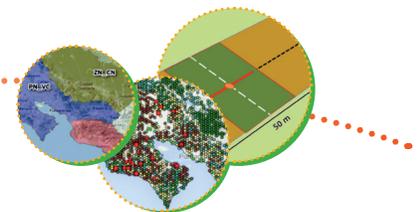
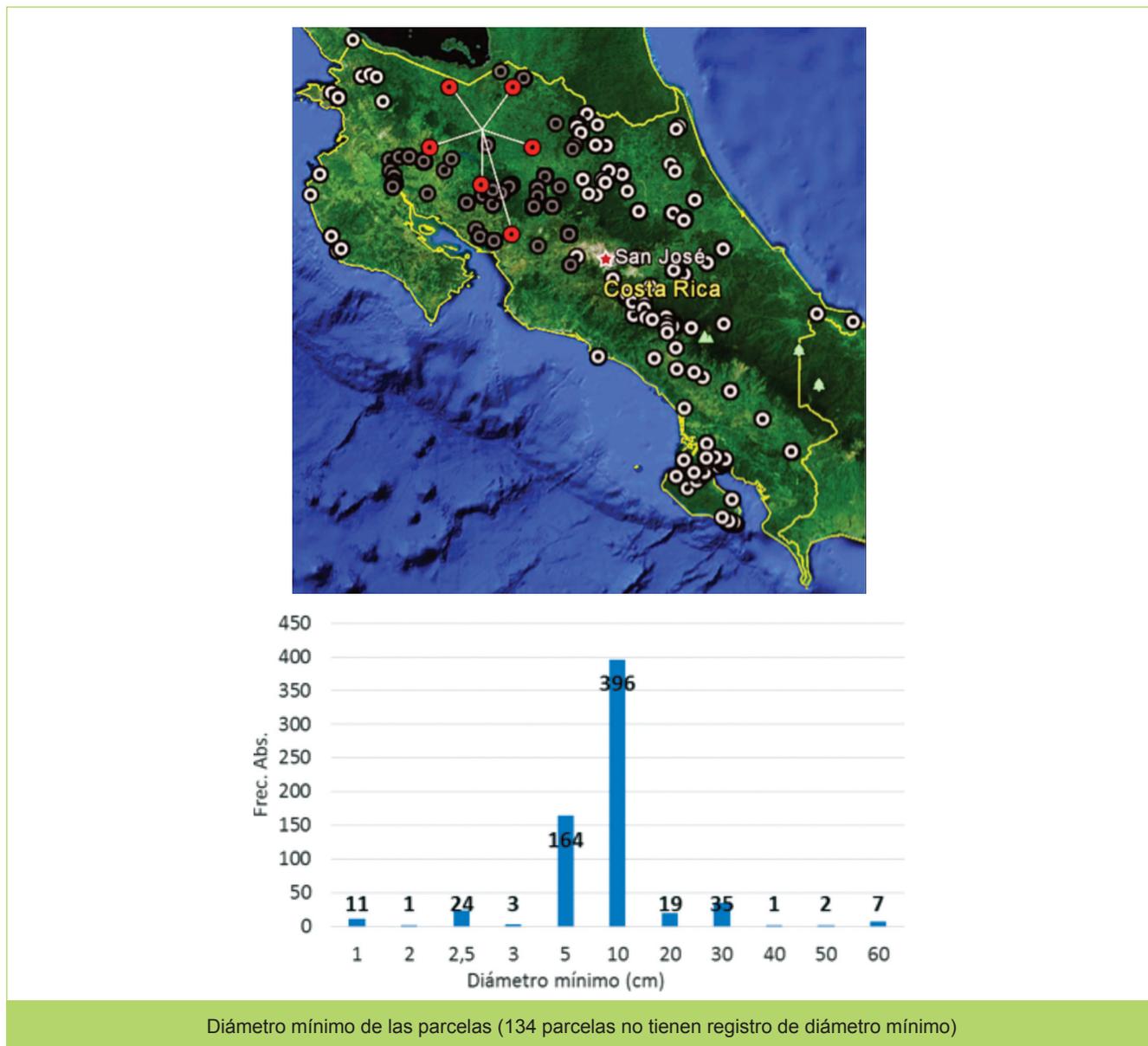
### Bibliografía

- CCT-CIEDES (Centro Científico Tropical y Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible). 1998. Estudio de cobertura forestal actual (1996/97) y cambio de cobertura para el período entre 1986/87 y 1996/97 para Costa Rica. Informe final. 19 p. + 3 anexos.
- GWB (Gesellschaft für Walderhaltung and Waldbewirtschaftung, mbH). 1994. Inventario Forestal de la Región Huetar Norte. Resumen de resultados. Cooperación técnica entre la República Federal de Alemania y la República de Costa Rica. Ciudad, país. 27 p.
- IDA/PNUD/FAO. 1965.
- IGN-MAG-SEPSA. 1984.
- IMN-MINAE (Instituto Meteorológico Nacional-Ministerio de Ambiente y Energía). 1995. Atlas de Cobertura de la Tierra y cambio de cobertura de la tierra 1979 y 1992. San José, Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional. 5p.
- Ortiz, E. 2014. Cartografía base para realizar el Inventario Nacional Forestal (INF) de Costa Rica. Informe Final Consolidado. Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD / CCAD / GIZ). San José, Costa Rica, SINAC-FONAFIFO. 40 p.
- Savitsky, B.G.; Fallas, J.; Vaughan, C.; Lacher, Jr. T.E. 1998. Wildlife and habitat data collection and analysis. Pp. 158-169. In Savitsky, B.G.; Lacher, Jr. T.E. (Ed.). GIS Methodologies for Developing Conservation Strategies. Tropical Forest Recovery and Wildlife Management in Costa Rica. Columbia University Press. New York. 242 p.
- Sylvander, R.B. 1978. Los bosques del país y su distribución por provincia. Desarrollo integral de los recursos Forestales. PNUD/FAO-COS/72/013. Dirección General Forestal. San José, Costa Rica. . 64p. (Documento de Trabajo No. 15).



## Anexo 3. Datos de parcelas compiladas por Ulate (2011)

Como parte de su trabajo de tesis de licenciatura en ingeniería forestal (ITCR), la autora reunió datos de parcelas publicados por 41 fuentes entre 1970 y 2010. Los autores con mayor número de parcelas fueron: Holdridge *et al* 1971 (22), Imbach *et al.* 2005 (17), Kappelle 2001 (11), Rodríguez 2001 (10), Quirós 2002 (8), Zamora 2010 (8) y Barrantes y Muñoz 1995 (7). De los 951 registros compilados por Ulate (2011), 797 poseen coordenadas geográficas; sin embargo, como se observa en la imagen, la ubicación asignada a la “parcela” no siempre es única. Es evidente que, para algunos datos, el posicionamiento es más bien indicativo de la vecindad donde se encuentra la parcela.



## Datos de biomasa

Los 951 datos de biomasa reportados por Ulate (2011) fueron calculados de la siguiente manera:

**Método 1:** para 728 parcelas con datos de AB (m<sup>2</sup>/ha), la biomasa se calculó mediante la fórmula de Ortiz (2010):

$$Y = 0,15948 * X^2$$

Donde, Y = biomasa (t/ha); X = área basal (m<sup>2</sup>/ha)

**Método 2:** para 62 parcelas con datos de volumen por hectárea, la biomasa se calculó con el método de Brown (1997). Dicho método consiste en:

$$\text{La densidad de la biomasa aérea (t/ha)} = \text{VOB} * \text{WD} * \text{BEF}$$

Donde, WD = densidad media ponderada por volumen de madera<sup>1</sup> (1 de biomasa secada en horno por m<sup>3</sup> de volumen verde); BEF = factor de expansión de biomasa (relación de la biomasa sobre el suelo de árboles secados en horno con la biomasa del volumen de fustes inventariado secada en horno).

Cuando no se encontró el dato de densidad de la madera de ciertas especies forestales, se utilizó una media aritmética de 0,60 (t/m<sup>3</sup> o g/cm<sup>3</sup>) recomendada por Brown (1997) para especies desconocidas.

El factor de expansión de la biomasa aérea (BEF) se determinó mediante las siguientes ecuaciones (Brown y Lugo 1992):

$$\text{BEF} = \exp \{3,213 - 0,506 \text{Ln} * (\text{BV})\} \text{ para } \text{BV} < 190 \text{ t/ha } 1,74; \text{ para } \text{BV} \geq 190 \text{ t/ha}$$

Donde, BV = biomasa aérea del volumen inventariado en t/ha, calculada como el producto de VOB/ha (m<sup>3</sup>/ha) y densidad de la madera (t/m<sup>3</sup>).

**Método 3:** para 23 parcelas con datos de diámetro a la altura del pecho (d, cm), la biomasa se calculó con la fórmula de Ortiz *et al.* (2010).

$$Y = 0,1491 * d^{2,3494}$$

Donde, Y = biomasa (kg/ha); d = diámetro a 1,3 m de altura (cm)

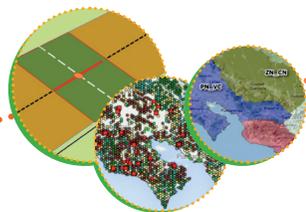
**Método 4:** para 26 parcelas con datos de diámetro a la altura del pecho (d, cm) y altura total (m), la biomasa se calculó con la fórmula de Ortiz (1997).

$$\text{Esciófitas } bt = 0,01689 * d^{1,6651} * ht^{1,4412}$$

$$\text{Heliófitas y esciófitas parciales } bt = 0,01363 * d^{1,8528} * ht^{1,2611}$$

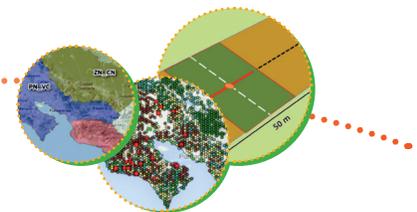
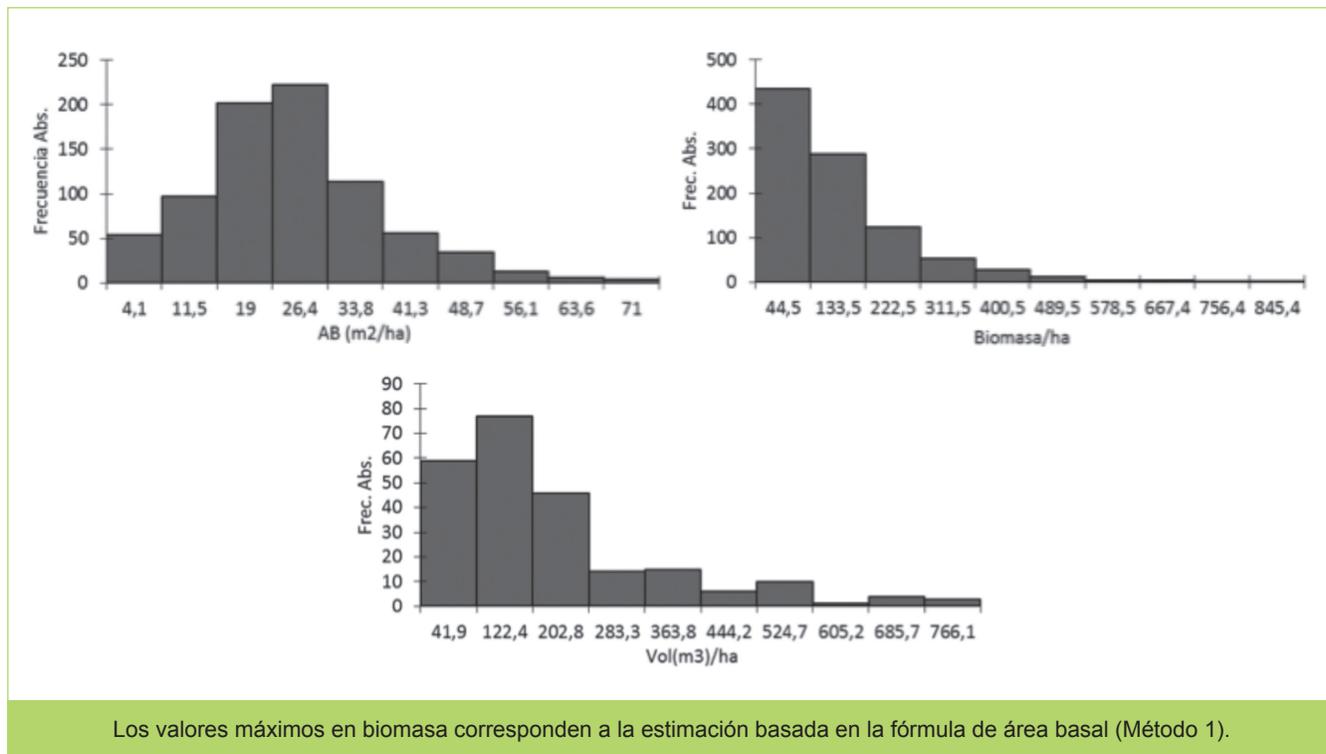
**Método 5:** para 139 parcelas, la autora calculó la biomasa; sin embargo, en la tesis (Ulate 2011) no se menciona la fórmula utilizada para el cálculo.

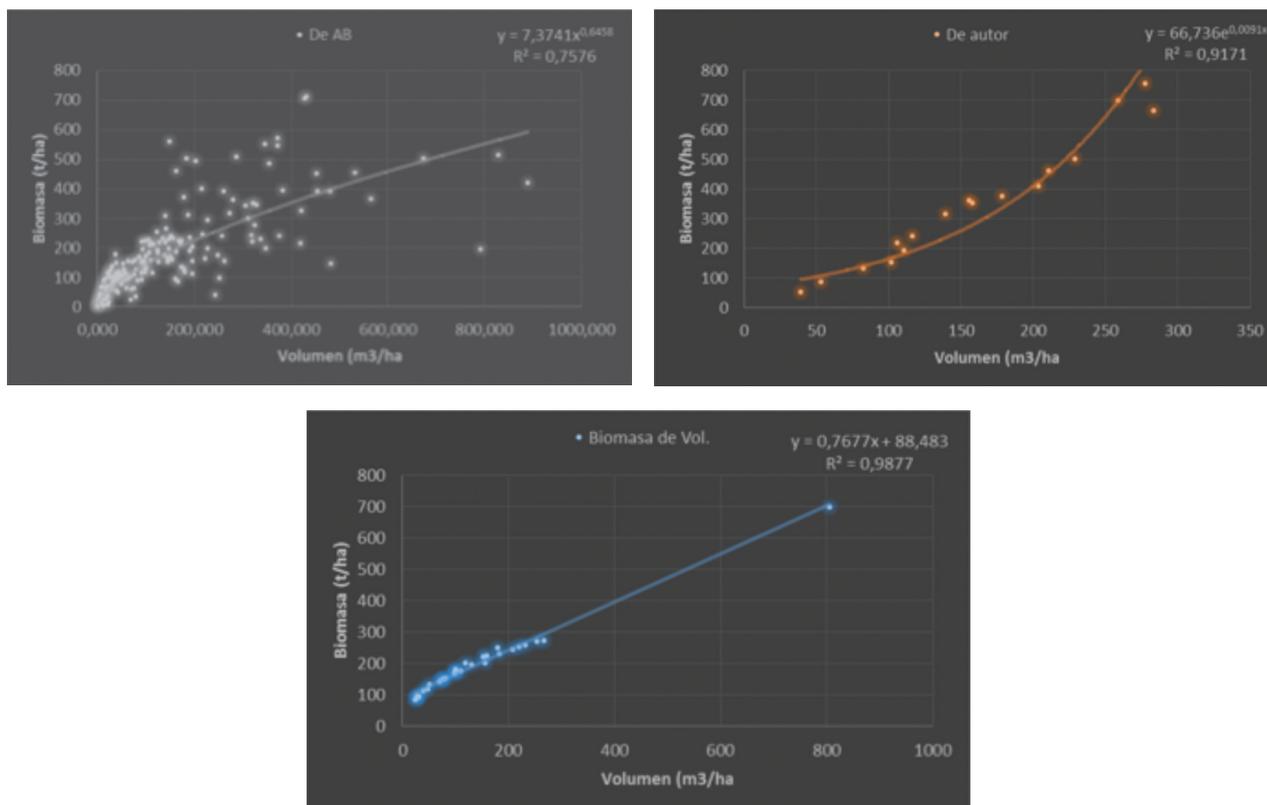
<sup>1</sup> Volumen de fustes inventariados secados al horno



Estadísticos descriptivos para el set de datos de Ulate (2011)

Volumen (m <sup>3</sup> /ha)		Área basal (m <sup>2</sup> /ha)		Biomasa (t/ha)	
n	235	n	802	n	951
Media	187,76	Media	25,24	Mean	131,23
S	161,96	S	12,15	St Dev	120,38
CV %	86,30	CV %	48,20	CV %	91,70
Asimetría	1,60	Asimetría	0,76	Asimetría	2,07
Curtosis	2,63	Curtosis	1,05	Curtosis	6,29
10% Tr media	171,15	10% Tr media	24,64	10% Tr media	117,89
Error estándar	10,56	Error estándar	0,43	Error estándar	3,90
Min	1,66	Min	0,37	Min	0,02
Q1	82,36	Q1	17,94	Q1	52,80
Mediana	146,66	Mediana	23,93	Mediana	97,20
Q3	231,53	Q3	31,05	Q3	173,75
Máx	806,34	Máx	74,70	Máx	889,91

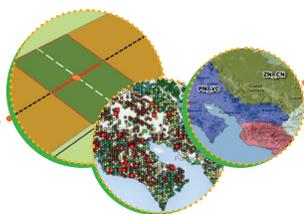




Estas gráficas ilustran la relación entre volumen (m<sup>3</sup>/ha) y biomasa (t/ha), así como el efecto aparente del método de cálculo de biomasa: método 1 (área basal), método 2 (densidad de la biomasa aérea), método 5 (interpretación de Fallas, J).

## Bibliografía

- Barrantes, C.; Muñoz, J. 1995. Inventario del recurso maderable y de dos especies no maderables, *Zamia skinneri* y *Reinhardtia gracilis* para dos fincas en Baja Talamanca, Limón, Costa Rica. Lineamientos para su manejo. Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica, ITCR. 54 p.
- Brown, S.; Lugo, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17:8-18.
- Holdridge, L.R.; Grenke, W.C.; Hatheway, W.H.; Liang, T.; Tosi, J.A. 1971. *Forest Environments in Tropical Life Zones*. New York, Estados Unidos, Pergamon Press.
- Imbach, P.; Coto, O., Salinas, Z. 2005. Valoración de los recursos biomásicos en Costa Rica usando Sistemas de Información Geográfica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 41 p. (Informe Técnico no. 340).
- Kappelle, M. 2001. Bosques nublados del neotrópico: Costa Rica. *In*. Kappelle, M.; Brown, D. Heredia, Costa Rica, InBio. 704 p.
- Rodríguez Fuentes, A.M. 2001. Análisis de la composición y estructura arborea para un bosque en Las Lagunas de Palmital, San Ramón, Alajuela. Práctica de Especialidad. Cartago, Costa Rica, ITCR. 93 p.
- Ortiz, E. 2010. Estimación de biomasa arriba del suelo usando área basal en bosques tropicales de la península de Osa, Costa Rica. *In* Congreso Agropecuario y Forestal (13th, 2010, San José, Costa Rica). San José, Costa Rica.
- Ortiz, E.; Vélchez, B.; Chazdon, R. 2010. Estimación de biomasa arriba del suelo usando diámetro y altura en bosques tropicales de la Península de Osa. Cartago, Costa Rica, ITCR. (en preparación).
- Quirós Brenes, K. 2002. Composición florística y estructural para el bosque primario del Hotel La Laguna del Lagarto Lodge, Boca Tapada de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Práctica de especialidad. Cartago, Costa Rica, ITCR. 91 p.
- Ulate Quesada, C.A. 2011. Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica, ITCR. 61 p.
- Zamora Ávila, M. 2010. Caracterización de la flora y estructura de un bosque transicional húmedo a seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago, Costa Rica, ITCR. 116 p.



## Anexo 4. Inventario Forestal Piloto 2001

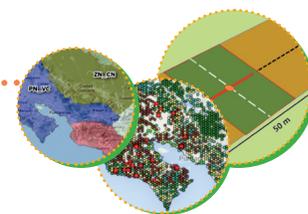
El inventario forestal piloto realizado en el 2001 fue una iniciativa que formó parte del Programa FAO-FRA. Para el trabajo de campo, se seleccionaron 40 sitios de muestreo, de los cuales se visitaron y midieron 34. En un conglomerado solo fue posible establecer una parcela circular por razones topográficas y (en menor medida) por un accidente en el campo del equipo de trabajo; tres conglomerados no pudieron ser completados por problemas de acceso: en el conglomerado 76, se midieron solo dos subparcelas, en el 78 tres y en el 80 una; finalmente en el conglomerado 126 no se pudo medir una subparcela porque el dueño de la propiedad denegó el acceso.

Para los árboles fuera del bosque (pasto con árboles) se utilizó una parcela de 250 m donde se midieron todos los árboles con un dap >10 cm. Los árboles con dap >30 cm se midieron en parcelas rectangulares de 150-250 x 20 m (3000-5000 m<sup>2</sup>) y los árboles de 10 a 30 cm dap se midieron en un parcela anidada de 20 x 10 m (400 m<sup>2</sup>).

La subparcela de 150 m se amplió a 250 m si terminaba fuera de bosque, indistintamente de la clase de uso de la tierra; por lo tanto, se midió no solo el área no forestal, sino también las zonas forestales que se encontraran en la parcela extendida. El esfuerzo de planificación de la parcela extendida es bajo y el tiempo adicional requerido para la medición se estimó entre 30 y 90 minutos, dependiendo del uso del suelo y la densidad de la cubierta arbórea encontrada.

En la parcela de 250 m, el área de bosque aumentó de 21,69 ha a 24,58 ha (13%), en comparación con la parcela de 150 m; sin embargo, el área de árboles fuera del bosque aumentó de 19,44 ha en la parcela de 150 m a 32,03 ha en la parcela de 250 m, lo que representa una diferencia de 65%. A pesar de que la precisión de las estimaciones de área basal, volumen y densidad de árboles mejoró con la extensión de las subparcelas fuera del bosque, se encontró que esta mejora es marginal y, por lo tanto, no se justifica el esfuerzo adicional. De hecho, Kleinn et al. (2001) no recomiendan ampliar el tamaño de la parcela.

El tiempo máximo requerido para medir un conglomerado fue de diez días (Corcovado), con un total de cinco días para el trabajo de campo (1,25 días por subparcela). El trabajo de campo de los conglomerados ubicados en plantaciones de banano y piña se midieron en 2,5 días (0,625 días por subparcela). Aparte de Corcovado, las condiciones de campo más difíciles fueron las de Tapantí, Pejibaye y Chirripó; ninguno de los conglomerados pudo completarse debido a las dificultades para trasladarse de una subparcela a la otra.

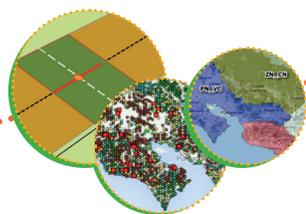


Tiempo requerido para realizar diversas tareas requeridas por el IFP

Actividad	Tiempo/días
<b>1. Trabajo de preparación (CATIE)</b> Ortorrectificar fotos aéreas Georreferenciar mapas Identificar coordenadas Imprimir fotos y mapas Preparar formularios	1
<b>2. Trabajo de campo (cuadrilla de campo)</b> Planear y planificar gira Primera visita (contactos) Contactar a dueño y entrevista 1-2 dueños 3-4 dueños Ingreso y retorno del conglomerado Acceso difícil Acceso fácil Mediciones Bosque en terreno montañoso Bosque en terreno plano Pasto con árboles o plantación forestal Pasto con pocos árboles o plantación forestal Supervisión de campo Preparativos para la gira Acceso difícil Acceso fácil	0,5 1 1 1,5 1,5 1 8 hr/parcela 5 hr/parcela 4 hr/parcela 2 hr/parcela 0,5 3,5 2,5
<b>3. Oficina</b> Ingreso y procesamiento de datos Crear archivo excel Procesar geodatos Catálogo fotográfico Revisión y control de calidad de base de datos (completar datos y geodatos, digitar, verificar inconsistencias, crear archivo en base de datos)	0,5 0,5 0,5 2,5

Fuente

Kleinn, C., Ramírez C.; Chaves, G.; Lobo Sonia. 2001. Pilot forest inventory in Costa Rica for the Global Forest Survey (GFS) Initiative of FAO FRA. Report to FAO FRA. FAO-CATIE-SINAC. 46 p. Disponible en <http://www.fao.org/forestry/15543-0194951258eb2f005a62668ebc1b7553d.pdf>



## Anexo 5. Bosque maduro: un vistazo en imágenes de alta resolución



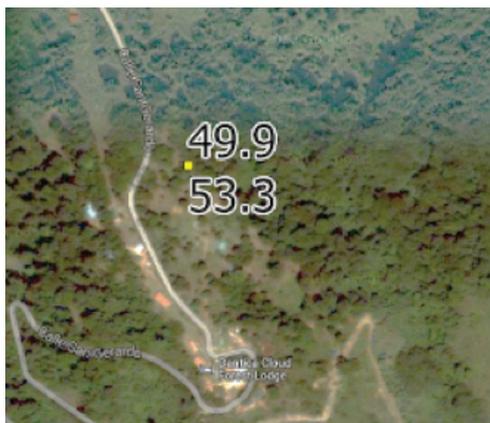
Santa Rosa, parcela 2000 m<sup>2</sup>



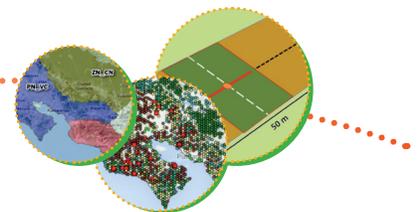
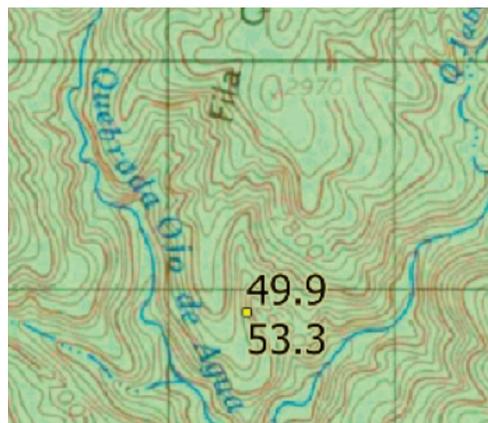
Cureña, Boca Tapada, Zona Norte, parcela 20.000 m<sup>2</sup>



Monteverde, parcela 1000 m<sup>2</sup>

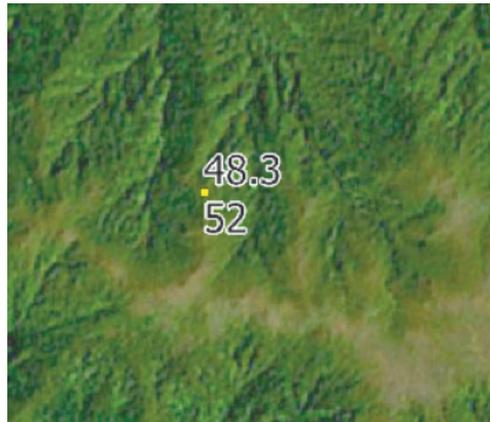


San Gerardo de Dota, parcela 100 m<sup>2</sup>

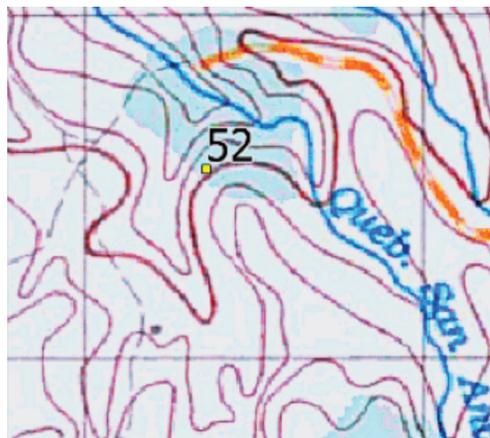




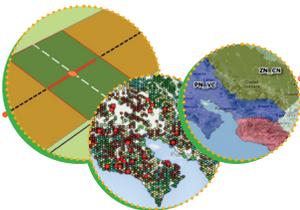
La Selva, parcela 400 m<sup>2</sup>. La ubicación no corresponde a ningún parche de bosque; posiblemente la ubicación real sea en el parche que se observa al norte o al sur.



Cordillera de Talamanca, parcela 500 m<sup>2</sup>. Existen dos parcelas con las mismas coordenadas.

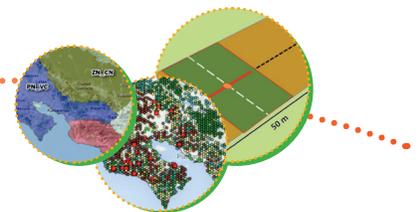


Reserva Forestal Alberto Brenes, parcela 10.000 m<sup>2</sup>. Observe que el parche de bosque existe en el mapa 1:50.000 del IGN.

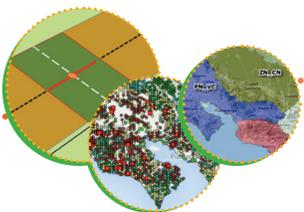
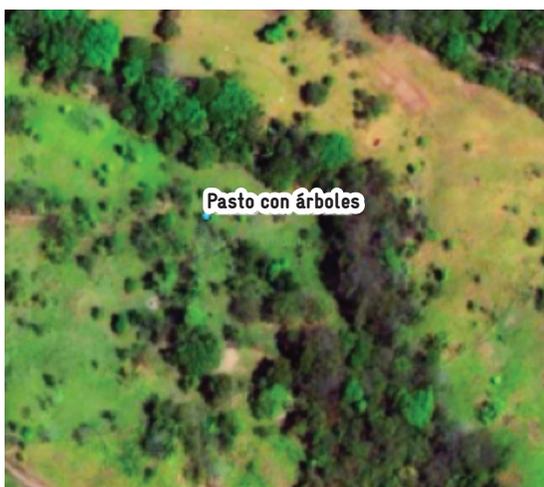


## Anexo 6. Pasto con árboles: un vistazo en imágenes de alta resolución

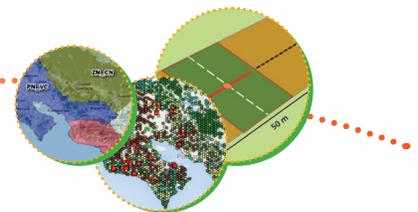
Pacífico Sur

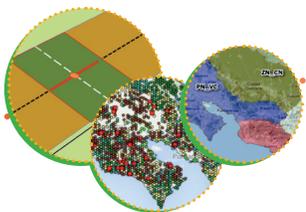


Pacífico central: zona montañosa Cangrejal, Floralia, Toledo

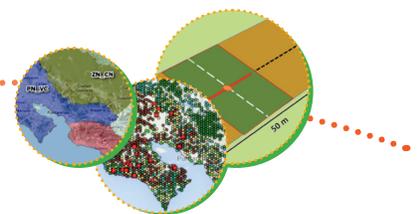


Pacífico norte: cuenca baja del río Grande de Tárcoles

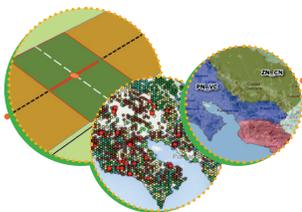




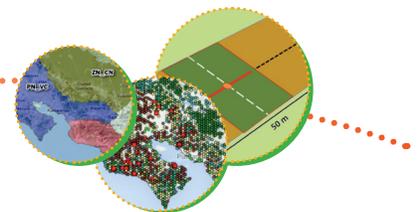
Pacífico norte: península de Nicoya



## Pacífico norte y Zona Norte: La Cruz

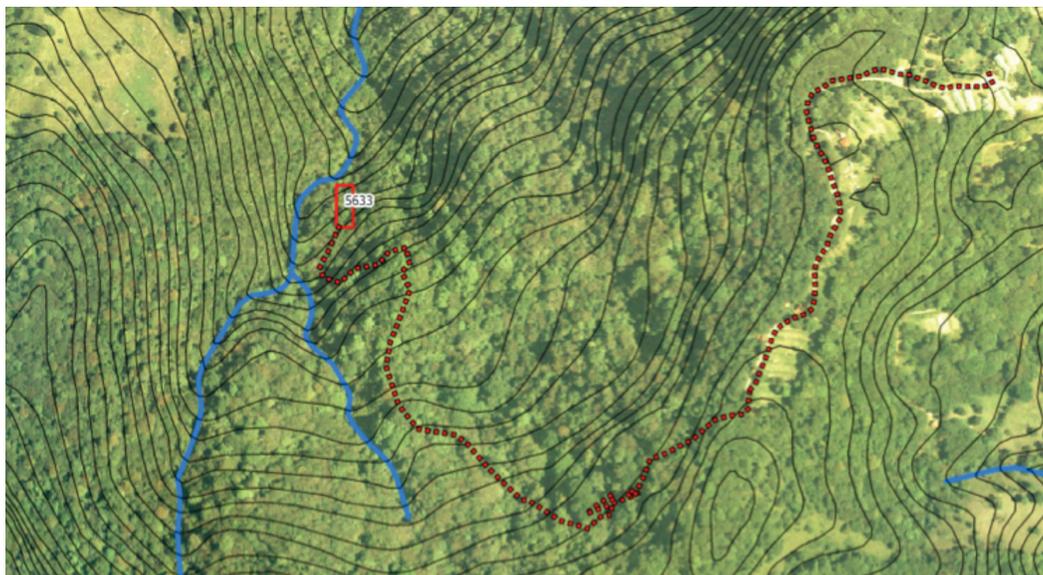


## Caribe

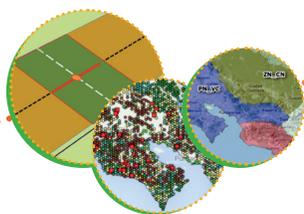


## Anexo 7. Planificación de la ruta de acceso

Las ortofotos a escala 1:1000 y 1:5000, la cartografía oficial a escala 1:50.000 y las curvas de nivel disponibles en línea como servicio OGC del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT; <http://snitcr.org/>), así como las imágenes y mapas de Google Earth fueron excelentes insumos para planificar la ruta de acceso inicial a cada una de las parcelas. A continuación se ilustra la sinergia del uso del receptor de posicionamiento global satelital (GPS) y los insumos del SNIT en la ubicación de la parcela 5633 (Pacífico Norte y Valle Central).



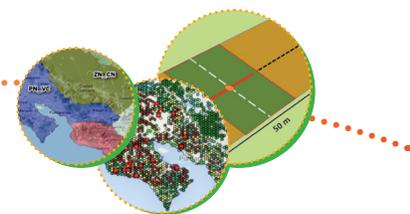
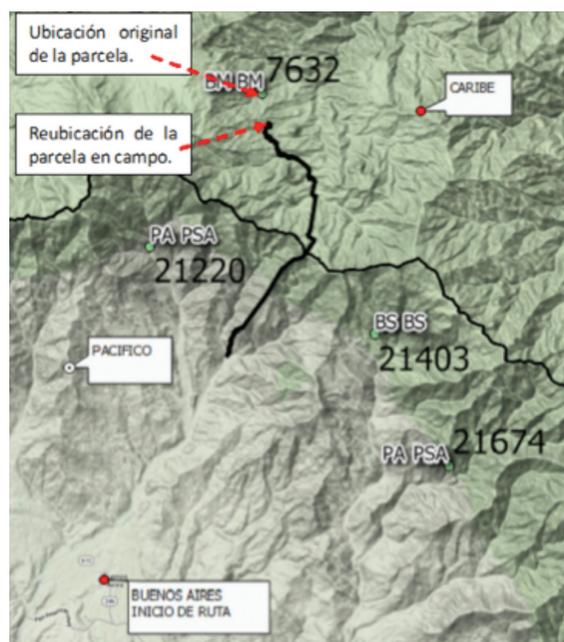
Los puntos rojos corresponden a registros de GPS y muestran el recorrido realizado a pie desde el sitio de parqueo del vehículo hasta la parcela.

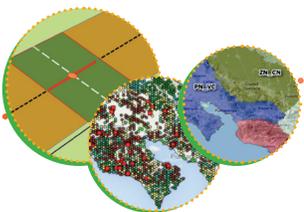
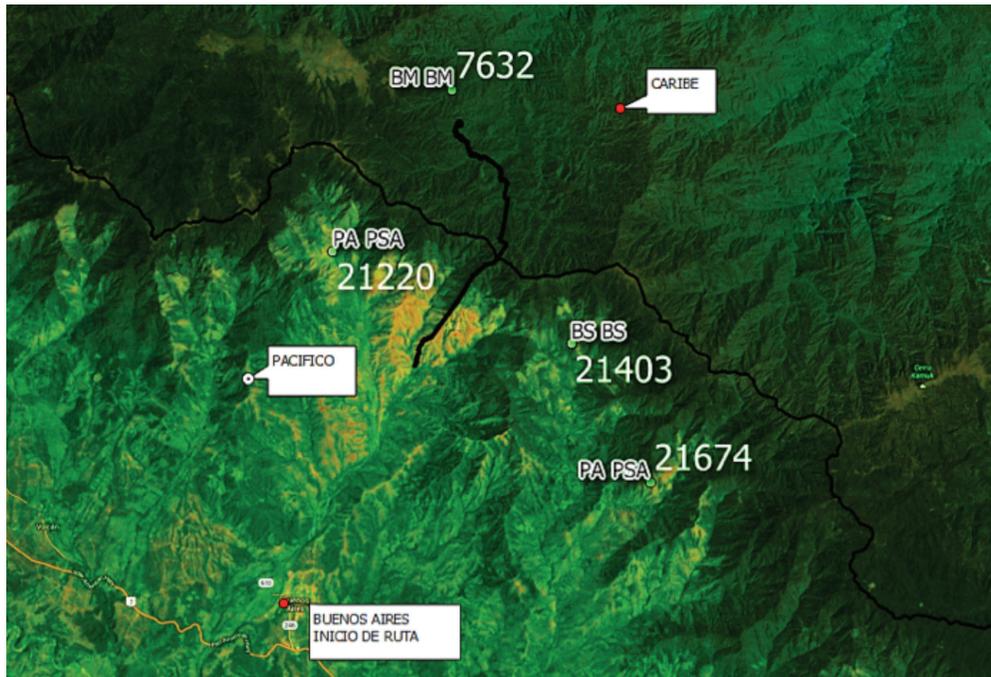


## Anexo 8. Tiempo requerido para el establecimiento de una parcela de difícil acceso (Fase I)

Para ilustrar la dificultad del acceso a sitios remotos, como el de la parcela 7632 (BM), a continuación se transcribe la bitácora del jefe de cuadrilla Víctor Araya. El tiempo de traslado (ida y vuelta) a la parcela, incluido el descanso, fue de siete días. La parcela fue establecida a 1,8 km al sur de la ubicación original del punto 7632.

- 15 dic 2013. Salida de Sarapiquí y llegada a Buenos Aires de Osa. Se contacta a Ónix Cordero Rivera y a Enrique Blanco Piedra, se conversa sobre la ruta. Esa noche se pernocta en Buenos Aires.
- 16 dic 2013. Se parte de Buenos Aires en vehículo hasta El Guanacaste, en la Reserva Indígena Ujarrás. Inicia el recorrido a pie; se atraviesa la línea transtalamanca y ese mismo día se llega al rancho ubicado a orilla del río Lori en Talamanca.
- 17 dic 2013. Inicia el recorrido desde el rancho en busca del punto 7632. Se recorrió todo el trayecto del río y acampamos al lado de un río sin nombre.
- 18 dic 2013. Continuamos con ruta hasta llegar al punto en donde se instaló la parcela. El GPS se humedeció y las pilas comenzaron a fallar; aparentemente, se perdió la configuración ya que el puntero del compás no coincidía con la línea que indicaba donde se encontraba el punto. Tomando en cuenta que nos encontrábamos mal orientados, el exceso de precipitación, que el GPS estaba húmedo por dentro y que las pilas estaban mojadas, se tomó la determinación de montar la parcela en el sitio según coordenadas adjuntas en el informe. Allí mismo se instala el campamento para iniciar regreso el día siguiente (DSC00163).
- 19 dic 2013. Como ya existía el trillo por donde habíamos subido, ese mismo día logramos llegar hasta el rancho ubicado en el río Lori. Ahí pasamos la noche.
- 20 dic 2013. Se regresa a Buenos Aires y se continua hasta Pérez Zeledón, donde se pasa la noche.

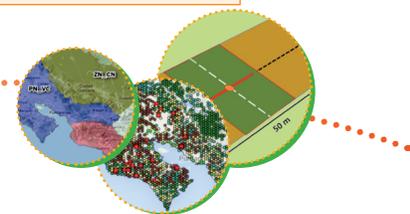




## Anexo 9. Curso de capacitación para la Fase I IFN-CR

Inventario Forestal Nacional - Costa Rica  
 Centro de capacitación Oikumene, Tres Ríos, Cartago  
 21 – 24 octubre 2011  
 Programa

Día	Hora	Actividad	Responsable
21 octubre	8:00 - 9:00 am	Arribo, acomodo y logística	Sitio de reunión
	9:00 - 9:30 am	Bienvenida, presentación de participantes	Gilbert Canet, Director del IFN
	9:30 - 10:00 am	Organigrama y actores institucionales en el IFN (Sinac, Fonafifo, GIZ)	Gilbert Canet, Director del IFN
	10:00 - 10:30 am	Receso	
	10:30 am – 12:00 m	Antecedentes, objetivos y productos esperados del IFN	María Isabel Chavarría, Coordinadora técnica del IFN
	12:00 - 1:00 pm	Almuerzo	
	1:00 - 3:00 pm	Manual dendrológico	Nelson Zamora
	3:00 - 3:30 pm	Receso	
	3:30 - 5:00 pm	Práctica dendrológica	Nelson Zamora
	6:00 - 10 pm	Diseño de muestreo y asignación de parcelas	Jorge Fallas
Logística, comunicación y toma de decisiones en la fase de campo y control de calidad		Jorge Fallas	
22 octubre	8:00 - 10:00 am	Entrega de equipo a cada cuadrilla; verificar funcionamiento y firmar la hoja de recibido. Instalar software en tabletas	Mauricio Castillo N.
	10:00 – 10:30 am	Receso	
	10:30am – 12:00 m	Planificar las rutas de acceso a cada parcela	Apoyo de Mauricio Castillo en SIG
	12:00 - 1:00 pm	Almuerzo	
	1:00 - 3:00 pm	Protocolo de suelos para biomasa (suelos y necromasa menor)	Inisefor-UNA
	3:00- 3:30 pm	Receso	
	3:30- 5:00 pm	Planificar las rutas de acceso a cada parcela	Apoyo de Mauricio Castillo - SINAC, en SIG
	6:00 - 10 pm	Manual de campo	Jorge Fallas
Diseño de muestreo, diseño de parcela, variables a cuantificar. Mecanismos de comunicación y gestión durante campaña de campo.		Jorge Fallas	
23 octubre	8:00 am	Establecimiento y medición de parcela. Entrega de equipo a cada cuadrilla.	Jorge Fallas y Sinac
24 octubre	8:00 am	Procesamiento de datos de la parcela. Digitar datos en plantilla de excel, enviar archivo de excel a Gilbert Canet, María Isabel Chavarría y Jorge Fallas	Jorge Fallas
	4:00 pm	Cierre del evento	Gilbert Canet



## Anexo 10. Curso de capacitación para la Fase II IFN-CR

**Inventario Forestal Nacional - Costa Rica**  
**Hotel La Condesa, San Rafael, Heredia**  
**1 y 2 de mayo 2014**  
**Programa**

Día	Hora	Actividad	Responsable
1 mayo	8:00 - 9 am	Arribo, acomodo y logística	Sitio de reunión
	9:00 - 9:30 am	Bienvenida, presentación de participantes	Gilbert Canet- Director del IFN
	9:30- 10:00 am	Manual dendrológico y procedimientos de campo	Nelson Zamora
	10:00 - 10:30 am	Receso	
	10:30 am -12 m	Manual dendrológico y procedimientos de campo	Nelson Zamora
	12:00 - 1:00 pm	Almuerzo	
	1:00 - 3:00 pm	Revisión de cuestionarios finales (papel) y hojas de excel. Variables a mensurar	Jorge Fallas
	3:00 - 3:30 pm	Receso	
	3:30 - 5:00 pm	Codificación de archivos (shapes, excel). Registro de puntos de parcela y recorridos. Diseño de muestreo, diseño de parcela, variables a cuantificar. Mecanismos de comunicación y gestión durante campaña de campo. Toma de decisiones en la fase de campo y control de calidad.	Jorge Fallas
2 mayo	8:00 - 10:00 am	Uso de instrumentos	Héctor Castañeda
	10:00 - 10:30 am	Receso	
	10:30 - 12 m	Uso de instrumentos	Héctor Castañeda
	12:00 - 1:00 pm	Almuerzo	
	1:00 - 3:00 pm	Uso de instrumentos	Héctor Castañeda
	3:00 - 3:30 pm	Receso	
	3:30 - 4:30 pm	Lecciones aprendidas por las cuadrillas en fase de premuestreo. Formato y contenido del informe final	Jorge Fallas
	4:30 - 5:00 pm	Cierre del evento	Gilbert Canet

