

Volumen 2

MANUAL DE CAMPO

Inventario forestal nacional de Costa Rica

Diseño de parcela y medición
de variables de sitio y dasométricas

A stylized illustration of a forest landscape. The background is a light green gradient. In the foreground, there are several trees with rounded canopies in shades of green and yellow. A prominent tree in the center has a reddish-brown trunk. The overall style is soft and illustrative.

2014

Esta publicación presenta el Manual de campo para el inventario forestal nacional de Costa Rica: Diseño de parcela y medición de variables de sitio y dasométricas, en el marco 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). Componente III de Monitoreo y Reporte del Programa.

634.920.972.86

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

Manual de campo inventario forestal nacional de Costa Rica: diseño de parcela y medición de variable de sitio y dasométricas volumen 2 / SINAC, Programa REDD/CCAD- GIZ, FONAFIFO ; Jorge Fallas G. - - San José, Costa Rica : Programa REDD/CCACD-GIZ, 2014 74 p. : 28 cm.

ISBN: 978-9977-50-112-3

1. BOSQUES. 2. MANEJO FORESTAL 3. INVENTARIOS. 4. SECTOR FORESTAL 1. Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación en Bosques en Centroamérica y Republica Dominicana II. Fallas G., Jorge

Publicado por
Programa REDD/CCAD-GIZ

Oficina Registrada
Apartado Postal 755
Bulevar, Orden de Malta, Edificio GIZ,
Urbanización Santa Elena,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad
El Salvador, C.A.

Responsable técnico GIZ
Abner Jiménez
Especialista Sectorial
Programa REDD para América Central y República Dominicana
<http://www.reddccadgiz.org>

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

Responsables técnicos nacionales
Comité Técnico Director del INF - Costa Rica:

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC):
Gilbert Canet Brenes – Director del Inventario Forestal Nacional (IFN)
María Isabel Chavarría E. – Coordinadora Técnica IFN
Mauricio Castillo Núñez – Especialista en Teledetección IFN
Carlos Varela Jiménez

Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (Fonafifo):

Alberto Méndez
María Elena Herrera
Guisella Quirós
Javier Fernández

Contribuciones

El desarrollo metodológico fue realizado por María Isabel Chavarría, Ingeniera Forestal (Sinac); Mauricio Castillo, Ingeniero Forestal (Sinac); Jorge Fallas, Ingeniero Forestal (Consultor); Patricio Emanuelli, Ingeniero Forestal (Sud-Austral Consulting); Fabián Milla A., Ingeniero Forestal (Sud-Austral Consulting); Abner Jiménez, Ingeniero Forestal, GIZ- Programa Regional REDD-CCAD-GIZ - Responsable de Componente III - REDD-CCAD-GIZ.

Edición de estilo:
Elizabeth Mora Lobo



Contenido

1. Introducción	5
1.1 El Inventario forestal nacional y sus objetivos	5
1.2 Definición de bosque	6
2. Estratos de uso y cobertura	7
2.1 Bosque maduro	7
2.2 Bosque secundario	9
2.3 Plantaciones forestales	14
2.4 Pasto con árboles	14
2.5 Humedales: bosques de palmas y manglares	14
3. Diseño del muestreo sistemático estratificado	19
3.1 Elementos del diseño de muestreo	19
3.1.1 Población, marco y unidades de muestreo	19
3.1.2 Muestreo sistemático estratificado	19
3.1.3 Distribución de la muestra	21
3.2 La cuadrilla de campo	22
3.2.1 Responsabilidades del jefe(a) de cuadrilla	22
3.2.2 Responsabilidades del especialista en dendrología	23
3.2.3 Responsabilidades del mensurador(a)	24
3.2.4 Responsabilidades del baqueano y asistente local	24
3.2.5 Responsabilidades del personal del Sinac	25
3.3 Diseño de la parcela y medición de variables	25
3.3.1 Caracterización del sitio de muestreo	25
3.3.2 Diseño de la parcela y variables a cuantificar	26
3.4 Pasos para la ubicación de la parcela	34
3.5 Establecimiento de la parcela y registro de datos	38
3.5.1 Ubicación del punto de inicio de la UMP	38
3.5.2 Trazado perpendicular al eje longitudinal de la UMP para establecer el vértice suroeste	39
3.5.3 Trazado perpendicular al eje longitudinal de la UMP para establecer el vértice sureste	42
3.5.4 Delimitación de la unidad de muestreo secundaria	42
3.5.5 Demarcación del trayecto para medir madera muerta caída	43



3.5.6	Delimitación de la unidad de muestreo para medir especies herbáceas	47
3.5.7	Determinación del punto final del eje longitudinal de la UMP	47
3.5.8	Determinación del vértice oeste de la UMP	48
3.5.9	Determinación del vértice este de la UMP	48
3.5.10	Medición y posicionamiento de árboles con dap sobre 10 cm en la UMP	49
3.5.11	Verificación de la información y materiales	50
3.6	Tareas en oficina	51
Literatura citada		53
Anexo 1. Codificación de variables		55
Anexo 2. Formularios de campo		57
Anexo 3. Árboles en el límite de la parcela		65
Anexo 4. Corrección de distancia por pendiente		66
Anexo 5. Reglas para la medición del dap		68
Anexo 6. Reglas para la medición de altura total y comercial		70
Anexo 7. Criterios para el establecimiento de la parcela		72



1. Introducción

El inventario forestal nacional tiene como fin cumplir con dos competencias de la Administración Forestal del Estado. Por un lado, se busca materializar el mandato del Art. 6, inciso h) de la Ley Forestal no. 7575, el cual dice: *“realizar el inventario y la evaluación de los recursos forestales del país, de su aprovechamiento e industrialización”*, como un insumo básico para la planificación de las tierras forestales; por otro lado, se busca establecer la base para el sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) de la estrategia REDD propuesta por el país (propuesta de preparación al proceso REDD “Readiness Preparation Proposal, R-PP”). 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 e informar de los cambios en la cobertura forestal y en el carbono almacenado; ambos de fundamental importancia para el MRV de la estrategia REDD¹.

En este documento se describen los protocolos que se van a utilizar para el establecimiento de las parcelas y la medición de las variables del sitio y dasométricas del IFN.

1.1 El inventario forestal nacional y sus objetivos

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 de monitoreo, reporte y verificación para 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 inventario forestal nacional es administrado con un Comité Director, conformado por funcionarios del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (Sinac) y del Fondo Nacional de Inversiones Forestales (Fonafifo). La función de este Comité es orientar las actividades de la Administración Forestal del Estado (AFE) para que se cumpla con los objetivos establecidos para el IFN y los mecanismos acordados de MRV de REDD.

¹ http://www.forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/Costa%20Rica%20FCPF%20REDD%20Readiness%20Progress%20Sheet_March%202012.pdf



1.2 Definición de bosque

En el contexto del IFN y del MRV de REDD, se tomó como base la definición de bosque ofrecida por Costa Rica para los proyectos de mecanismo de desarrollo limpio (MDL) y consensuada mediante talleres realizados en setiembre y noviembre de 2011 (Sinac-Fonafifo 2011a y b). A continuación se detallan las definiciones de bosque adoptadas por ambos mecanismos. Nótese que la diferencia entre las dos definiciones es más técnica que conceptual. La primera aclara que se trata de la “cobertura de dosel (o el equivalente en densidad)”, en tanto que la segunda no considera la equivalencia en densidad, sino que pone el énfasis en una cobertura de más del 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) y 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 definición adoptada para el IFN y MRV-REDD es compatible con las definiciones legales de bosque y ecosistema boscoso adoptadas por Costa Rica en el Art. 3 de la Ley Forestal no. 7575 del 13 de marzo de 1996 (Alcance 21, La Gaceta no. 72-16 de abril 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)”.

“**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”.



2. Estratos de uso y cobertura

En el Cuadro 1 se listan las clases de uso y cobertura (estratos) que se consideran en el IFN. Las áreas fueron estimadas a partir de la malla de puntos preparada por Ortiz (2013) mediante imágenes *RapidEye* con una resolución de 5 metros. Las clases de mayor interés para el IFN son el bosque maduro, secundario, palmas, plantaciones forestales y mangle (47,38%) y los pastos con árboles (13,96%).

Cuadro 1. Clases de uso y cobertura de los suelos en Costa Rica

Estrato	No. puntos	EE	Área		Grandes clases
		km ^{2**}	km ²	%	
Bosque maduro	2652	106,85	12 725,81	24,88	44,79% 22 898,78 km ²
Bosque secundario*	2120	88,25	10 172,97	19,91	
Pastos con árboles	1487	64,15	7135,48	13,96	
Bosques de palmas	123	5,72	590,22	1,16	
Plantaciones forestales	81	3,77	388,68	0,76	
Rodales de mangle	71	3,32	340,7	0,67	
Sombra de nubes	352	16,13	1689,1	3,31	11,81% 6031,81 km ²
Nubes	905	40,28	4342,71	8,5	
No forestal	1630	69,78	7821,67	15,31	26,85% 13 714,32 km ²
Páramo	24	1,15	115,17	0,23	
Pastos sin árboles	1204	52,76	5777,48	11,31	
Total	10649		51 100	100	

Fuente: Elaborado a partir de malla de puntos (Ortiz 2013). El método de cálculo asume que las proporciones son un fiel reflejo de la distribución espacial de cada clase.

*Incluye bosque deciduo.

**Error estándar = $\text{Área} \cdot \sqrt{\frac{\pi \cdot (1-\pi)}{n-1}}$, donde A: área total, pi: ni/n, Ai: área de clase de uso-cobertura i, ni: número de puntos en clase de uso-cobertura i, n: total de puntos.

2.1 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 (± 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.





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

Fotos: Jorge Fallas, consultor

2.2 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 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).

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_2 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).





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)

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 multispectrales 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 fisonomía, 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.



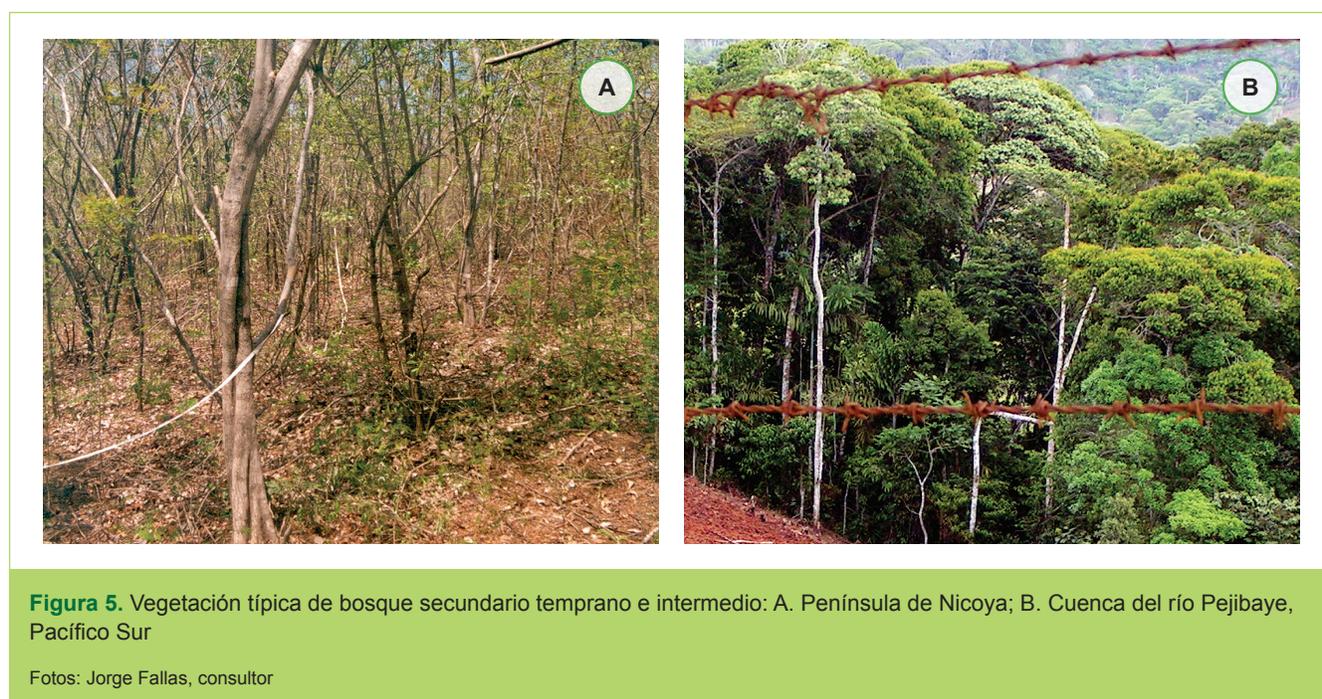
Figura 4. Proceso de sucesión inicial: A. pasto abandonado (piso montano, cordillera de Talamanca); B. Remoción total de la vegetación leñosa utilizando un tractor con el propósito de "recuperar" la capacidad productiva de los pastos en la Península de Nicoya; C. Ladera al lado de un camino que sufrió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

Fotos: Jorge Fallas, consultor



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 heliófilas 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).



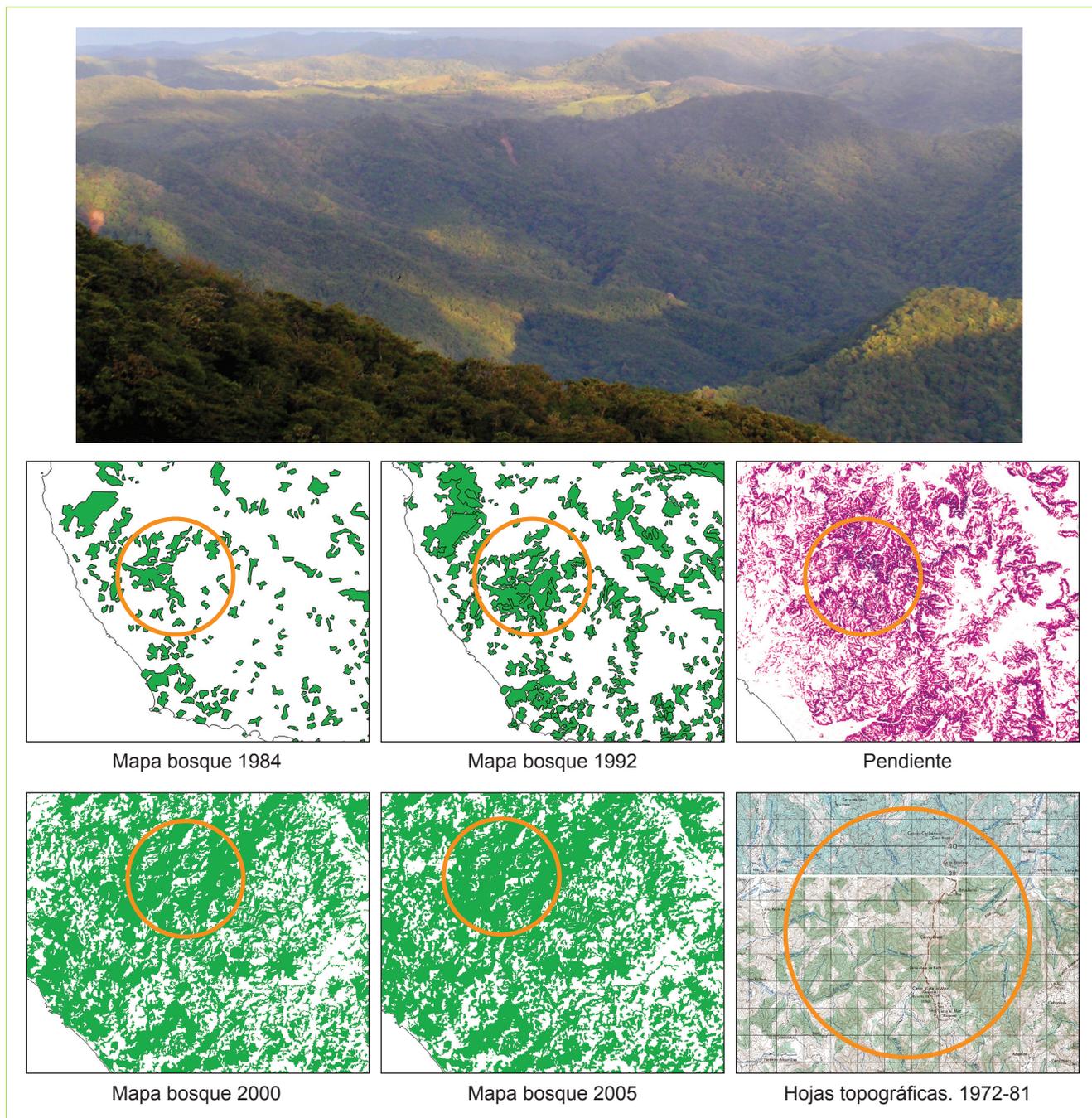


Figura 6. Recuperación del bosque en el cerro Vista al Mar-Carboneras y sus estribaciones en la península de Nicoya, Guanacaste. Este bosque se conecta con el Parque Nacional Diriyá. Al fondo se observa el paisaje dominado por lomas y pastos de las tierras bajas de la península. Las hojas topográficas Diriyá y Cerro Brujo escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional muestran el área con cobertura boscosa en su cartografía de 1972-1981. La imagen ilustra la dificultad de utilizar los mapas disponibles de uso-cobertura para estudiar el proceso de sucesión natural en Costa Rica.

Foto: Jorge Fallas, consultor



2.3 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).



2.4 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”*.

2.5 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:



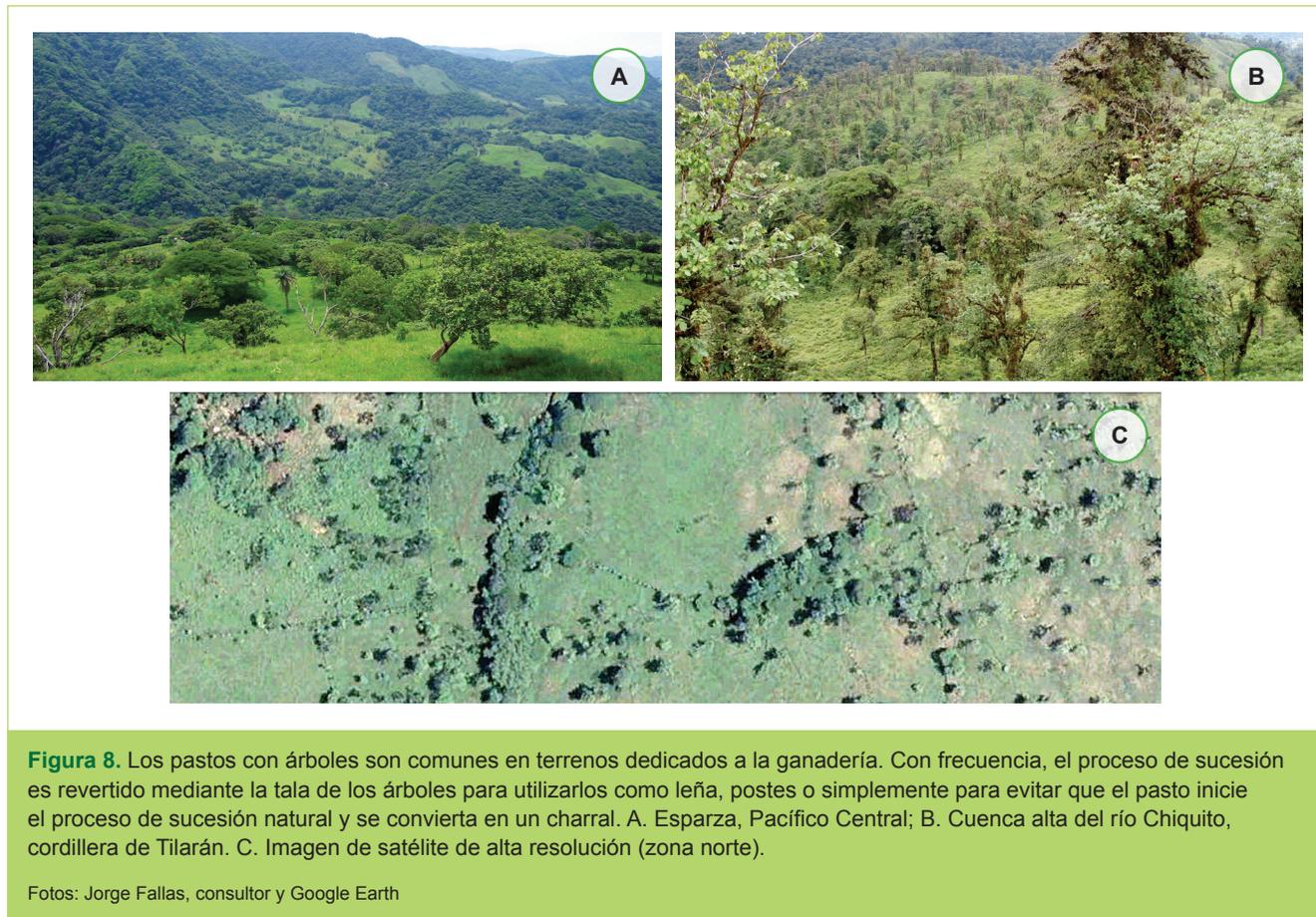


Figura 8. Los pastos con árboles son comunes en terrenos dedicados a la ganadería. Con frecuencia, el proceso de sucesión es revertido mediante la tala de los árboles para utilizarlos como leña, postes o simplemente para evitar que el pasto inicie el proceso de sucesión natural y se convierta en un charral. A. Esparza, Pacífico Central; B. Cuenca alta del río Chiquito, cordillera de Tilarán. C. Imagen de satélite de alta resolución (zona norte).

Fotos: Jorge Fallas, consultor y Google Earth

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 copaiifera*), orey (*Camptosperma 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.



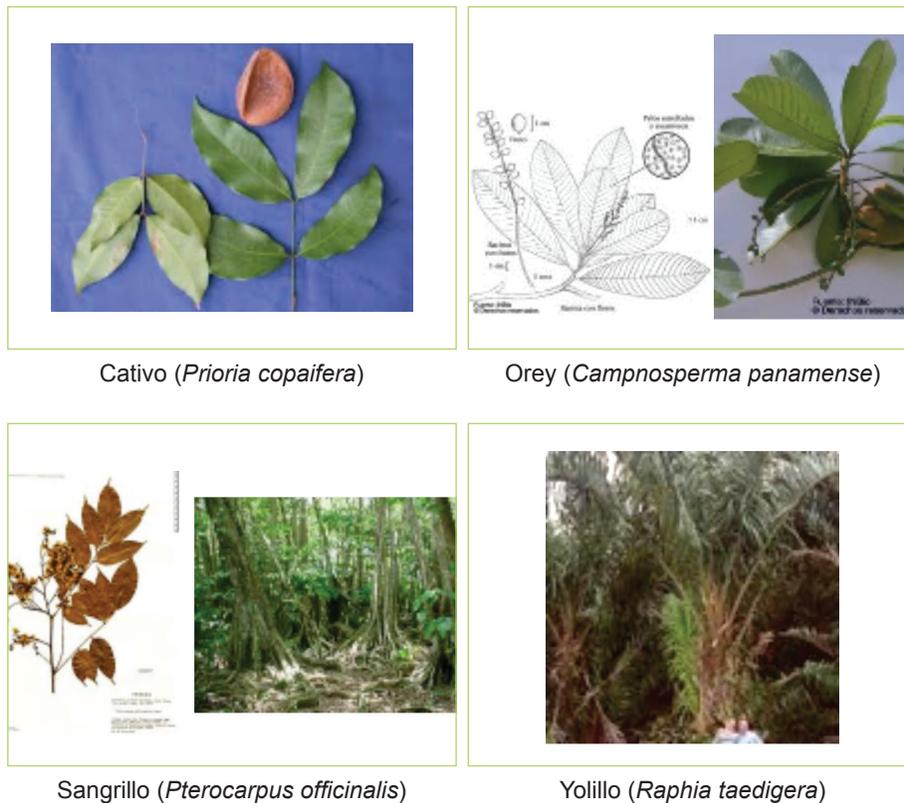


Figura 9. Vegetación asociada con el bosque anegado o inundado por agua dulce

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



3. Diseño del muestreo sistemático estratificado

El diseño de muestreo es la estrategia que se utiliza para definir la muestra de una población; para ello se siguen varios pasos como la determinación de la población, las unidades de muestreo y el método utilizado para obtener la muestra (Cochran 1977).

3.1 Elementos del diseño de muestreo

3.1.1 Población, marco y unidades de muestreo

La población es el conjunto de entidades o unidades de muestreo que poseen una o más características cuantificables en común. Para el caso del inventario forestal de Costa Rica, la población se considera infinita y está conformada por los polígonos de uso-cobertura delineados por Sinac-GIZ (2014) a partir de las imágenes *RapidEye*. Sin embargo, dado que al momento de iniciar el IFN la información todavía no está disponible, para la elección de la muestra se utilizará un *marco muestral* conformado por una malla de 10 166 puntos con una equidistancia de 2500 metros que cubren el territorio terrestre de Costa Rica (Figuras 13 y 14). 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 o 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'.

3.1.2 Muestreo sistemático estratificado

Este es un procedimiento estadístico utilizado para seleccionar las unidades de muestreo cuando la población a muestrear es muy heterogénea, pero con estratos homogéneos en su interior y heterogéneos entre sí. Una vez dividida la población en estratos o subpoblaciones, se asigna de manera sistemática a cada estrato el número de muestras que se va a medir (n). Esta forma de asignar la muestra se utiliza con frecuencia en inventarios forestales por su simplicidad y facilidad de distribuir y ubicar las muestras en el campo y porque ofrece una cobertura más homogénea de la población, comparado con su contraparte el muestreo aleatorio (Czaplewski *et al.* 2004).

El diseño se materializa como una cuadrícula regular con distancias iguales entre unidades de muestreo. Para evitar sesgos en los valores de los estimadores (estadísticos), se debe trazar la red de muestreo de tal forma que no sea paralela a rasgos o patrones sistemáticos del terreno –por ejemplo, una cadena montañosa o la línea de costa–.

La principal desventaja del muestreo sistemático es que se debe considerar una serie de supuestos para estimar el error de muestreo y calcular el intervalo de confianza asociado a las estimaciones realizadas. El muestreo no es aleatorio y, por lo tanto, no existe un método seguro para estimar el error y la precisión del muestreo. Para aplicar el método se selecciona la primera unidad de muestreo al azar; para las siguientes se sigue un patrón fijo y constante –p.e., cada décima unidad–. Esto implica que una vez elegida la primera muestra, las otras quedan automáticamente definidas. Dado que no es posible obtener un estimador no sesgado de la varianza de la media a partir de solamente una muestra sistemática, el valor se aproxima utilizando el estimador respectivo del muestreo simple al azar (Cochran 1977).



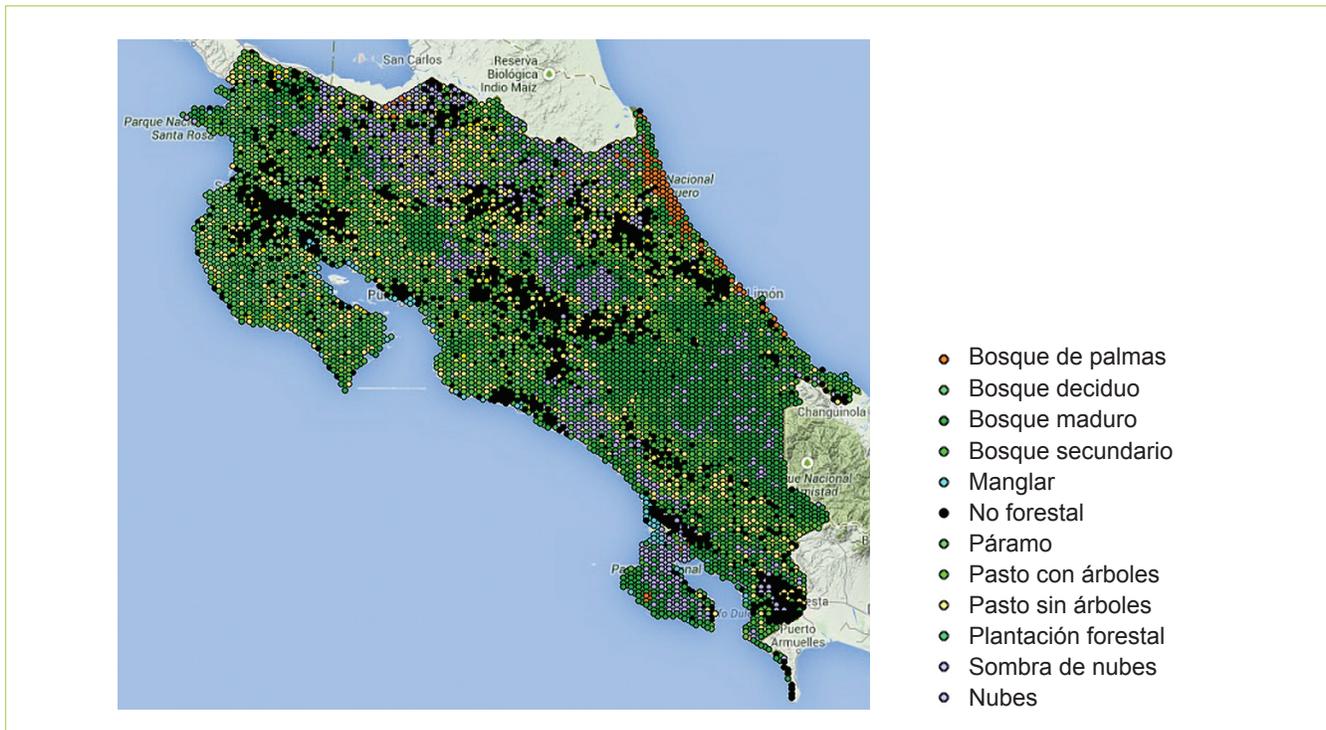


Figura 13. Marco de muestreo constituido por 10 166 puntos con una equidistancia de 2500 metros

Fuente: Basado en datos de Ortiz (2013)

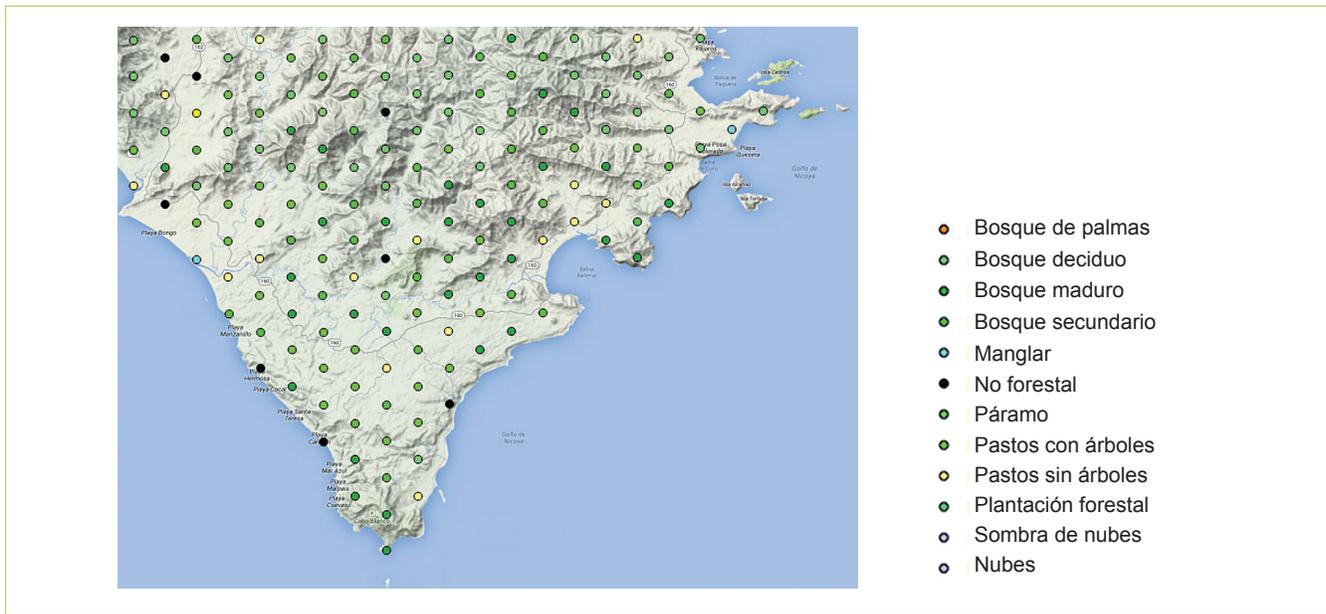


Figura 14. Detalle del marco de muestreo en la península de Nicoya

Fuente: Basado en datos de Ortiz (2013)



3.1.3 Distribución de la muestra

La representatividad de la muestra es fundamental para lograr resultados fidedignos. Una muestra pequeña bien distribuida es mucho más eficiente que muestras de gran tamaño mal distribuidas². Las fórmulas estadísticas parten de la premisa de que la muestra es representativa de la población, lo cual se logra con una buena distribución de las parcelas. Para el caso del muestreo sistemático, la superficie a inventariar es cubierta por una malla o cuadrícula de puntos equidistantes y se trata de evitar cualquier patrón espacial que puede sesgar la estimación de los parámetros de interés de la población. La distancia entre los puntos de la cuadrícula depende tanto del área a muestrear como del número de puntos de muestreo:

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

En donde:

d= distancia entre puntos (km)

A= área o superficie a muestrear (km²)

n= número de unidades de muestreo

Una vez definida la distancia y creada la cuadrícula, se enumera cada punto de forma consecutiva y luego se eligen los puntos que formarán parte de la muestra. En situaciones de extrema dificultad por condiciones de terreno o de acceso, se tomará como criterio final de elección del sitio a muestrear, la menor distancia a otros puntos ubicados en el mismo estrato y condiciones ambientales. La distancia entre puntos de muestreo para el IFN de Costa Rica se muestra en el Cuadro 2. La distribución del número de parcelas es proporcional a la superficie del estrato; en nuestro caso, se considera la variabilidad de cada uno de los tipos de bosques (estado sucesional, mangle, yolillo, plantación forestal y pasto con árboles).

Cuadro 2. Distancia entre puntos de muestreo por clase de uso-cobertura para el premuestreo del IFN de Costa Rica

Estrato	No. puntos	km ²	%	n*	d
Bosque maduro	2652	12725,81	24,88	24	23
Bosque secundario	2120	10172,97	19,91	46	15
Pasto con árboles	1487	7135,48	13,96	246	5
Bosque de palmas	123	590,22	1,16	5*	11
Plantación forestal	81	388,68	0,76	126	2
Manglar	71	340,7	0,67	84	2

* valor estimado *a priori* para el cálculo de la distancia

n: tamaño de la muestra

d: equidistancia (km) entre puntos de muestreo

Fuente: Fallas (2013)

² El lector interesado podrá encontrar detalles sobre el cálculo del tamaño de la muestra en Fallas (2013).



3.2 La cuadrilla de campo

La típica cuadrilla para el trabajo de campo se conforma con las siguientes personas:

Persona	Nivel educativo
Ingeniero(a) forestal, actúa como jefe de cuadrilla	Bachiller o licenciado en ingeniería o ciencias forestales
Dendrólogo(a)	Bachiller o licenciado en botánica, biología o ingeniería forestal, especialista en la identificación de plantas arbóreas, lianas, helechos y herbáceas
Mensurador	Técnico medio contratado para toda la campaña de campo
Baqueano o guía local	Trabajador agropecuario conocedor del área a muestrear
Asistente de campo	Trabajador agropecuario

En casos calificados se contará con un asistente de campo adicional para el transporte de materiales o suministros requeridos para acampar o para alguna tarea específica del inventario. La contratación del personal no profesional se hará en cada localidad a muestrear y la duración de la misma no excederá 1 o 2 días.

Para la medición de parcelas que se ubican dentro de reservas indígenas o cercanas a ellas, la contratación de personal de apoyo indígena debe ser un requisito en la conformación de las cuadrillas. Asimismo, si hubiese profesionales forestales o baqueanos que pertenezcan a pueblos indígenas deben ser tomados en cuenta de manera prioritaria para cubrir los puestos requeridos, siempre y cuando su formación responda a las necesidades del cargo.

3.2.1 Responsabilidades del jefe(a) 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 necesarios.
- 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 director de la campaña de campo.
- Decidir y documentar cualquier cambio técnico al diseño de muestreo o de registro de datos.
- Entregar al director de campaña 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

El/la regente encargado de la ejecución del trabajo de campo debe presentar uno o más informes parciales que incluyan los siguientes aspectos:

- 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 Sinac.
- Recomendaciones por escrito de modificaciones a los formularios de campo.

3.2.2 Responsabilidades del especialista en dendrología

- Identificar las especies arbóreas, lianas, helechos arborescentes y otras plantas dentro de la parcela 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 con el coordinador de dendrología del IFN a la identificación de individuos que no se logró identificar durante el levantamiento de campo.
- Informar al jefe de cuadrilla de cualquier cambio que se pretenda realizar en el protocolo; este, a su vez, deberá informar al coordinador general de dendrología.
- Apoyar al jefe de cuadrilla en las tareas requeridas para el establecimiento y mediciones dasométricas de la parcela.

Productos

El/la regente encargado de la identificación botánica para el IFN deberá presentar al coordinador de dendrología uno o más informes parciales que incluyan los siguientes aspectos:

- 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 de dendrología del IFN del Herbario Nacional, en el que se 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 Sinac.
- Recomendaciones por escrito de modificaciones a los formularios de campo.

3.2.3 Responsabilidades del mensurador(a)

Debe ser preferiblemente 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 pertenecer a la etnia residente en 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 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 jefe de cuadrilla por el equipo de medición y materiales asignados.
- Consultar al jefe de cuadrilla, en caso de duda, acerca de la pertenencia o no de un árbol a la parcela.
- Acatar las indicaciones del 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).

3.2.4 Responsabilidades del baqueano y asistente local

El baqueano 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 pertenecer a la etnia residente en donde se ubica la parcela. Las funciones de estos trabajadores son las siguientes:

- Abrir las de picas de acceso a las parcelas.
- Colaborar estrechamente con el mensurador en la demarcación de las unidades de muestreo primarias, secundarias, terciarias y cuaternarias y de madera muerta caída.
- Colaborar estrechamente con el dendrólogo en la identificación de especies y en la recolección y transporte de muestras botánicas.
- Acatar las indicaciones del 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.



3.2.5 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. Los funcionarios del Sinac serán responsables de 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 jefe de cuadrilla de campo, los cuales lo 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 los jefes de cuadrilla y dendrólogos; gestionar su contratación.
- Ingresar los datos al programa +bosque (análizador terrestre de recursos forestales) o equivalente.

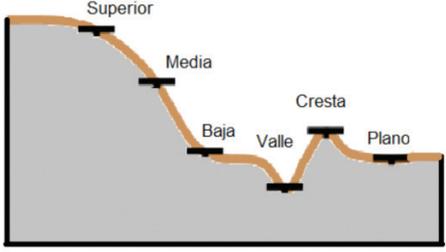
3.3 Diseño de la parcela y medición de variables

3.3.1 Caracterización del sitio de muestreo

Con el fin de ayudar en el procesamiento de los datos, así como en la posible reclasificación de los sitios muestreados y la verificación del inventario, en cada sitio se debe recopilar la información siguiente:

Variable	Descripción
Localidad	Provincia, cantón, distrito, localidad
Integridad del bosque: alteraciones naturales y antrópicas ³	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia o evidencia de: • derrumbes • efectos de huracanes, vendavales o tornados • inundaciones (ríos, mareas) • incendios forestales • intervenido (p.e. tocones, senderos, degrado) • no intervenido (sin alteración evidente) • manejo forestal
Estado sucesional ³	<ul style="list-style-type: none"> • Bosque maduro • Bosque secundario



<p>Pendiente y posición topográfica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pendiente del terreno medida en porcentaje, en sentido sur-norte en el trayecto utilizado para medir madera muerta caída (20 m) • Posición topográfica: superior, media, baja, valle, cresta, plano 	
<p>Áreas de protección hídrica³</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Río • Quebrada • Arroyo • Naciente • Lago 	
<p>Estrato</p>	<p>Según malla de puntos y en campo</p>	

3.3.2 Diseño de la parcela y variables a cuantificar

El IFN de Costa Rica utilizará un sistema de parcelas con diferentes dimensiones (Figura 15) según sea la variable que se quiera mensurar (Sánchez-Monge 2013, Sinac-Fonafifo 2011):

1. Unidad de muestreo primaria (UMP) 20 m x 50 m, 1000 m²
 - Identificar y medir los individuos con dap superior a 10 cm; las lianas, bejucos y similares solo se identifican a nivel de forma de vida.
 - Estimar, para todos los individuos, la altura en clases de 5 m. Medir la altura total y comercial de al menos 10 individuos de la UMP (uno por clase diamétrica de 10 cm); anotar el valor en el formulario de campo como HTmed y HCmed. Para los árboles no medidos dejar la celda vacía.
 - Registrar la posición (x y) de cada árbol.
 - Marcar cada árbol con un punto y, si el dueño lo permite, con el número del árbol.
 - Marcar la parcela con seis tubos de PVC de 5 cm de diámetro y 50 cm de largo.
 - Registrar un punto de GPS (*waypoint*) en cada uno de los puntos.
 - Colectar, cuando sea necesario, muestras botánicas de individuos para su posterior identificación.
2. Unidad de muestreo secundaria (UMS) 10 m x 20 m, 200 m²
 - Identificar y medir los individuos con dap entre 2 y 10 cm; las lianas, bejucos y similares solo se identifican a nivel de forma de vida.
 - Estimar, para todos los individuos, la altura total y comercial en clases de 2 m. Medir la altura total y comercial de al menos un individuo de la UMS por clase diamétrica de 2 cm y anotar el valor en el formulario como HTmed y HCmed. No se miden alturas para lianas, bejucos y similares.
 - Colectar, cuando sea necesario, muestras botánicas de individuos para su posterior identificación.

³ Documentar con fotografías, videos y testimonios.



3. Unidad de muestreo terciaria (UMT)
 - Identificar y medir la altura total de árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes con una altura inferior o igual a 1,5 m y un dap menor a 2 cm (regeneración) en tres parcelas circulares de 1 m de radio cada una (3,14 m²). Las parcelas se ubican en los extremos sur, norte y en el centro de la UMP, a una distancia de 2 m y con un ángulo de 45°.
4. Unidad de muestreo cuaternaria (UMC)
 - Registrar abundancia y altura total de especies herbáceas (conteo por grupo genérico, no se colectan muestras botánicas) en una parcela de 1 m² ubicada en la coordenada -5,5 de los ejes x y de la UMP.
5. Unidad de muestreo de hojarasca (UMH)
 - Registrar la profundidad (cm) y peso de la hojarasca (g) en las cuatro esquinas de la UMP; para ello se demarca un cuadrado de 50 cm de lado (0,25m²). Llenar una bolsa plástica de 15 x 25 cm con una muestra compuesta de la hojarasca y enviarla al laboratorio.
6. Unidad de muestreo de madera muerta caída (UMMm)
 - La madera muerta caída se mide en un trayecto de 20 m ubicado de forma equidistante a partir del punto central de la UPM.
7. Muestreo del suelo
 - Extraer una muestra de suelo de los primeros 30 cm de suelo mineral en cada una de las esquinas de la parcela, mezclarlas bien y luego tomar una muestra compuesta de 500 g en una bolsa; sellarla y enviarla al laboratorio.
 - Utilizar el cilindro para obtener una muestra de suelo superficial de la esquina suroeste de la UMP; sellarlo y enviarlo al laboratorio.

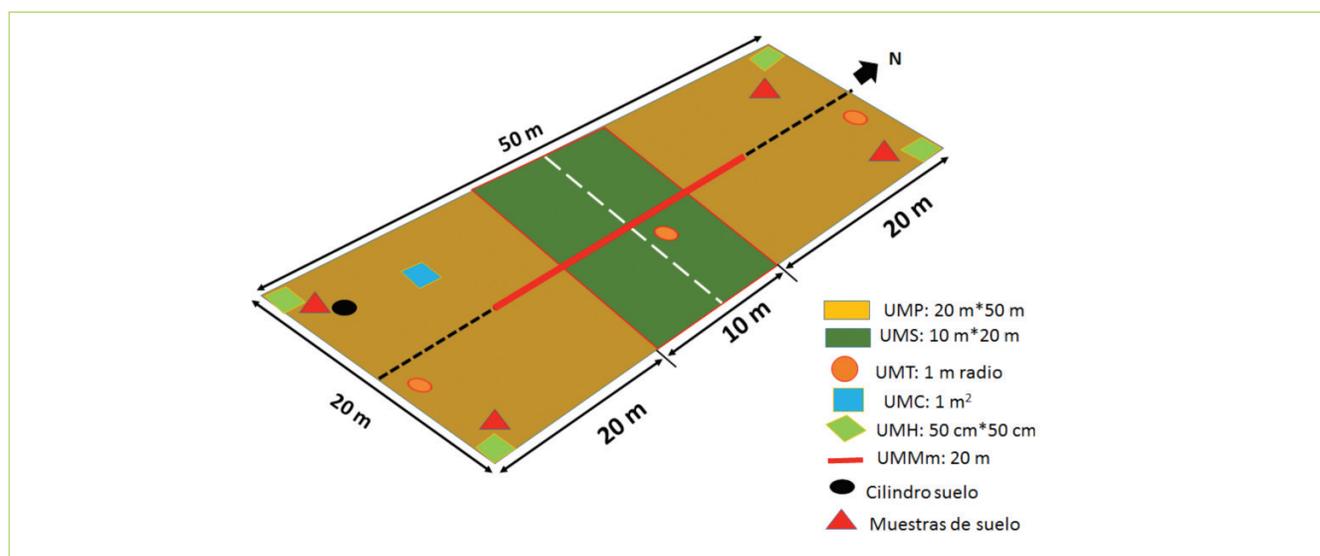


Figura 15. Diseño de parcela de área variable



Las parcelas secundarias, terciarias, cuaternarias, madera muerta caída y hojarasca se establecen en los estratos de bosque (maduro, secundario) y en el bosque de palmas y rodal de mangle cuando las condiciones del sitio lo permitan. En los estratos de pasto con árboles (PA) y plantaciones forestales (PF) solo se establece la UMP. A continuación se describe en detalle cada una de las unidades de muestreo.

Unidad de muestreo primaria (UMP)

La unidad de muestreo primaria es una parcela rectangular de 20 por 50 metros (1000 m²) en la cual se miden todos los árboles, arbustos, palmas, helechos arborescentes, lianas, bejucos y similares con dap mayor de 10 cm (Figura 16). Las variables a medir en esta unidad de muestreo se detallan en el Cuadro 3. La parcela se marca con seis tubos de PVC de 5 cm de diámetro y 50 cm de largo, uno en cada esquina y los otros dos en los extremos del eje central de la UMP. La ubicación de cada esquina se registra con un punto (*waypoint*) en el receptor de GPS. Para reducir el error de posicionamiento se promedia la medición hasta que el receptor marque una precisión de 4 m durante un tiempo máximo de 10 minutos. Anotar la precisión de la medición.

Los árboles se deben marcar con un punto. Toda marca debe hacerse a una altura entre 1,50 y 1,60 m, orientada hacia el trayecto central de la parcela. Si el propietario lo autoriza, se pinta el número en el árbol (tamaño máximo del número: 15 cm). Si el dueño no permite marcar el árbol, se debe hacer la anotación en el formulario correspondiente. Los individuos no identificados por el dendrólogo se marcan con una 'X'; las lianas, bejucos y similares solo se identifican a nivel de forma de vida y no se colectan muestras.

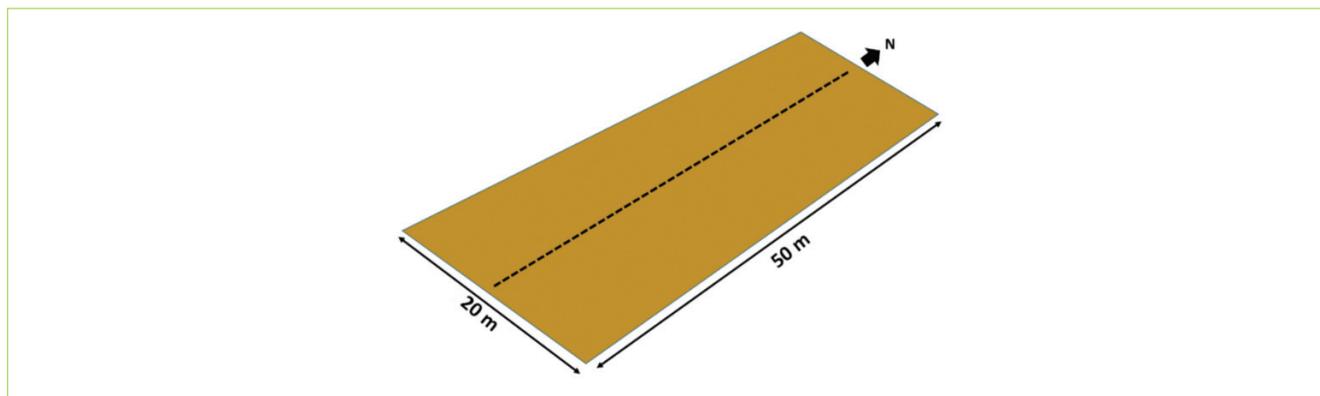


Figura 16. Unidad de muestreo primaria (UMP)

Unidad de muestreo secundaria

La unidad de muestreo secundaria es una parcela anidada de 20 m x 10 m (200 m²) establecida en el centro de la unidad de muestreo primaria (Figura 17). En la UMS se miden todos los árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes con dap entre 2 y 10 cm; las variables a registrar se detallan en Cuadro 4.



Cuadro 3. Variables que se miden en la unidad de muestreo primaria (20 m x 50 m)

No.	Variable	Descripción
1	Número de individuo	Numeración consecutiva de individuos en la parcela. Numerar el individuo cuando lo permita el dueño de la propiedad; de lo contrario marcarlo con un punto a una altura entre 1,50 y 1,60 m.
2	Especie	Código numérico del nombre científico (género y especie) del individuo. Cada cuadrilla recibirá un listado de códigos para las especies de Costa Rica. Lianas, bejucos y similares solo se identifican a nivel de forma de vida y no se colecta muestra.
3	Diámetro >10 cm dap	Diámetro (cm) a la altura del pecho (dap), medido según las reglas dasométricas correspondientes (Anexo 5).
4	Coordenadas x y	Coordenadas de ubicación del individuo a partir del punto de origen de la parcela (0,0).
5	Altura total y comercial (m)	Medir una altura total y comercial (hasta la primera rama o bifurcación) por clase diamétrica a partir de 10 cm dap (10-20, 20-30, 30-40,...90-100 y más de 100 cm). Para los demás árboles se estima la altura total y comercial en clases de 5 metros.

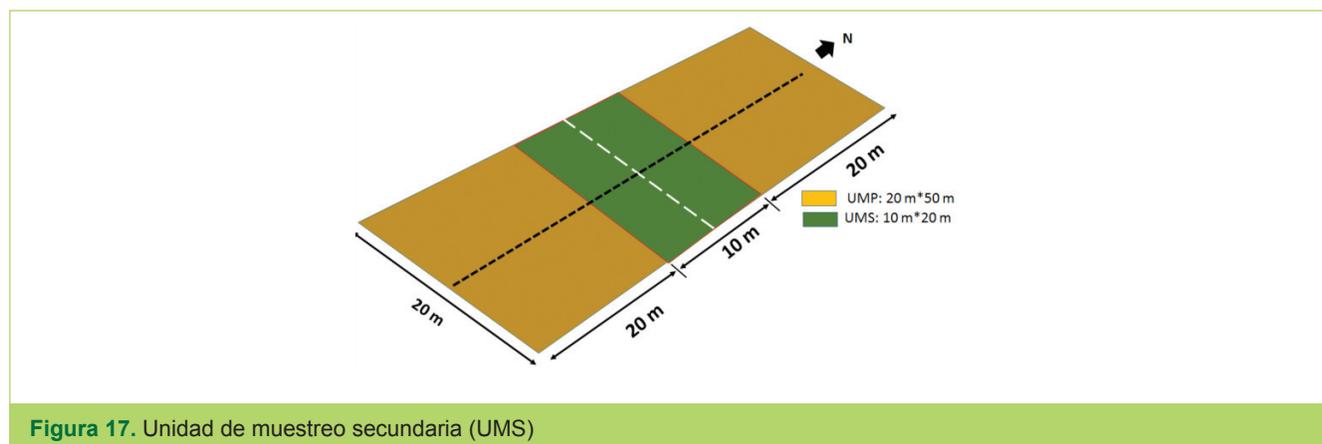


Figura 17. Unidad de muestreo secundaria (UMS)

Cuadro 4. Variables que se miden en la unidad de muestreo secundaria (20 m x 10 m)

No.	Variable	Descripción
1	Número de individuo	Numeración consecutiva de individuos en la parcela. Marcar los individuos con un punto orientado hacia el trayecto central de la parcela.
2	Especie	Código numérico del nombre científico (género y especie) del individuo. Cada cuadrilla recibirá un listado de códigos para las especies de Costa Rica. Lianas, bejucos y similares solo se identifican a nivel de forma de vida y no se colecta muestra.
3	Diámetro (2 y 10 cm dap)	Diámetro (cm) a la altura del pecho (dap) medido según las reglas dasométricas correspondientes (Anexo 5).
4	Altura total y comercial (m)	Medir una altura total y comercial (hasta la primera rama o bifurcación) por clase diamétrica de 2 cm dap. Para los demás árboles se estima la altura total y comercial en clases de 2 metros. No se mide altura de lianas, bejucos y similares.



Unidad de muestreo terciaria (UMT)

La unidad de muestreo terciaria de un metro de radio ($3,14 \text{ m}^2$) se instala en los extremos sur, norte y en el centro de la UMP, a una distancia de 2 m y con un ángulo de 45° , tal como se ilustra en la Figura 18. En estas parcelas se miden todos los árboles, arbustos, palmas y helechos arborescentes de 1,5 metros de altura y hasta 2 cm dap. Los datos que se registran por individuo en la UMT se especifican en el Cuadro 5.

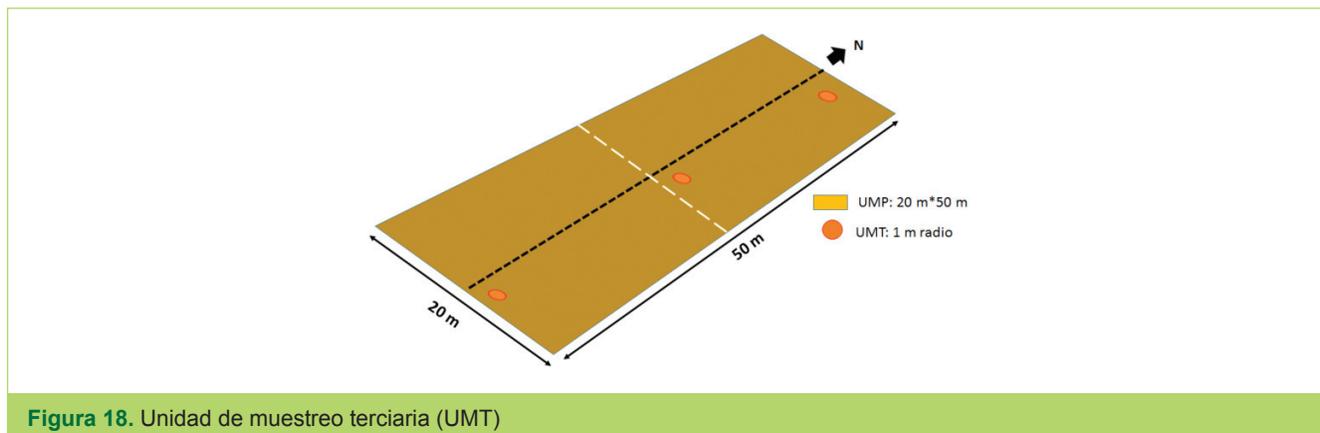


Figura 18. Unidad de muestreo terciaria (UMT)

Cuadro 5. Variables que se miden en la unidad de muestreo terciaria (1m de radio)

No.	Variable	Descripción
1	Número de individuo	Numeración consecutiva de individuos (1,5 metros de altura, hasta 2 cm dap). No se marca el fuste.
2	Especie	Código numérico del nombre científico (género y especie) del individuo. Cada cuadrilla recibirá un listado de códigos para las especies de Costa Rica. Lianas, bejucos y similares solo se identifican a nivel de forma de vida y no se colecta muestra.
3	Altura total (m)	Altura total de cada individuo medido.

Unidad de muestreo cuaternaria (UMC)

Esta parcela de 1 m^2 ($1*1\text{m}$) se ubica en la coordenada -5,5 de los ejes x y de la UMP (Figura 19). En la UMC se cuantifica la abundancia de especies herbáceas (conteo por grupo genérico; no se colecta muestra). Los datos que se registran por individuo se especifican en el Cuadro 6.



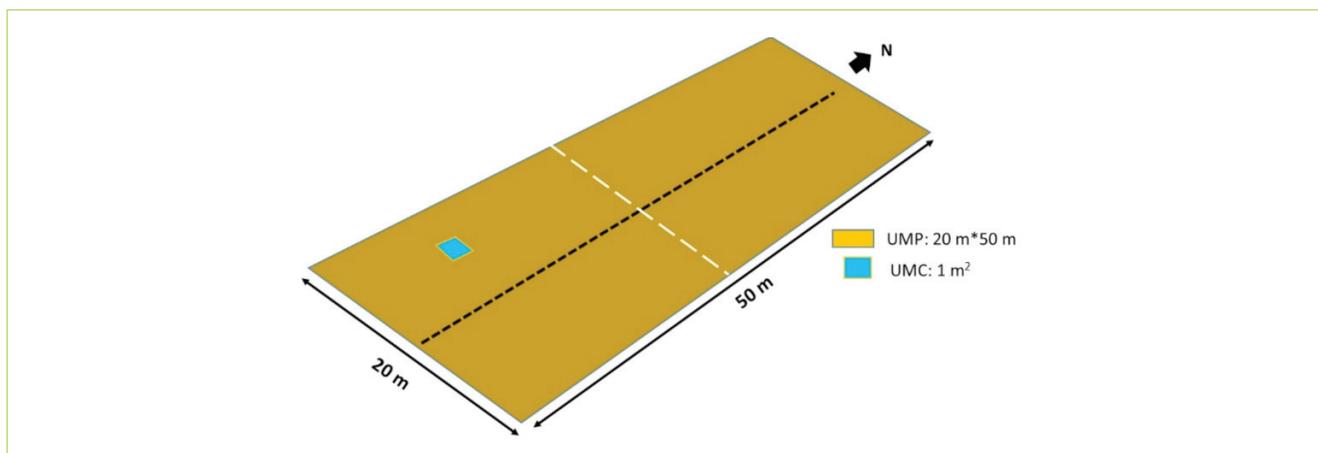


Figura 19. Unidad de muestreo cuaternaria (UMC)

Cuadro 6. Variables que se miden en la unidad de muestreo cuaternaria (1 m²)

No.	Variable	Descripción
1	Número de grupo	Numeración consecutiva de grupo de individuos en la parcela
2	Grupo	Abundancia de especies herbáceas (conteo por grupo genérico; no se colecta muestra)
3	Altura total (m)	Para cada grupo taxonómico

Unidad de muestreo de hojarasca (UMH)

La hojarasca acumulada en el piso del bosque se mide en las cuatro esquinas de la unidad de muestreo primaria; para ello se demarca un cuadrado de 50 cm x 50 cm (0,25 m²) en cada esquina (Figura 20). En cada cuadrado se mide la profundidad de la hojarasca en tres puntos: centro y dos vértices opuestos del cuadrado; se pesa y colecta la hojarasca, se mezcla toda la muestra recolectada y se extrae una muestra compuesta en una bolsa de 15 x 25 cm; se sella y se envía al laboratorio.

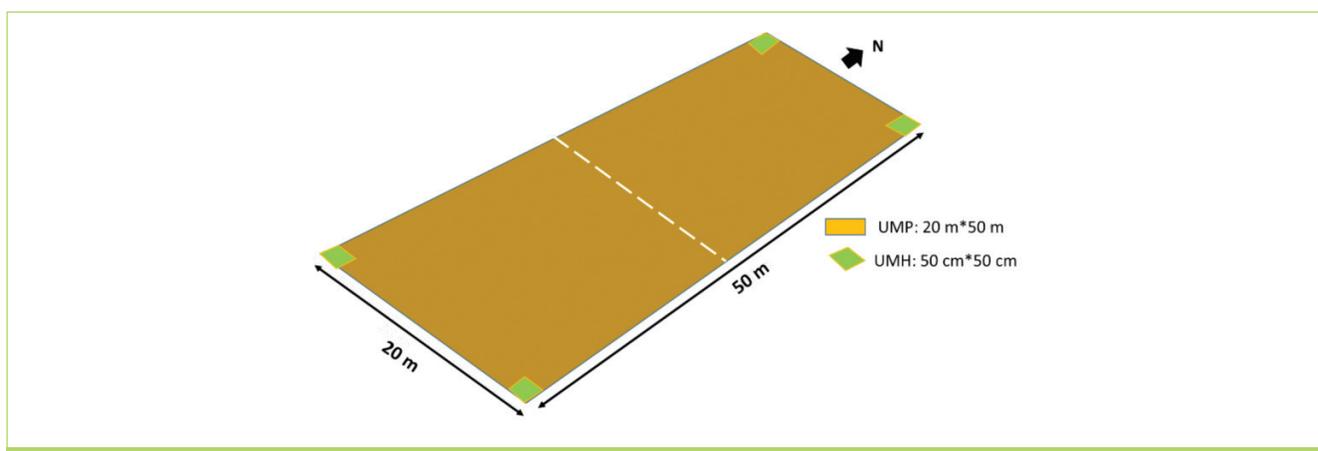


Figura 20. Unidad de muestreo para la medición de hojarasca (UMH)



Unidad de muestreo de madera muerta caída (UMMm)

Esta es una parcela lineal de 20 m de longitud ubicada a ambos lados del punto central de la UMP con rumbos francos, 10 metros norte y 10 metros sur (Figura 21). En ella se registran las siguientes variables:

1. Diámetro de madera muerta caída redondeada o semirredondeada (tronco, ramas con diámetro mínimo de 10 cm y longitud mínima de 1,5 m) que cruza la línea predefinida; si una pieza se bifurca o se cruza con el trayecto varias veces, el diámetro se registra en cada intersección.
2. Estado de descomposición de la troza o segmento: sólido, intermedio o podrido (Teissier *et al.* 2009, Woodall *et al.* 2009, Penman 2003, Marshall *et al.* 2003). Mediante fotografía se documenta al menos una troza medida por estado de descomposición.

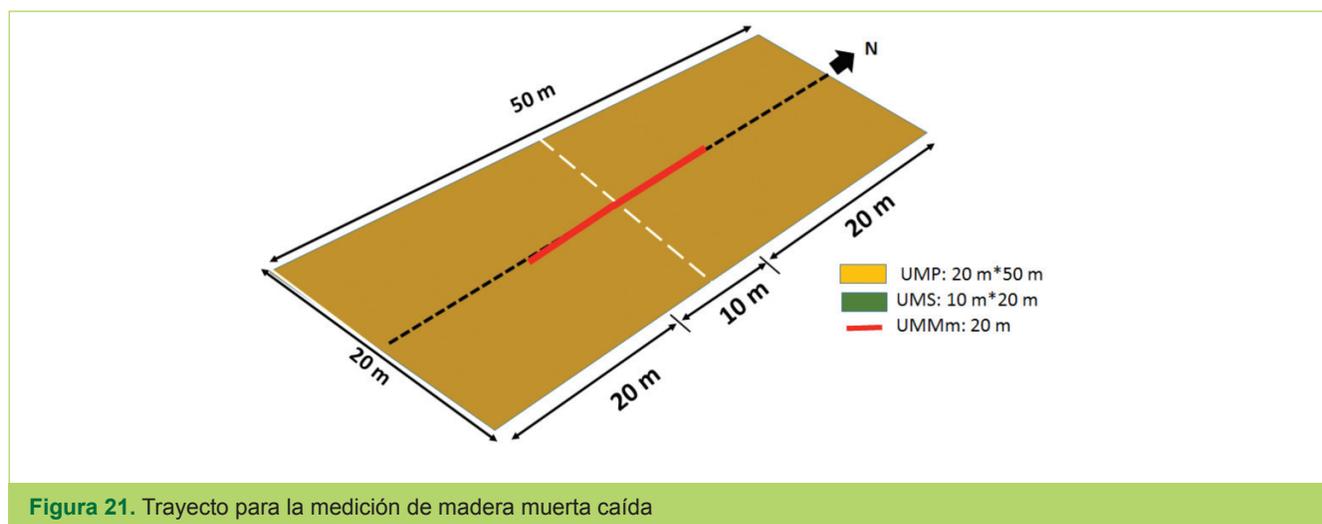


Figura 21. Trayecto para la medición de madera muerta caída

Si la pieza de madera muerta caída es redonda, se mide el diámetro en el punto de intersección con el trayecto. Cuando la pieza es semirredonda (ovalada o en forma de media luna) y las mediciones se toman con forcípula (Figura 22), el diámetro equivalente de un círculo con la misma área de sección transversal es igual a la media geométrica del diámetro a lo largo de los ejes corto (altura, d_s) y largo (ancho, d_l). Si se utiliza una cinta diamétrica, se realiza la medición de forma normal.

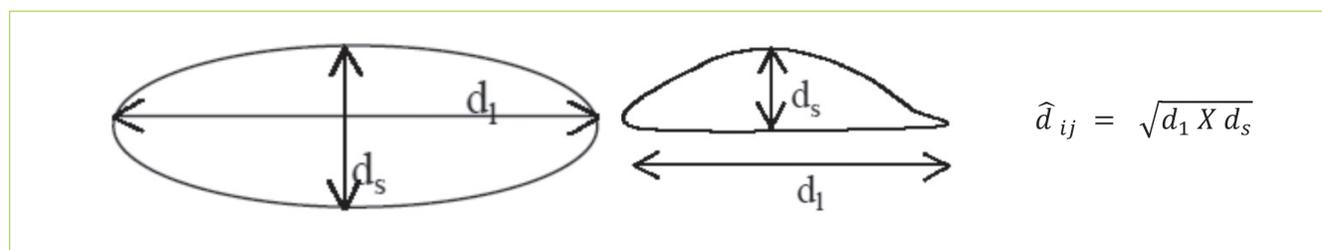


Figura 22. Medición con forcípula del diámetro en madera muerta caída redonda o semirredondeada

Fuente: Marshall *et al.* (2000)



Si la pieza de madera muerta caída se encuentra en posición horizontal sobre el suelo, el volumen (m³/ha) se estima con la fórmula de De Vries (1986), que solo requiere la longitud del trayecto (L) y el diámetro de la troza (d) en el punto de intersección.

$$v_i = \frac{\pi^2}{8 \times L} \sum_{j=1}^{m_i} d_{ij}^2$$

En donde:

V= volumen (m³/ha) de madera muerta caída

d= diámetro (cm) de la troza perpendicular a su eje en el punto de intersección con el trayecto

L= longitud de trayecto (m)

π: valor de la constante pi (3,1416)

Si la troza se encuentra inclinada, se utiliza entonces la fórmula de Davis y Taylor (2003):

$$v_i = \frac{\pi^2}{8 \times L} \sum_{j=1}^{m_i} \frac{d_{ij}^2}{\cos \lambda_{ij}}$$

En donde:

λ_{ij} = ángulo (grados) sustentado por la pieza jth en el trayecto lth con el plano horizontal

Cos= coseno

Muestra compuesta de suelo y cilindro de suelo

Para tomar una muestra compuesta de suelo se ejecutan las acciones siguientes:

- Extraer una muestra de suelo de los primeros 30 cm de suelo mineral en cada una de las esquinas de la parcela, mezclarlas bien y luego tomar una muestra compuesta de 500 gramos en una bolsa; sellarla y enviarla al laboratorio.
- Utilizar el cilindro para obtener una muestra de suelo superficial de la esquina suroeste, sellarlo y enviarlo al laboratorio.

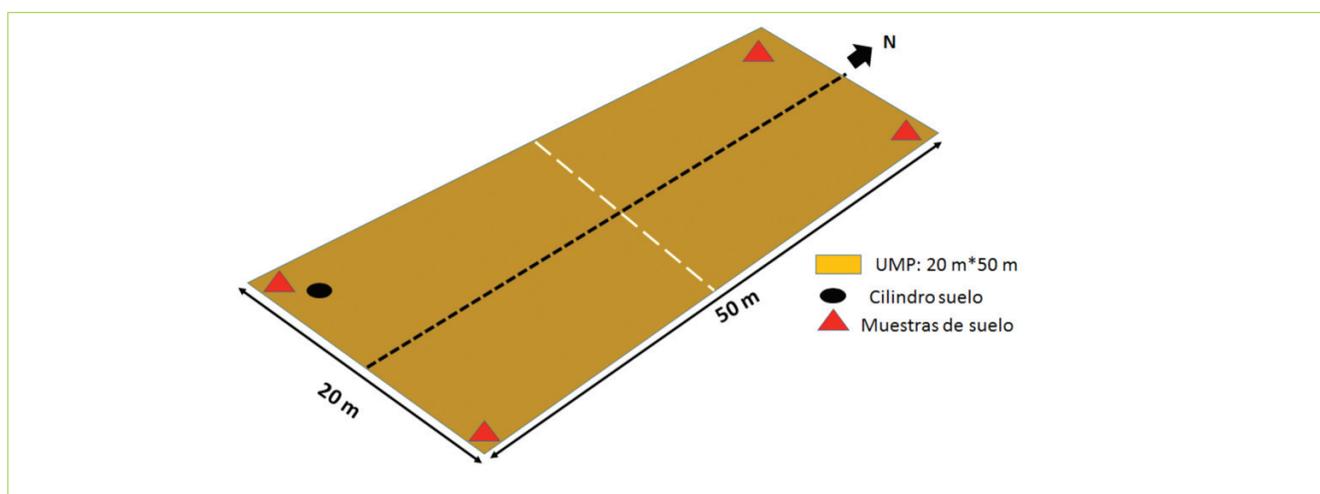
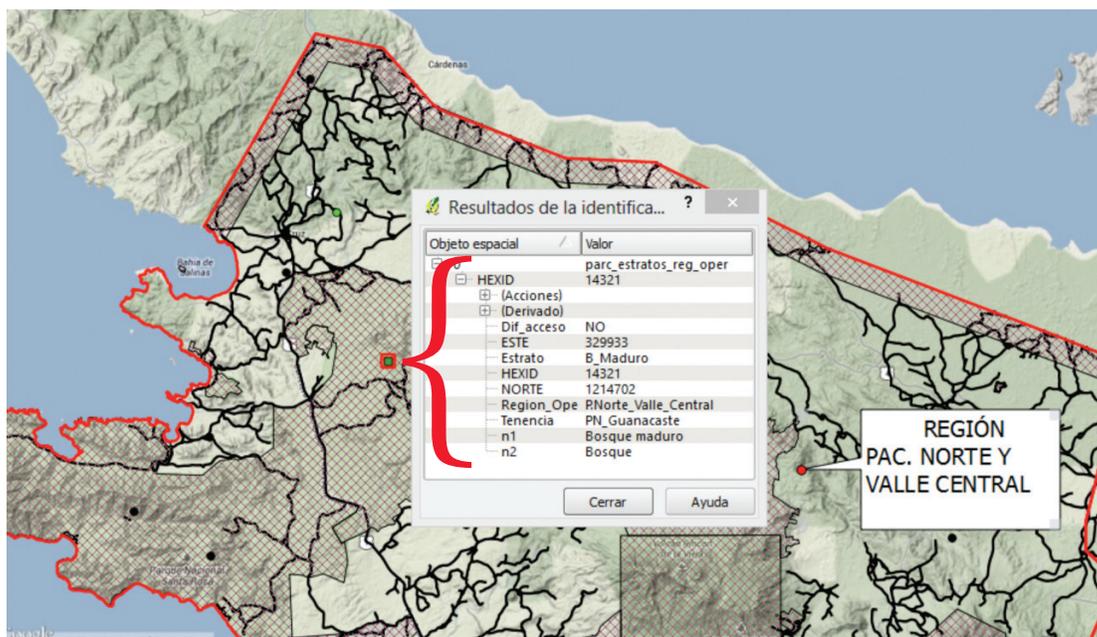


Figura 23. Muestreo de suelo y cilindro

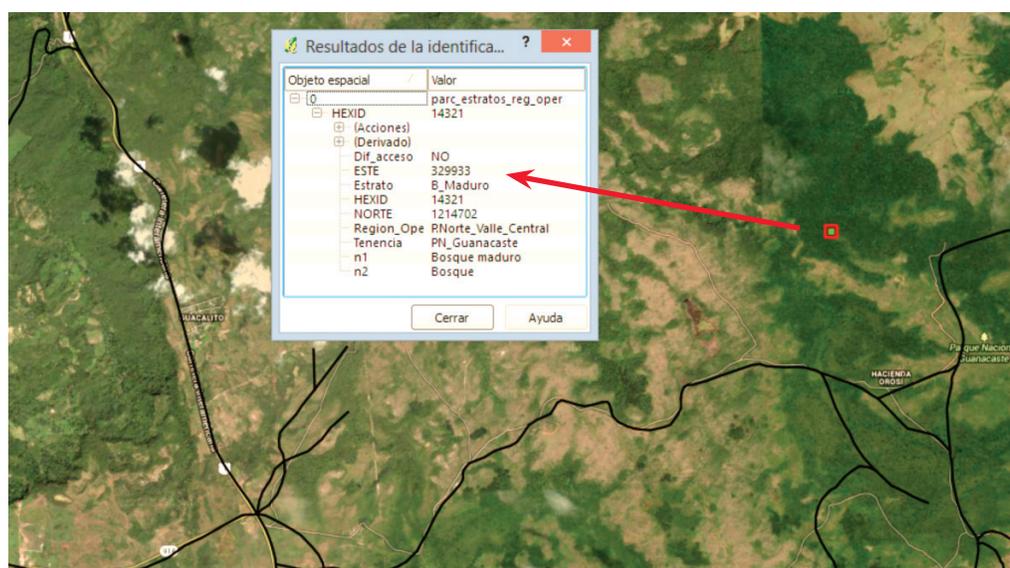


3.4 Pasos para la ubicación de la parcela

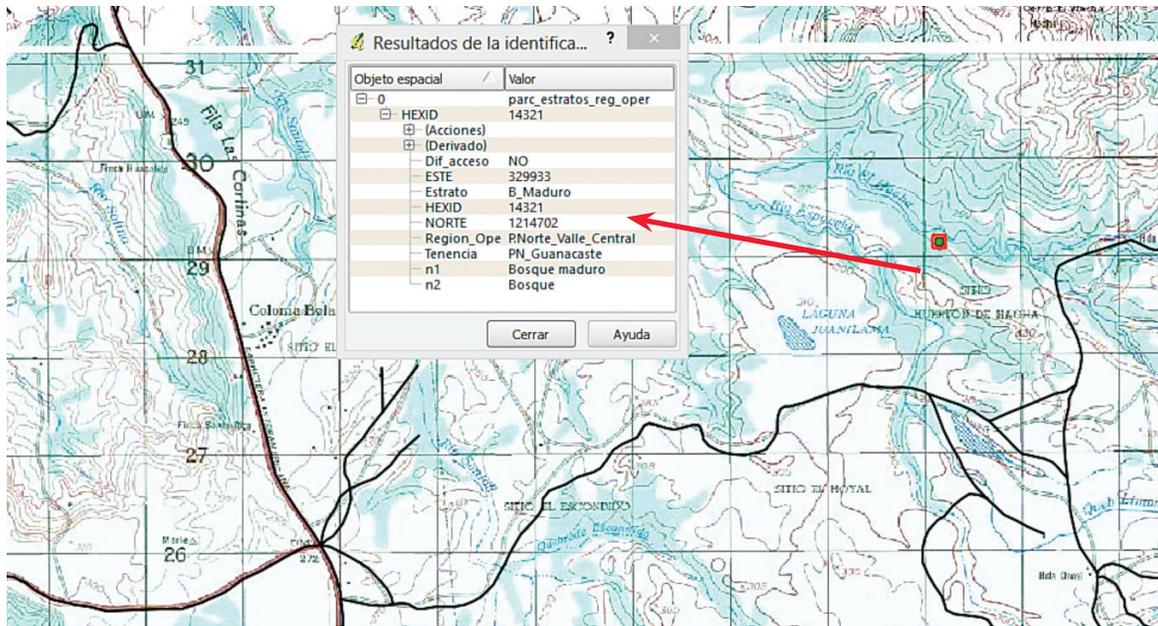
1. Utilice *Google Earth* o *Google Maps*, más la cartografía y ortofotos del Sistema Nacional de Información Territorial (<http://www.snitcr.org>) para optimizar la ruta de acceso, tal como se ilustra a continuación.



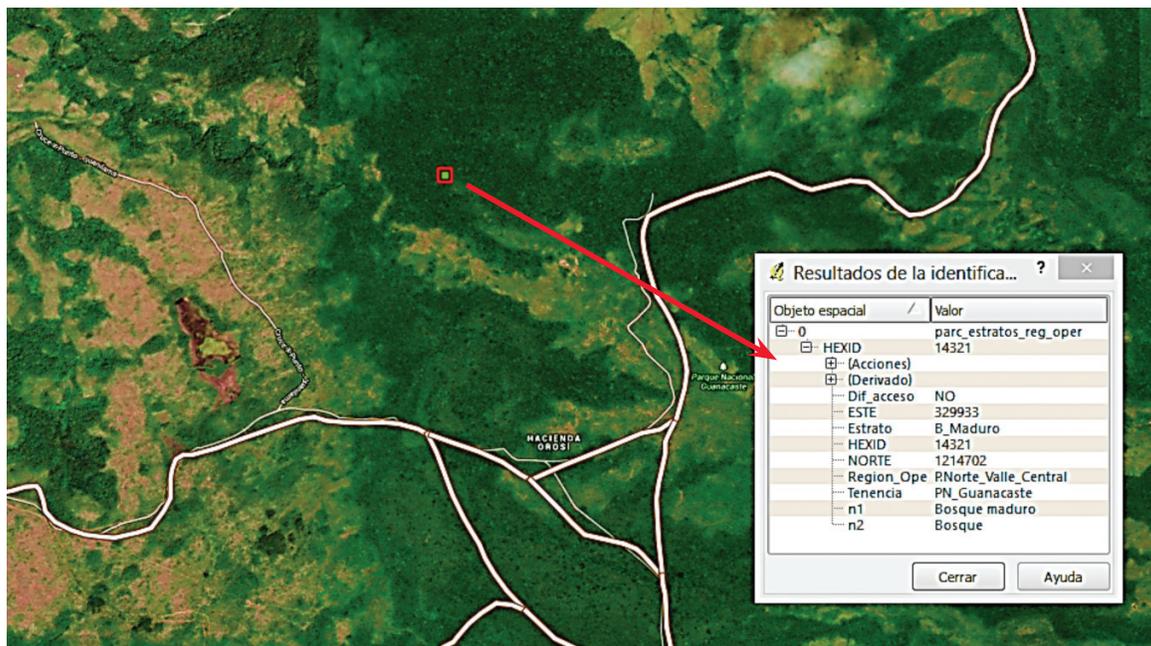
Ubicación regional de punto 14321 en el Parque Nacional Guanacaste. Imagen de *Google Earth*. Las líneas negras representan vías según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



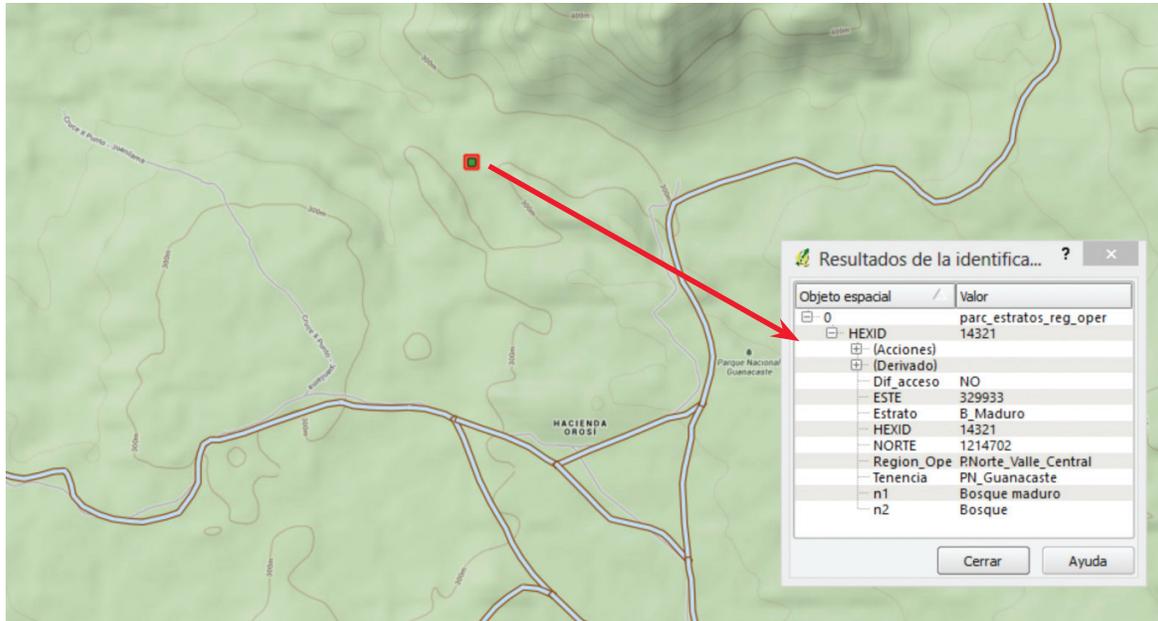
Vías de acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste desde la Carretera Nacional 1. Imagen de *Google Earth*. Las líneas negras representan vías según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



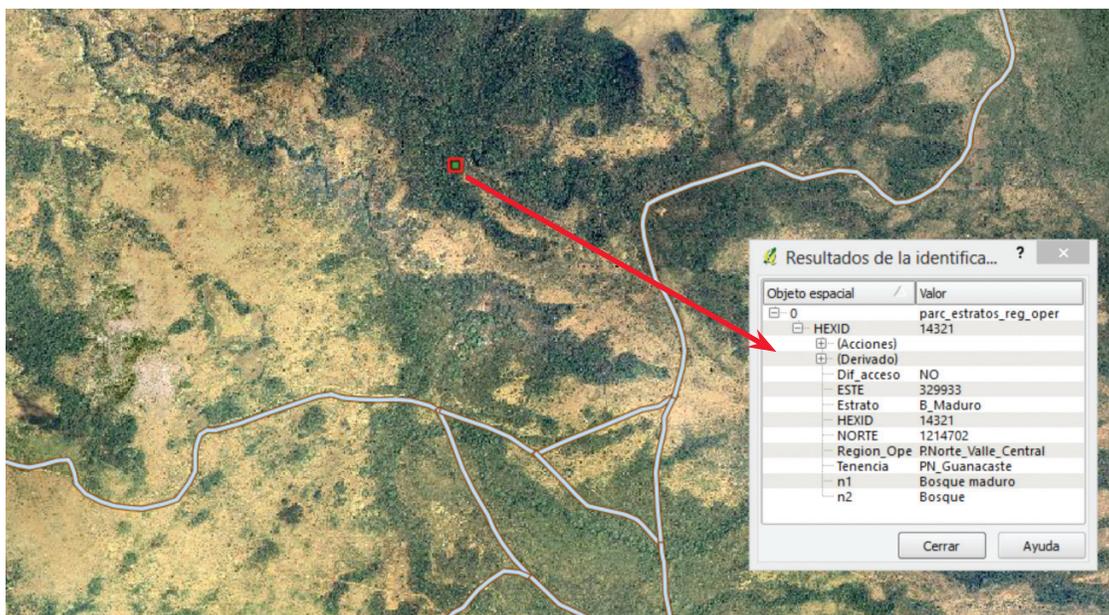
Acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste desde la Carretera Nacional 1. Imagen del SNIT (Mapa topográfico 1:50.000). Las líneas negras representan vías según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



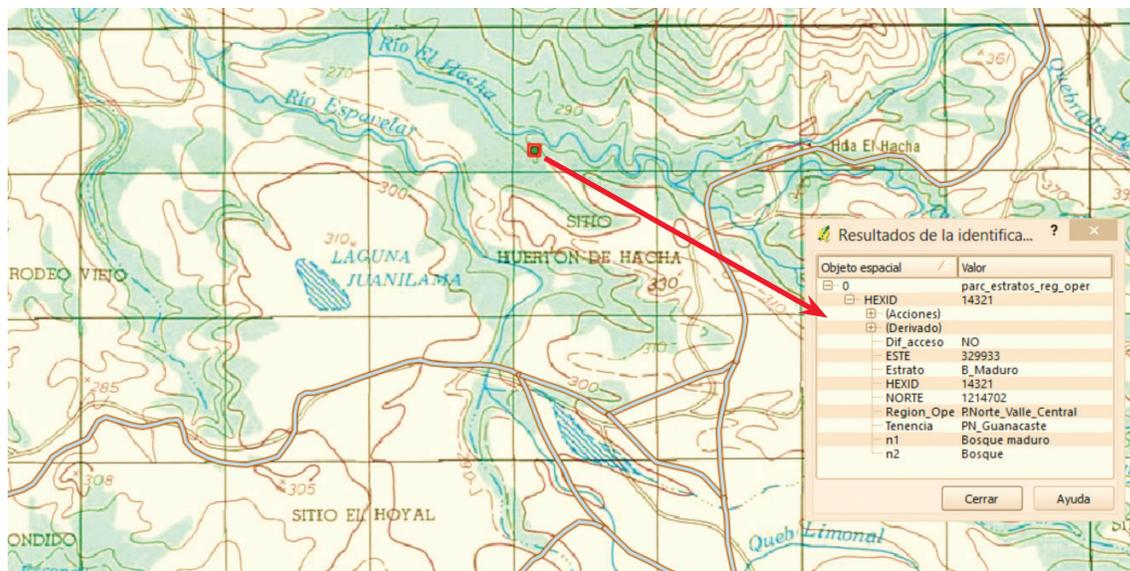
Acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste. Imagen de *Google Earth*. Las líneas dobles representan caminos según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



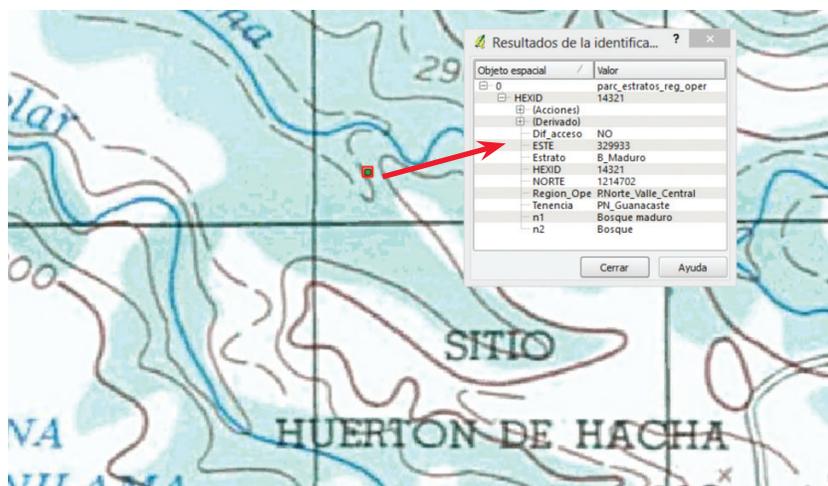
Acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste. Topografía según imagen de *Google Earth*. Las líneas dobles representan caminos según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



Acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste. Imagen del SNIT (ortofoto 1:5.000). Las líneas dobles representan caminos según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



Acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste. Imagen del SNIT (Mapa topográfico 1:50.000). Las líneas dobles representan caminos según el Atlas Digital de Costa Rica (Ortiz 2008).



Acceso a punto 14321 ubicado en el Parque Nacional Guanacaste. Imagen del SNIT (Mapa topográfico 1:50.000). Escala visual 1:10.000.

- Utilice el receptor de posicionamiento global y el conocimiento del guía local para llegar hasta la coordenada del punto de inicio de la parcela. Registre los siguientes datos:



- a. Hora de inicio de movilización desde el sitio de hospedaje hasta el punto de inicio de la parcela.
 - b. Active la opción de recorrido de su receptor (*Track*) y registre la ruta utilizada para desplazarse desde el sitio de hospedaje hasta el punto de inicio de la parcela. Guarde el recorrido utilizando como nombre el código de la parcela (e.g. 14321_Rec).
 - c. Cada vez que cambie de medio de transporte o que ingrese a una carretera de lastre o tierra registre un punto es su receptor. Utilice el código de la parcela como prefijo para designar cada punto: eg. 14321_1, 14321_2...14321_n.
3. Una vez llegado al punto -y en el caso de parcelas en bosque maduro, secundario, mangle, palma y plantación forestal- asegúrese de que el mismo se encuentre al menos a 50 m del borde.



En la ortofoto escala 1:5000 del SNIT la esquina SE de la parcela podría estar entre 25 m (línea negra) y 45 m (línea roja) del inicio del bosque.

El jefe de la cuadrilla debe verificar la distancia entre las esquinas de la parcela y el borde del bosque en el campo. Si la distancia es menor a 50 m, debe desplazar el punto de inicio al oeste, este, norte o sur (según se requiera); en el formulario de sitio (no. 1) se registran y consignan las nuevas coordenadas este/norte del punto (CRTM05) y se describe la razón del desplazamiento.

3.5 Establecimiento de la parcela y registro de datos

Antes de iniciar el proceso de establecimiento de la parcela, asegúrese de completar el Formulario 1: Caracterización del entorno de muestreo (Anexo 2). Una vez completo, siga el procedimiento que a continuación se detalla.

3.5.1 Ubicación del punto de inicio de la UMP

Con este paso se busca determinar la ubicación de la primera subparcela de regeneración.

- a. Marque el punto de inicio de la unidad de muestreo primaria con una baliza y entierre unos 30 cm del primer tubo de PVC de 50 cm. Anote el número de la parcela en el PVC. Tome una foto del sitio. Registre la posición con su receptor GPS (CRTM05).
- b. Establezca y mida la primera subparcela de regeneración (círculo de 1 m de radio). Formulario 4: Unidad de muestreo terciaria.
 - Al interior de la subparcela registre la altura total de los individuos con una altura inferior o igual a 1,5 m o con un dap inferior a 2 cm. Utilice una cinta métrica.
 - El dendrólogo debe identificar la especie de cada individuo medido; anote la información en el formulario respectivo. Si el dendrólogo no logra identificar la especie, tome una o varias fotos digitales y recolecte una muestra para su posterior identificación. Al tomar una foto de una especie desconocida, se debe registrar su número en el respectivo formulario de la subparcela, así como el número de la colecta botánica para su posterior procesamiento. Las lianas, bejucos y similares solo se identifican por su hábito o porte y no se colectan muestras.



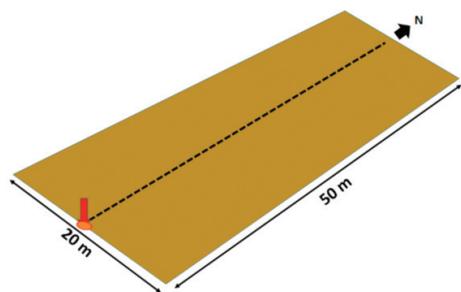


Diagrama de parcela



Tubo de PVC



Cinta métrica para medir alturas menores a 1,5 m

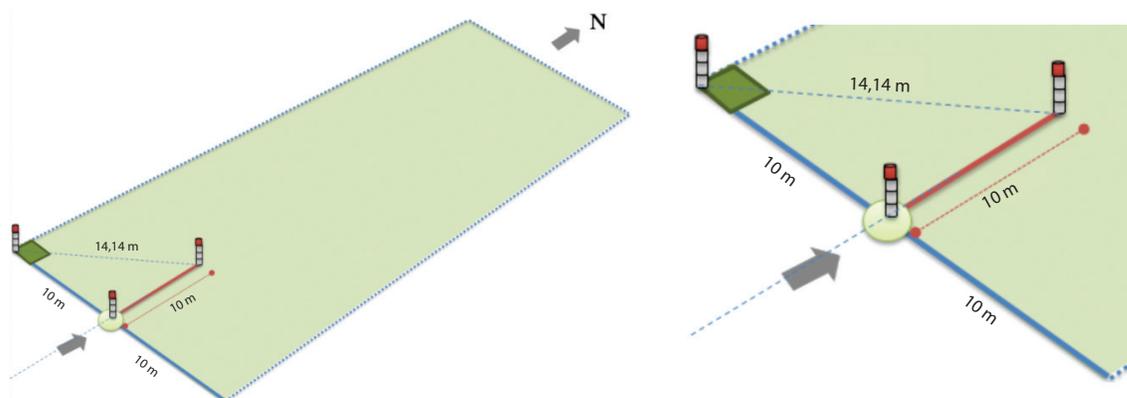


Cinta métrica de 30 m

3.5.2 Trazado perpendicular al eje longitudinal de la UMP para establecer el vértice suroeste

Con este paso se busca determinar la ubicación de la primera subparcela para la medición de la hojarasca, la primera muestra de suelo y el cilindro de suelo.

- a. Mida una distancia de diez metros con rumbo norte franco y marque el punto con una baliza. Luego trace una perpendicular al eje longitudinal de la parcela principal para establecer el vértice suroeste de la UMP. Ajuste la posición de la esquina suroeste por medio de la hipotenusa del triángulo, como se indica a continuación:



Fuente: Programa Redd/CCAD/GIZ (2013)



- b. Marque el punto SW de la parcela con una baliza y entierre unos 30 cm del segundo tubo de PVC. Tome una foto del sitio.
- c. Registre el punto con GPS (CRTM05) y anótelos en el formulario respectivo.
- d. Establezca la primera subparcela de hojarasca (0,5 x 0,5 m) (Formulario 6).
 - La hojarasca forma parte del horizonte orgánico (hojas, tallos, flores, frutos, hierbas muertas, corteza), e incluye toda la biomasa no viva con un tamaño mayor que el límite establecido para la materia orgánica del suelo pero menor a 2,5 cm de grosor. Esta materia se encuentra sobre el suelo mineral en diversos estados de descomposición.
 - La profundidad de la hojarasca se mide con un marco de 0,5 x 0,5 m (0,25m²). Realice tres mediciones de la profundidad de la hojarasca en el centro y lados opuestos del marco de 0,5 x 0,5 m.
 - Colecte y pese la hojarasca y deposítela en un saco o bolsa plástica para su posterior mezcla con la hojarasca de las otras tres subparcelas. Asegúrese de incluir todo el material orgánico muerto (hojas, tallos, flores, frutos, hierbas muertas, cortezas) y material en un estado de descomposición más avanzado con un grosor menor a 2,5 cm, que se encuentre sobre el suelo mineral –es decir, todo el material que forme parte del horizonte orgánico- (Formulario 6).



Muestreo y pesado de la hojarasca

- e. Determine la densidad aparente del suelo; para ello extraiga una muestra de suelo de volumen conocido (cilindro de 5 cm de alto y 5 cm de diámetro). Coloque el cilindro en una bolsa plástica debidamente rotulada y envíelo al laboratorio lo más pronto posible. Para conservar las muestras frescas, manténgalas en una hielera. Con un marcador de tinta permanente anote en un papel resistente los datos siguientes: número de parcela, peso húmedo, jefe de cuadrilla y fecha de toma de la muestra. A continuación se describe el procedimiento para tomar una muestra de suelo con cilindro.
 - Elimine la cobertura vegetal del suelo y la hojarasca del centro de la parcela de 1 x 1 m. Evite alterar la superficie del suelo mineral. Obtenga la muestra con el cilindro metálico de volumen conocido.



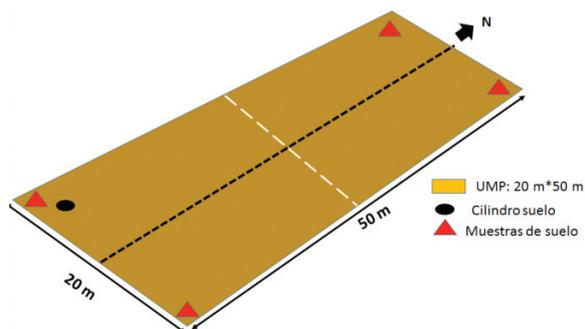
- Utilice un mazo de goma y un trozo de madera para introducir totalmente el cilindro en el suelo, de manera vertical y sin comprimirlo.



- Extraiga el cilindro con un palín o machete y elimine los sobrantes de suelo en los costados y bordes del cilindro.



- Colecte la primera muestra de suelo mineral dentro de un área de aproximadamente 1 x 1 m, ubicada en la vecindad de las subparcelas de hojarasca.



Siga el siguiente procedimiento:

- Elimine la cobertura vegetal del suelo y la hojarasca del área a muestrear; no altere la superficie del suelo mineral. Extraiga una muestra de suelo de los primeros 30 cm de suelo mineral en cada una de las esquinas de la parcela, mezcle bien las cuatro muestras y luego deposite en una bolsa una muestra compuesta de 500 g; séllela y envíela al laboratorio.
- Utilice un barreno o un tubo metálico y un bolillo para extraer una muestra de 0 a 30 cm de profundidad, elimine piedras, raíces grandes, palos, hojas y demás material grande de la muestra. Si no utiliza el barreno, cave un hueco de 20 x 20 cm y extraiga una muestra de medio kilo, deposítela en una bolsa plástica para posteriormente mezclarla con las otras muestras de suelo.
- Limpie bien el barreno (tubo) antes de tomar la muestra en la siguiente parcela.





Barreno



Tubo metálico, mazo y bolillo



Hueco de aproximadamente
20 x 20 cm

3.5.3 Trazado perpendicular al eje longitudinal de la UMP para establecer el vértice sureste

Con este paso se busca determinar la ubicación de la segunda subparcela para la medición de la hojarasca y toma de la segunda muestra de suelo.

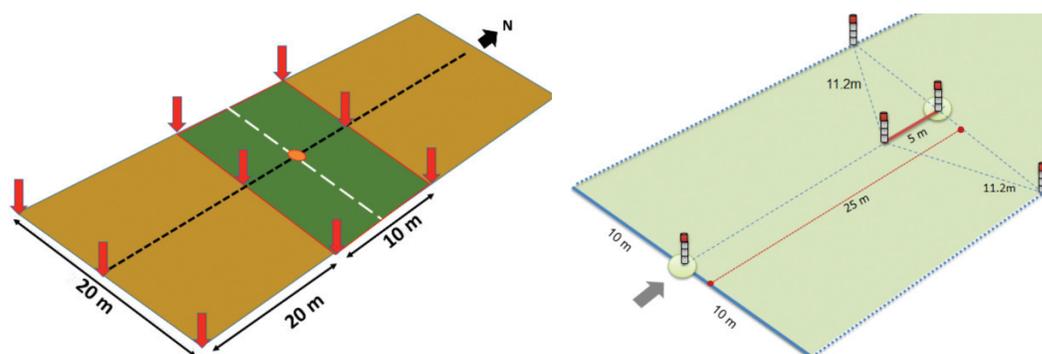
- Repita el procedimiento descrito en el punto 3.5.2 para ubicar la esquina sureste de la parcela.
- Marque el punto SE de la parcela con una baliza y entierre unos 30 cm del tercer tubo de PVC. Tome una foto del sitio.
- Registre el punto con GPS (CRTM05) y anótelos en el formulario respectivo.
- Establezca la segunda subparcela de hojarasca (0,5 x 0,5m). Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.3d para coleccionar la muestra. (Formulario 6).
- Obtenga la segunda muestra de suelo mineral. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.3f.

3.5.4 Delimitación de la unidad de muestreo secundaria

Con este paso se busca determinar la ubicación de la segunda subparcela para la medición de la regeneración.

- Mida una distancia de diez metros con rumbo norte franco desde la baliza establecida en el punto 3.5.2.
- Trace perpendiculares al eje longitudinal de la parcela principal para establecer los vértices suroeste y sureste de la subparcela; márquelos con balizas. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.2 para asegurarse de que los trazos son perpendiculares al eje central de la parcela primaria.
- Mida una distancia de cinco metros con rumbo norte franco desde la baliza central de la subparcela y márquela con una baliza.
- Mida la segunda subparcela de regeneración en un círculo de 1 m de radio. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.2b. (Formulario 4).
- Mida una distancia de cinco metros con rumbo norte franco desde la baliza central de la subparcela y márquela con una baliza.
- Trace perpendiculares al eje longitudinal de la parcela principal para establecer los vértices noroeste y noreste de la subparcela; márquelos con balizas. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.2 para asegurarse de que los trazos son perpendiculares al eje central de la parcela primaria.



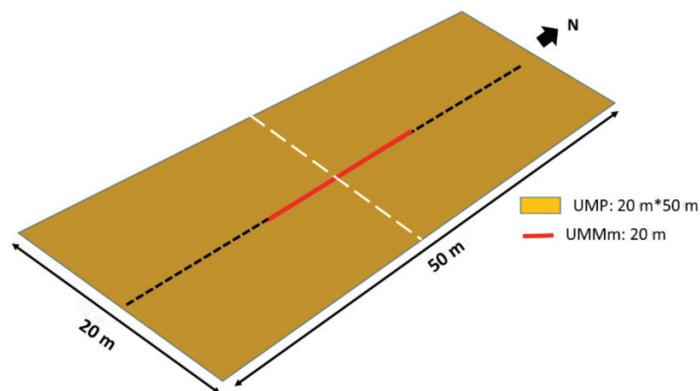


Fuente: Basado en Sud-Austral Consulting (2013)

- g. Al interior de la UMS mida y registre todos los individuos (árboles, arbustos, helechos arborescentes, palmas) con un dap entre 2 y 9,9 cm. Utilice una cinta diamétrica para la medición de diámetros. (Formulario 3).
- h. Para todos los árboles, calcule la altura total y comercial en clases de 2 m; mida la altura total de al menos ocho árboles de la UMS (dos árboles por clase diamétrica de 2 cm).
- i. El dendrólogo identifica la especie de cada individuo medido y anota en el formulario respectivo. Si no logra identificar la especie, fotografía rasgos distintivos del individuo (hojas, corteza, fuste) y registra el número de la foto en el respectivo formulario; además, colecta y registra el número de la colecta botánica para su posterior procesamiento en la oficina. Las lianas, bejucos y similares solo se identifican por su hábito o porte y no se colectan muestras.

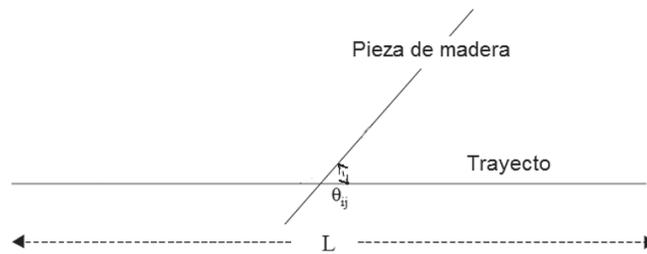
3.5.5 Demarcación del trayecto para medir madera muerta caída

- a. A partir del centro de la UMP mida 10 m en sentido sur y 10 m en sentido norte. La longitud debe ser horizontal (corregida por pendiente). Marque los puntos con balizas.



- b. Con cinta diamétrica o una forcípula, mida el diámetro de la madera muerta caída (ramas, troncos, raíces con diámetro mayor a 10 cm y longitud mínima de 1,5 m) que toca la línea de 20 metros. El diámetro se debe medir en el punto donde la troza o rama cruza la línea del trayecto. Para piezas de madera redonda o semirredonda se mide el ángulo de la pieza con respecto a la horizontal, si es superior a 15 grados; si el ángulo es menor a 15°, el efecto sobre la longitud efectiva de la troza es de 2-4% y, por lo tanto, no es necesario realizar ninguna corrección (Marshall *et al.* 2000). (Formulario 7: Unidad de muestreo de sexto nivel).



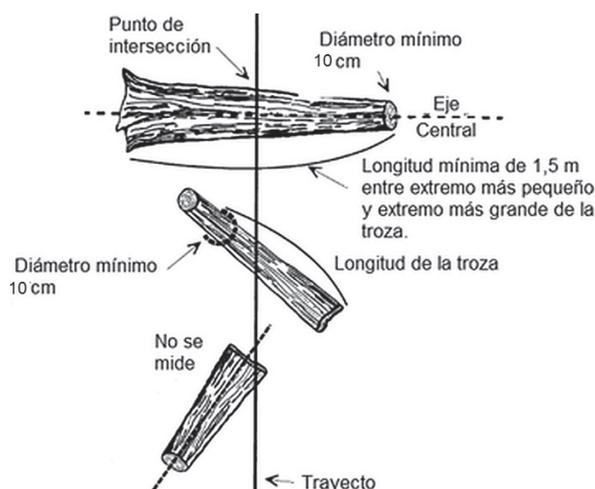


- θ_{ij} : ángulo (0 a 90 grados) de troza con línea del trayecto (Marshall *et al.* 2000)

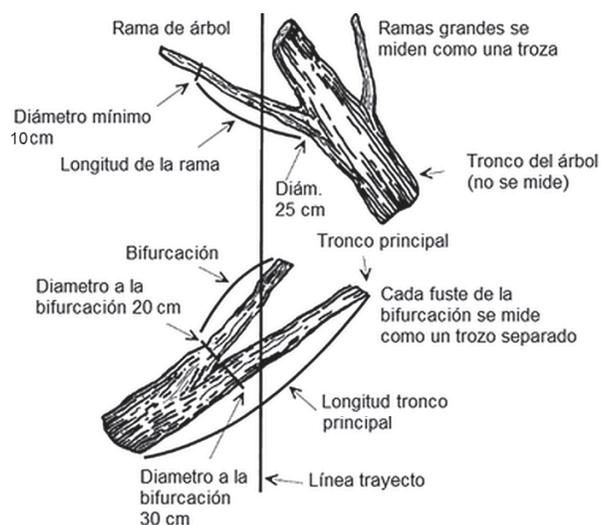
<p>Tronco y rama se intersectan con el trayecto: medir diámetro en cada segmento.</p>	<p>La pieza de madera cruza varias veces el trayecto: medir el diámetro en cada intersección.</p>
	<p>Sección transversal de tronco perpendicular al eje central del trayecto en punto de intersección</p> <p>Sección transversal a lo largo del plano de intersección</p>
	<p>Sección transversal de tronco perpendicular al eje central del trayecto en punto de intersección</p> <p>Sección transversal a lo largo del plano de intersección</p>

- Medición del diámetro de madera muerta caída (Marshall *et al.* 2000).





- Los troncos se miden solo si cruzan la línea a través de su eje central (Waddell 2002).



- Se debe medir cada segmento de troncos y ramas que se intersequen con la línea (Waddell 2002).
- c. Clasifique cada troza o segmento según su estado de descomposición; documéntelo con una fotografía y anótelo en el respectivo formulario:
- **Sólido:** madera sólida caída recientemente, con corteza intacta y/o ramas finas todavía adjuntas. No es posible insertar con la mano un clavo de 12,7 cm (5 pulgadas) en el tronco o rama.
 - **Intermedio:** el tronco o rama parece haber estado en el suelo del bosque durante algún tiempo, puede formar parte del mantillo forestal, con musgos y líquenes; la corteza se ha separado del tronco o rama y posiblemente la albura empieza a descomponerse y fragmentarse; resulta difícil empujar con la mano un clavo de 12,7 cm (5 pulgadas) en el tronco o rama.



- Descompuesto: la madera está blanda, podrida, se rompe con facilidad al pisarla; es posible meter con la mano un clavo de 12,7 cm (5 pulgadas) en el tronco o rama.



Madera muerta caída pero todavía sólida



Madera muerta caída con un grado intermedio de descomposición

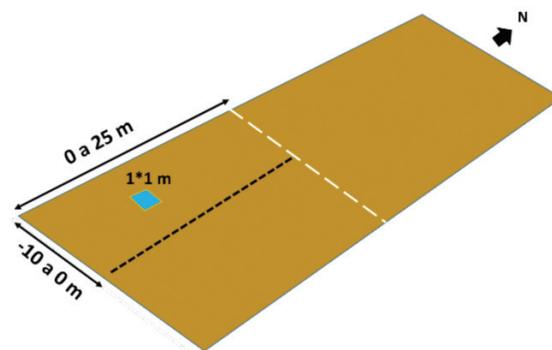


Madera muerta caída descompuesta o podrida



3.5.6 Delimitación de la unidad de muestreo para medir especies herbáceas

En esta parcela se cuantifica la presencia y abundancia de grupos taxonómicos de herbáceas (plantas no leñosas que crecen bajo el estrato arbóreo). A partir de los datos de la subparcela se puede calcular el índice de biodiversidad específica de Shannon (H'), conocido también como índice de Shannon-Weiner, el cual contempla tanto la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especies) como la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).



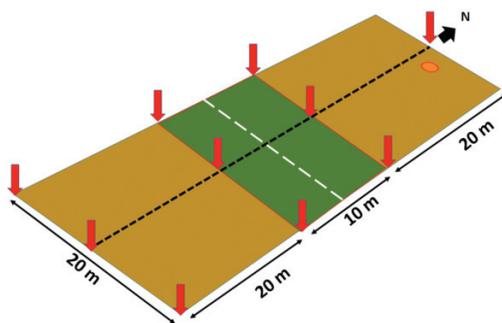
Los pasos para ejecutar el procedimiento son los siguientes:

- Establezca la parcela de 1 x 1 m (1 m^2) ubicada en la coordenada -5,5 de la UMP.
- Registre la frecuencia y altura total de cada grupo herbáceo genérico en la parcela UMC. Los datos se consignan en el Formulario 5. Solo se realizan conteos y no se toman muestras botánicas. Para gramíneas u otras de similar hábito, se estima el porcentaje del área total de la parcela de 1 x 1 m que la especie cubre.

3.5.7 Determinación del punto final del eje longitudinal de la UMP

Este paso permite delimitar la tercera subparcela de regeneración.

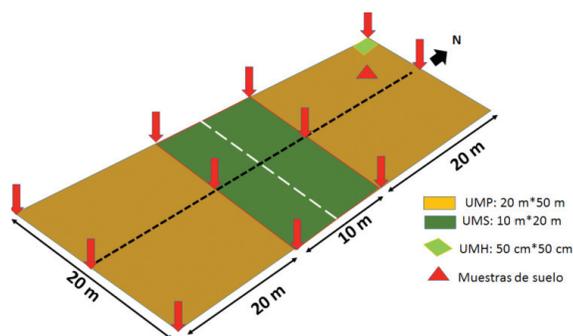
- Mida una distancia de 20 metros con rumbo norte franco desde la baliza central de la unidad de muestreo secundaria, márquelo con una baliza.
- Coloque el cuarto tubo de PVC; tome una foto del sitio y registre la posición en CRTM05.
- Mida la tercera subparcela de regeneración en el círculo de 1 m de radio; utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.2b. (Formulario 4).



3.5.8 Determinación del vértice oeste de la UMP

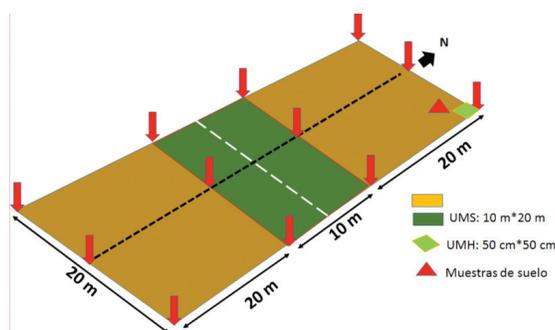
Este paso permite delimitar la tercera parcela para la medición de la hojarasca y toma de la muestra de suelo.

- Trace una perpendicular al eje longitudinal de la UMP para establecer el vértice noroeste. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.2 para asegurarse de que los trazos son perpendiculares al eje central de la parcela primaria. Márquelo con una baliza.
- Entierre unos 30 cm del quinto tubo de PVC; tome una foto del sitio y registre la posición en CRTM05.
- Establezca la tercera subparcela de hojarasca (0,5 x 0,5 m) y recolecte la respectiva muestra. (Formulario 6). Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.3d.
- Obtenga la tercera muestra de suelo mineral mediante el procedimiento descrito en el punto 3.5.3f.



3.5.9 Determinación del vértice este de la UMP

- Este paso permite delimitar la cuarta parcela para la medición de la hojarasca y toma de la muestra de suelo.
- Trace una perpendicular al eje longitudinal de la UMP para establecer el vértice noreste. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.2 para asegurarse de que los trazos son perpendiculares al eje central de la parcela primaria. Márquelo con una baliza.
- Entierre unos 30 cm del sexto tubo de PVC; tome una foto del sitio y registre la posición CRTM05.
- Establezca la cuarta subparcela de hojarasca (0,5 x 0,5 m) y recolecte la respectiva muestra. (Formulario 6). Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.3d.
- Mezcle bien las cuatro submuestras de hojarasca y llene una bolsa de 15 x 25 cm; selle la bolsa y manténgala en una hielera para enviarla al laboratorio. Etiquete la muestra con el código de la parcela, jefe de cuadrilla y fecha.
- Obtenga la cuarta muestra de suelo mineral. Utilice el procedimiento descrito en el punto 3.5.3f.
- Mezcle bien todas las muestras de suelo, obtenga una muestra de 500 g. Mantenga la muestra en una hielera y envíela al laboratorio. Etiquete la muestra con el código de la parcela, jefe de cuadrilla y fecha.



3.5.10 Medición y posicionamiento de árboles con dap sobre 10 cm en la UMP

En el respectivo formulario se debe registrar el diámetro a la altura del pecho (cm) de cada árbol con más de 10 cm dap. Los árboles se deben marcar con un punto orientado hacia el trayecto central de la parcela. Si el propietario lo autoriza, se pinta el número en el árbol (el número no debe exceder 15 cm) orientado hacia el trayecto central de la parcela. Si el dueño no permite marcar el árbol se debe documentar en el formulario. Los árboles no identificados por el dendrólogo se marcan con una 'X'. Toda marca debe hacerse a una altura entre 1,50 y 1,60 m.

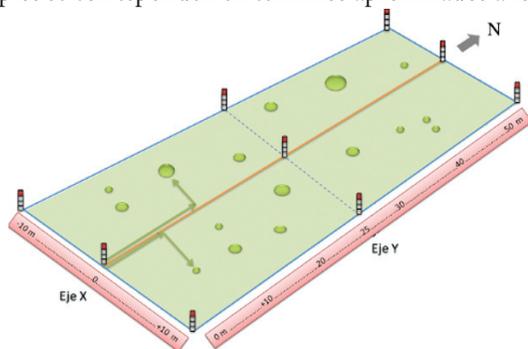
La altura de todos los árboles se calcula en clases de 5 m; además, se debe medir la altura total y comercial en diez árboles de la UMP (un árbol por clase diamétrica de 10 cm, HTmed y HCmed). La información debe ingresarse al Formulario 2.



Marcación del dap y de los árboles

El registro correcto de la ubicación de los árboles mayores a 10 cm dap en la UMP es esencial para futuras mediciones, estudios de crecimiento, mortalidad y reclutamiento y control de calidad en la fase de remediación. Para ubicar los árboles en la UMP se recomienda el siguiente procedimiento:

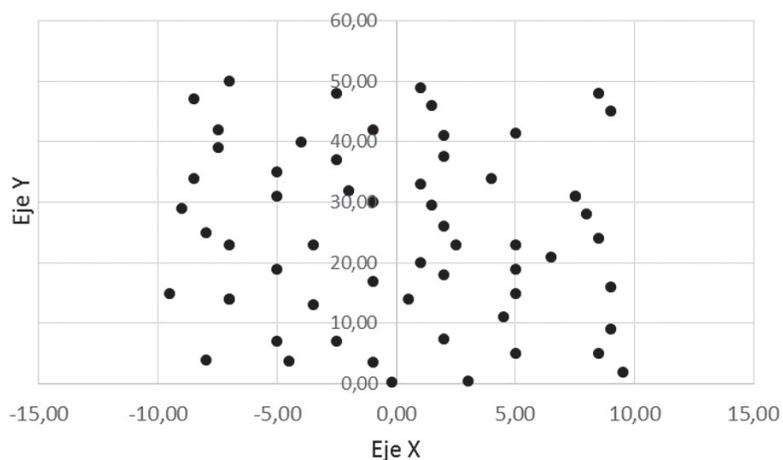
- A cada árbol se le asignan coordenadas en los ejes x (sentido este-oeste) y (sentido sur-norte), las cuales coinciden con la ubicación del punto central del fuste.
- Las coordenadas x y se estiman en metros, a partir del eje central de la UMP. Los valores en dirección norte varían entre 0 y 50 m; los valores en dirección este varían entre 0 y +10 m y los valores en dirección oeste varían entre 0 y -10 m. Los ejemplos se corresponden en términos aproximados a los dos árboles señalados en el dibujo.



Ejemplo:
X: -7 m Y: 11 m
X: 6 m Y: 5 m

Fuente: Programa REDD/CCAD/GIZ (2013)





Distribución de árboles en la parcela

3.5.11 Verificación de la información y materiales

Antes de salir de la parcela, verifique que todos los formularios han sido completados correctamente. No debe quedar ningún campo sin datos. Anote las observaciones que fueran necesarias para no olvidarlas. Justifique cualquier cambio o adecuación al protocolo.

Formulario No.	Completo (escriba Sí)	Observaciones
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Verifique todas las muestras recolectadas.

Muestra	Completo (escriba Sí)	Observaciones
Suelo		
Hojarasca		
Botánicas		

Antes de abandonar la parcela, verifique contra la lista de equipo recibido que se tienen bajo control todos los equipos a su cargo (tipo, número y estado).



3.6 Tareas en oficina

Tareas diarias

Se recomienda que el equipo de trabajo realice las siguientes tareas cada día:

1. Crear carpeta principal en su computadora. Por ejemplo: /IFN_2014
2. Crear subcarpeta con el código de la parcela. Por ejemplo: /IFN_2014/14321
3. Crear subcarpeta de geodatos. Por ejemplo: /IFN_2014/14321/geodatos
4. Crear subcarpeta de fotos. Por ejemplo: /IFN_2014/14321/fotos
5. Crear subcarpeta de mediciones. Por ejemplo: /IFN_2014/14321/mediciones
6. Si necesita crear más carpetas, utilice el esquema indicado previamente.
7. Descargar recorrido y puntos de receptor de posicionamiento global a la carpeta /IFN_2104/14321/geodatos de su computadora. Crear archivos digitales utilizando el código de la parcela como nombre.
 - a. Ejemplo recorrido: REC_14321.shp
 - b. Ejemplo puntos: PT_14321_1.shp, PT_14321_2.shp... PT_14321_n.shp
 - c. Verificar que cada recorrido y punto tiene su respectiva descripción y códigos en el Formulario 1.
8. Crear respaldo de cada uno de los archivos creados.
9. Visualizar archivos mediante un software de SIG. Por ejemplo: Quantum GIS (<http://www.qgis.org/>), programa gratuito de dominio público.
10. Borrar recorrido y puntos de su receptor de posicionamiento global.
11. Digitalizar mediciones colectadas durante el día en la plantilla de Excel. Guardar archivo como: código de parcela + iniciales jefe cuadrilla + fecha. Por ejemplo: 14321_M_Mayo7_2014.xls.
12. Descargar fotos en la carpeta fotos (/IFN_2014/14321/fotos) de su computadora y asignarles un nombre utilizando el código de la parcela y una numeración consecutiva. Por ejemplo: FT_14321_1.jpg, FT14321_2.jpg... FT_14321_n.jpg.
13. Consignar, en un archivo de Excel, el nombre, fecha, hora y descripción de cada foto.
14. Escanear los formularios de campo.
15. Enviar muestras de suelo y hojarasca al laboratorio.
16. Subir todos los archivos a su dirección de Dropbox.
17. Guardar en sitio seguro y a prueba de agua los formularios de campo.

Normas generales para el llenado de formularios y hojas de Excel

- Digitalizar el valor cero (0) cuando el valor de la variable es cero (0); por ejemplo, cuando en la parcela no existe madera muerta caída, o cuando un vértice no tiene hojarasca. Se debe documentar con fotos.
- Cuando no se mide una variable, el campo se deja vacío.
- Cuando la variable no se pudo medir (por ejemplo, el sitio se encuentra anegado y no es posible medir la hojarasca) se digitaliza NM (no medido) y se explica por qué no se midió.
- Parcelas sin individuos (por ejemplo, pasto sin árboles) se registran con valor cero (0) y se documenta con fotos.



Creación de parcelas de replazo

Cuando se deba cambiar una parcela, en el formulario correspondiente se debe anotar que se trata de una parcela de replazo y explicar por qué se hizo el cambio. El código de la parcela se mantiene invariable; es decir, a pesar de que se cambia la parcela, se mantiene el código original. Por ejemplo, si la parcela 1526 es remplazada por la 1453, en el formulario de campo y en la hoja de Excel debe aparecer el número 1453 y no el 1526.

Botánica

En las hojas de Excel existen cinco columnas que se llenan automáticamente al digitalizar el código alfabético (ocho caracteres: cuatro del género y cuatro de la especie). Estas columnas son el Código especie (numérico), Nombre científico, Familia, Género, Especie.

A continuación se explican casos particulares.

- *No se conoce ni el género ni la especie*
El individuo se ingresa como DESC01, DESC02, DESC03..., a nivel de parcela. Al digitalizar un DESC0X aparece automáticamente el código 9999 y la palabra “Indeterminado” en el resto de las columnas.
- *Se conoce el género, pero no la especie*
Quien ingresa los datos debe llenar a mano el código numérico 8888, así como las columnas de Nombre científico, Familia, Género y la regla de SP01, SP02, etc.
- *Se conoce el género y la especie, pero no está en la Lista Maestra*
 - Se trata de una planta no leñosa. En este caso se completa también la columna de OTRO HÁBITO (para lianas, bejucos, semiepífitas, herbáceas, helechos y similares). Quien ingresa los datos puede escoger entre las opciones de la pestaña o ingresar una palabra nueva.
 - Se trata de una *especie nueva para la Lista Maestra*. Quien ingresa los datos debe llenar las cuatro columnas de Nombre científico, Familia, Género y Especie.
 - En ambos casos, quien ingresa los datos debe incluir manualmente el código 7777.

Cuantificación de herbáceas

Las herbáceas se consignan como una frecuencia (conteo). Para ello existe una columna denominada “CANTIDAD de INDIVIDUOS”, en la cual se consigna el número de individuos contados de cada especie/grupo taxonómico en la parcela.

Alturas medidas y estimadas

Las alturas medidas con instrumento se registran en las mismas columnas de las alturas estimadas. Para diferenciar entre ambas medidas existe una columna denominada “ALTURA MEDIDA” donde se indica la palabra SÍ, para aquellos individuos a los cuales se midió la altura con instrumento (mínimo, diez por parcela). No se mide la altura de lianas, bejucos y similares.



Literatura citada

- 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.* 359: 367–380. Disponible en: <http://rstb.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* 15(1): 40-42. Disponible en <http://cro.ots.ac.cr/rdmcfns/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
- Clark, D.B.; 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>
- Cochram, W.G. 1977. *Sampling techniques*. Third Ed. New York, United State of America, John Willey and Sons. 428 p.
- Czaplewski R.; McRoberts R.; Tomppo E. 2004. *Sample designs* (en línea). FAO-IUFRO Knowledge Reference. National Forest Assessments. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/7367/en/>
- De Vries, P.G. 1986. *Sampling theory for forest inventory. A teach yourself course*. Springer-Verlag, Berlin, Germany. 420 p.
- Denslow, J.S. 1980. Gap partitioning among tropical rainforest 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. Mainfold routes to maturity (en línea). *Biotropica* 12: 2-7. Disponible en: <http://people.clas.ufl.edu/jackewel/files/ewel-biotropica-1980.pdf>
- Fallas, J. 2013. *Inventario Forestal Nacional: diseño y estrategia de implementación. 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. 89 p.
- 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 Manuel R.; Ostertag, R. 2001. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics (en línea). *Forest Ecology and Management* 148(1-3): 185-206. <http://hilo.hawaii.edu/uhh/faculty/ostertag/documents/GuariguataandOstertag.pdf>
- Hartshorn, G.S. 1978. Tree falls and tropical forest dynamics. *In: Tomlinson, P.B.; Zimmerman, M.H. (eds.). Tropical Trees as Living Systems*. Cambridge University, Cambridge, Reino Unido. p. 617-638.
- Hartshorn, G.S. 1980. Neotropical forest dynamics. *Biotropica* 12 (Supl. 1): 23-30.
- Kaiser L. 1983. Unbiased estimation in line-intersect sampling. *Biometrics* 39: 965–976.
- 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, B. 2004. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics evidence from 50 South American long-term plots (en línea). *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 359 421–436. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1693337/pdf/15212094.pdf>
- Marshall, P.L.; Davis, G.; Taylor, S.W. 2003. *Using Line Intersect Sampling for Coarse Woody Debris: Practitioners' Questions Addressed*. Nanaimo, BC., Canada, Ministry of Forests. 10 p. (Extension Note EN-012). Disponible en: <http://www.for.gov.bc.ca/rco/research/cwd/en012.pdf>
- Ortiz, E. 2008. *Atlas digital de Costa Rica. 2008 (disco compacto)*. Cartago, Costa Rica, ITCR. 1 disco compacto.
- Ortiz, E. 2013. *Cartografía base para realizar el Inventario Nacional Forestal de Costa Rica. Tercer Informe de Avance. Propuesta de metodología para la clasificación de las imágenes de RapidEye 2012 para elaborar cartografía base para el Inventario Forestal Nacional en Costa Rica*. 14 p.



- Penman, J.; Gytarsky, M.; Hiraishi, T.; Krug, T.; Kruger, D.; Pipatti, R.; Buendía, L.; Miwa, K.; Ngara, T.; Tanabe K.; Wagner, F. (eds.). 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Hayama, Kanagawa, Japan, IPCC. p. irr.
- Programa REDD/CCAD/GIZ. 2013. Protocolo planificación de muestreo y levantamiento de campo inventario forestal de la Cuenca del Canal de Panamá. Elaborado por Sud-Austral Consulting SpA para el Programa Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal en Centroamérica y la República Dominicana (REDD/CCAD/GIZ). Borrador. 55 p.
- Sánchez-Monge, M. 2013. Protocolo de establecimiento y medición de Parcelas Permanentes de Muestreo en bosque natural. Para la Red de Parcelas Permanentes de Monitoreo de Ecosistemas Forestales (RedMEF). Heredia, Costa Rica, Inisefor - Universidad Nacional. 47 p.
- Schnitzer Stefan, A.; Carson Walter, 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-Fonafifo (Sistema Nacional de Áreas de Conservación – Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2011a. Taller Nacional de Expertos para Analizar u 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 del 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 del 2011, San José, Costa Rica). Ayuda memoria. 68 p.
- Sinac-Fonafifo (Sistema Nacional de Áreas de Conservación – Fondo Nacional de Financiamiento Forestal). 2012. Memorando de entendimiento entre Sinac-Fonafifo. Propuesta de Criterios de Integración para la realización del Inventario Forestal Nacional (IFN) y el Mecanismo de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV), para la Estrategia Nacional REDD. 31 de Julio de 2012, Sinac-DE-1424.
- Sinac-GIZ. (Sistema Nacional de Áreas de Conservación - Agencia de Cooperación Internacional de Alemania). 2014. Volumen 1: Cartografía base para realizar el Inventario Forestal Nacional (IFN) de Costa Rica. 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. 60 p.
- Teissier du Cros, R.; López, S. 2009. Preliminary study on the assessment of deadwood volume by the French national forest inventory (en línea). Ann. For. Sci. 66. Disponible en: <http://www.afs-journal.org/articles/forest/pdf/2009/03/f07196.pdf>
- Van Wagner C.E. 1968. The line intercept method in forest fuel sampling. For. Sci. 14: 20–26.
- Van Wagner C.E. 1982. Practical aspects of the line intersect method (en línea). Ontario, Canada, Canadian Forestry Service. (Information Report PI-X-12). Disponible en: <http://www.for.gov.bc.ca/hre/deadwood/practcl.pdf>
- Vreugdenhil, D.; Meerman, J.; Meyrat, A.; Gómez, L.D.; Graham, DJ. 2002. Map of the Ecosystems of Central America: Final Report. World Bank, Washington, D.C., United States of America Disponible en: http://www.google.co.cr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDYQFjAB&url=http%3A%2F%2Fwww.birdlist.org%2Fdownloads%2Fcam%2Fecosystemmapfiles%2Fecosystems_map_central_america_sp.doc&ei=mu8tUqvujjPo9gSkt4FQ&usq=AFQjCNGrakUx-d-Kq-bv0ZKu3t3wf6ChQQ&sig2=44AnJRZhqfwpYCLmg5TTCw&bvm=bv.51773540,d.eWU
- Waddell, K.L. 2002. Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories (en línea). Ecological Indicators 1:139–153. Disponible en <http://naldc.nal.usda.gov/download/36292/PDF>
- Warren W.G.; Olsen, P.F. 1964. A line transect technique for assessing logging waste. For. Sci. 10: 267–276.
- Woodall, C.W.; Rondeux, J.; Verkerk, P.J.; Ståhl, G. 2009. Estimating dead wood during national forest inventories: a review of inventory methodologies and suggestions for harmonization (en línea). Environmental Management. 44: 624-631. Disponible en: http://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_wo079/gtr_wo079_179.pdf



Anexo 1. Codificación de variables

A continuación se presentan seis cuadros que especifican la codificación de las variables que se deben recopilar durante la fase de campo del inventario forestal nacional.

Cuadro A1.1 Codificación de variables medidas en las unidades de muestreo primarias y secundarias

No.	Variable	Descripción	Código
1	Número de individuo	Numeración consecutiva del individuo en la parcela	NINDV
2	Especie	Código numérico asociado con un género y especie de una familia botánica	COD-ESPECIE
3	Diámetro (cm)	Diámetro a la altura del pecho (dap) medido en centímetros según las reglas dasométricas correspondientes	dap
4	Altura total (m)	Valores de altura total estimados	HTOTAL
5	Altura total medida (m)	Valores de altura total medidos	HTmed
6	Altura comercial (m)	Altura comercial estimada a la primera rama o bifurcación del árbol	HCOM
7	Altura comercial medida (m)	Valores de altura comercial medidos	HCmed
8	Coordenada X (m) (UMP)	Coordenada de ubicación del individuo en el eje X de la parcela, desde el punto de origen -IZQUIERDA +DERECHA	CX
9	Coordenada Y (m) (UMP)	Coordenadas de ubicación del individuo dentro de la parcela, tomando como base el punto origen de la parcela	CY
10	Coordenadas de esquinas y puntos centrales de la parcela	Coordenadas CRTM05 del receptor de navegación satelital	Este, Norte

Cuadro A1.2 Codificación de variables medidas en las unidades de muestreo terciarias

No.	Variable	Descripción	Código
1	Número de subparcela	Número de subparcela (1 a 3)	NSUBP
1	Número de individuo	Numeración consecutiva del individuo dentro de la parcela	NIND
2	Especie	Código numérico asociado a un género y especie de una familia botánica	COD-ESPECIE
3	Altura total	Altura total del individuo medida en metros	HTOTAL

Cuadro A1.3 Codificación de variables medidas en las unidades de muestreo cuaternarias

No.	Variable	Descripción	Código
1	Número de grupo	Numeración consecutiva de grupo de individuos en la parcela	NGRUPO
2	Grupo	Se cuantifica la abundancia de especies herbáceas (conteo por grupo genérico, no se colecta muestra)	COD-GRUPO
3	Altura total (m)	Altura total para cada grupo taxonómico	HTOTAL



Cuadro A1.4 Codificación de variables medidas en los puntos de muestreo de hojarasca

No.	Variable	Descripción	Código
1	Vértice de la medición	Vértice de la parcela donde se realiza la medición: SE-SW-NE-NW	VERTICE
1	Número de punto de muestreo	Número de punto de muestreo de hojarasca (parcela de 1 x 1 m)	NPUNTO
2	Número de medición	Número de medición en el punto de muestreo	NMEDICION
3	Profundidad hojarasca (cm)	Profundidad de la capa de hojarasca medida en centímetros	PROFUNDIDAD
4	Peso hojarasca	Peso de la hojarasca en gramos	PESOHoj

Cuadro A1.5 Codificación de variables en los trayectos de medición de madera muerta caída

No.	Variable	Descripción	Código
1	Número de la troza	Numeración consecutiva de cada segmento o troza que toca el trayecto	NTROZO
2	Diámetro de la troza (cm)	Diámetro de la troza o segmento que toca el trayecto	DIAMETROZO

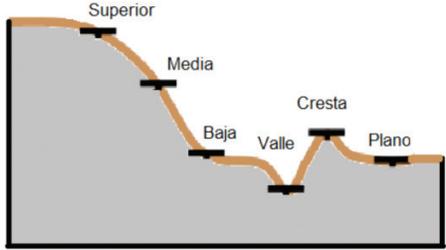
Cuadro A1.6 Codificación de variables para la muestra de suelo mineral

No.	Variable	Descripción	Código
1	Muestra compuesta	Muestra compuesta de suelo	M_SUELO
2	Cilindro de suelo	Cilindro de suelo superficial	C_SUELO



Anexo 2. Formularios de campo

Formulario 1. Caracterización del entorno de muestreo

F1-Entorno	INFORMACIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE MUESTREO															
Inventario Forestal Nacional Costa Rica																
Programa REDD / CCAD - GIZ																
Parcela No.: _____		Hora inicial: _____ Hora final: _____		Fecha: ____ / ____ / ____												
Instrucción: Digitalice los datos solicitados.																
Responsable(s): Jefe cuadrilla: _____ Dendrólogo: _____ Medidor(a): _____																
Provincia	Cantón	Distrito	Localidad	Tiempo de traslado a la parcela (horas minutos)												
Elevación en msnm: _____																
Posición topográfica																
		<table border="1"> <tr><td>Superior</td><td> </td></tr> <tr><td>Media</td><td> </td></tr> <tr><td>Baja</td><td> </td></tr> <tr><td>Fondo de valle</td><td> </td></tr> <tr><td>Cresta</td><td> </td></tr> <tr><td>Plano</td><td> </td></tr> </table>			Superior		Media		Baja		Fondo de valle		Cresta		Plano	
Superior																
Media																
Baja																
Fondo de valle																
Cresta																
Plano																
<i>Características de la vegetación</i>																
Bosque	Origen	Estrato														
1 Maduro () 2 Secundario ()	1 Natural () 2 Plantación ()	Malla de puntos		En campo												
Pasto arbolado 1. Regeneración natural () 2. Remanente de bosque ()	Plantación forestal Especie Prep. terreno Podas Edad															

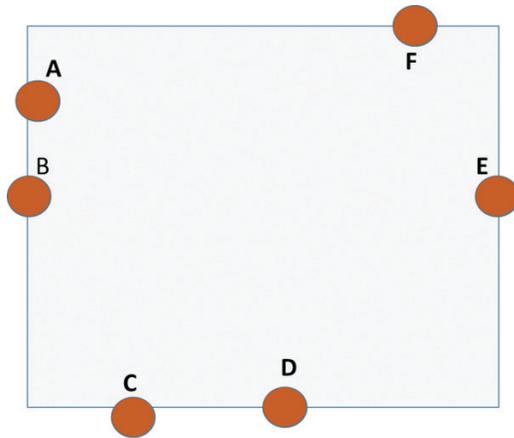


<i>Integridad del bosque</i>																	
<p>Natural</p> <p>1 Incendio ()</p> <p>2 Viento ()</p> <p>3 Derrumbe ()</p> <p>4 Inundación ()</p> <p>5 Otra () Anotar _____</p> <p>6 Ninguna ()</p>	<p>Antrópica</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo</th> <th>Bajo</th> <th>Moderado</th> <th>Alto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Intervenido</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>No intervenido</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Manejo forestal</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Documentar (fotos y testimonios)</p>	Tipo	Bajo	Moderado	Alto	Intervenido				No intervenido				Manejo forestal			
Tipo	Bajo	Moderado	Alto														
Intervenido																	
No intervenido																	
Manejo forestal																	
<p>Áreas de protección hídrica</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Río</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Quebrada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arroyo</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lago</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Naciente</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Río		Quebrada		Arroyo		Lago		Naciente		<p>Notas:</p>						
Río																	
Quebrada																	
Arroyo																	
Lago																	
Naciente																	



Anexo 3. Árboles en el límite de la parcela

El perímetro de la parcela delimita los árboles a medir. Para que un árbol forme parte de una parcela, más de la mitad de su sección transversal a la altura del dap debe encontrarse en el interior de la parcela. Cuando el perímetro de la parcela se interseca con el centro de la sección transversal del árbol a la altura del dap (árbol en el límite de la parcela), el primero se mide y el segundo no y así consecutivamente.



Reglas para considerar los árboles en el límite de la parcela

- A. Árbol dentro de parcela
- B. Árbol en línea de la parcela: se mide
- C. Árbol fuera de parcela
- D. Segundo árbol en línea de la parcela: no se mide
- E. Tercer árbol en línea de la parcela: se mide
- F. Cuarto árbol en línea de la parcela: no se mide

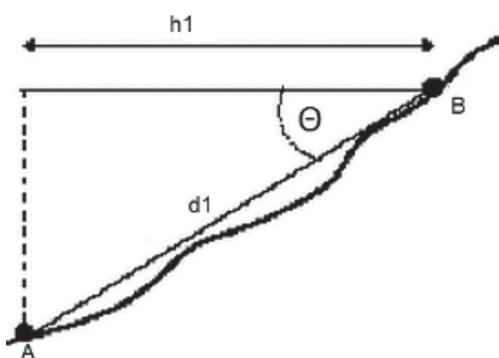


Anexo 4. Corrección de distancia por pendiente

Toda longitud o distancia debe medirse en plano porque la distancia entre dos puntos medidos a lo largo de la pendiente (d_1) es siempre más larga que la distancia horizontal equivalente (h_1). A continuación se ilustra cómo corregir la distancia por pendiente.

Método 1: Factor de corrección por pendiente

Para obtener la distancia horizontal equivalente en terreno inclinado, mida el ángulo de la pendiente (Θ) y utilice el factor de corrección correspondiente (Cuadro A4.1).



Θ : ángulo (grados) formado por la línea de pendiente con respecto a la horizontal

$$F_c = -h_1 (1 - \cos \Theta)$$

Ejemplo:

$$h_1 = 10 \text{ m}$$

Pendiente: 10°

$$F_c = -10 * (1 - \cos 11)$$

$$F_c = -10 * (1 - 0,9816)$$

$$F_c = -10 * 0,01837 = -0,1837 \text{ m}$$

O sea que para una distancia de 10 m con una gradiente de 11° , en terreno inclinado deben medirse 10,2 m.

Corrección de distancia por pendiente

Fuente: http://www.fao.org/docrep/008/ae578e/ae578e06.htm#P2306_103986

Para utilizar los valores dados en el Cuadro A4.1 se necesita un clinómetro (u otro dispositivo de medición de pendiente) para medir la pendiente entre los puntos A y B. La medición de la pendiente debe hacerse a lo largo de una línea paralela a la pendiente media del terreno: el instrumento debe estar ubicado a la misma altura del objetivo. Determine la distancia d_1 correspondiente a la distancia horizontal deseada mediante el uso del factor de corrección respectivo. Para verificar la medición de pendiente, desplácese hasta el punto B y mida de nuevo la pendiente en la dirección a A. Si el resultado es diferente de la primera medición, repetir la operación.

Para otras distancias horizontales, no incluidas en la tabla, se puede obtener la distancia corregida multiplicando la distancia horizontal por el factor de corrección de pendiente (F_c). Por ejemplo, en un terreno con una pendiente de 50%, la distancia horizontal equivalente de 3 metros es: $3 * 1,0308 = 3,4 \text{ m}$ en el terreno inclinado.

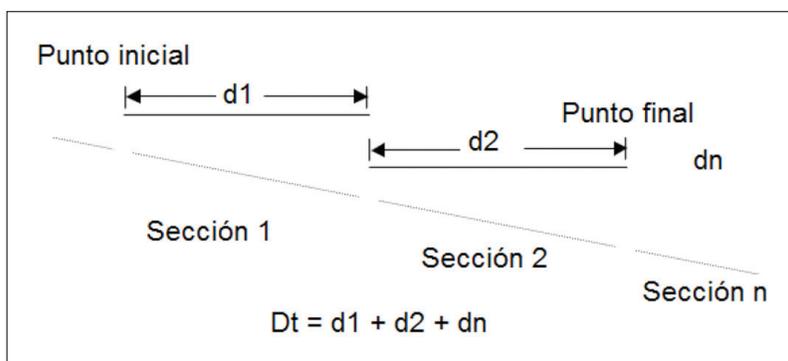


Cuadro A4.1 Factores de corrección por pendiente

Pendiente	Grados	Factor	Distancia horizontal y distancia equivalente inclinada								
			5	10	15	20	25	30	40	50	
%	°	F _C									
15	9	1,0112	5,1	10,1	15,2	20,2	25,3	30,3	40,4	50,6	
20	11	1,0198	5,1	10,2	15,3	20,4	25,5	30,6	40,8	51,0	
25	14	1,0308	5,2	10,3	15,5	20,6	25,8	30,9	41,2	51,5	
30	17	1,0440	5,2	10,4	15,7	20,9	26,1	31,3	41,8	52,2	
35	19	1,0595	5,3	10,6	15,9	21,2	26,5	31,8	42,4	53,0	
40	22	1,0770	5,4	10,8	16,2	21,5	26,9	32,3	43,1	53,9	
45	24	1,0966	5,5	11,0	16,4	21,9	27,4	32,9	43,9	54,8	
50	27	1,1180	5,6	11,2	16,8	22,4	28,0	33,5	44,7	55,9	
60	31	1,1662	5,8	11,7	17,5	23,3	29,2	35,0	46,6	58,3	
70	35	1,2207	6,1	12,2	18,3	24,4	30,5	36,6	48,8	61,0	
80	39	1,2806	6,4	12,8	19,2	25,6	32,0	38,4	51,2	64,0	
90	42	1,3454	6,7	13,5	20,2	26,9	33,6	40,4	53,8	67,3	
100	45	1,4142	7,1	14,1	21,2	28,3	35,4	42,4	56,6	70,7	
110	48	1,4866	7,4	14,9	22,3	29,7	37,2	44,6	59,5	74,3	
120	50	1,5620	7,8	15,6	23,4	31,2	39,1	46,9	62,5	78,1	
130	52	1,6401	8,2	16,4	24,6	32,8	41,0	49,2	65,6	82,0	
140	54	1,7205	8,6	17,2	25,8	34,4	43,0	51,6	68,8	86,0	
150	56	1,8028	9,0	18,0	27,0	36,1	45,1	54,1	72,1	90,1	

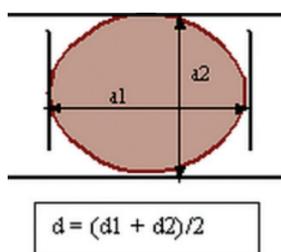
Método 2: Seccionamiento de la distancia

La distancia a medir se divide en diferentes secciones en función de factores como gradiente y visibilidad. Cada sección se debe medir en plano y luego se suman las secciones para obtener la distancia deseada. Este método no necesita un factor de corrección de pendiente; el único requisito es que la cinta se encuentre a nivel en cada tramo y que los extremos de la cinta coincidan con el punto inicial y final del segmento a medir.



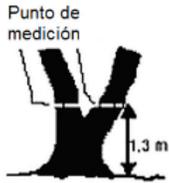
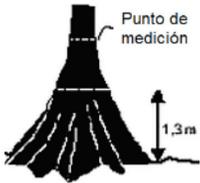
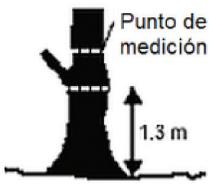
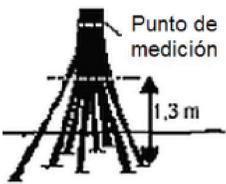
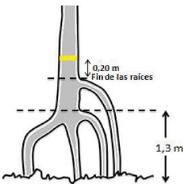
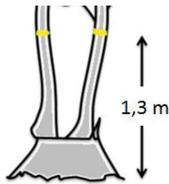
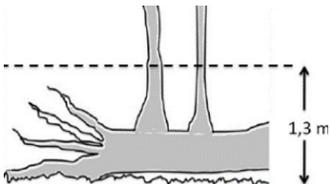
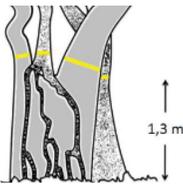
Anexo 5. Reglas para la medición del dap

El diámetro a la altura del pecho (dap) se mide en centímetros a 1,30 m sobre el terreno.



<p>Árbol vertical en terreno plano: el dap se mide a 1,30 m de la base.</p>	<p>Árbol inclinado en terreno inclinado: el dap se mide arriba de la pendiente, a 1,30 m de la base.</p>	<p>Árbol inclinado en terreno inclinado: el dap se mide arriba de la pendiente, a 1,30 m de la base.</p>
<p>Árbol inclinado en terreno plano: el dap se mide por el lado de la inclinación a 1,30 m de la base.</p>	<p>Árbol vertical en terreno inclinado: el dap se mide a 1,30 m de la base, arriba de la pendiente.</p>	<p>Árbol bifurcado sobre 1,30 m: medir dap a 1,30 m.</p>



 <p>Árbol bifurcado a o sobre 1,30 m: medir dap de cada eje 20 cm por arriba de la bifurcación.</p>	 <p>Árbol con gambas sobre 1,30 m: el dap se mide 20 cm por encima del final de la gamba.</p>	 <p>Árbol con protuberancia a 1,30 m: el dap se mide 20 cm por encima del final de la protuberancia.</p>
 <p>Árbol con protuberancia y rama a 1,30 m: el dap se mide 20 cm por encima del final de la protuberancia.</p>	 <p>Palma con raíces zancudas sobre 1,30 m: el dap se mide 20 cm por encima del final de las raíces.</p>	 <p>Árbol con raíces fúlcreas a 1,30 m: el dap se mide 20 cm arriba de donde terminan las raíces fúlcreas.</p>
 <p>Tocón con rebrotes: el dap de cada rebrote se mide a 1,30 m.</p>	 <p>Árbol caído con rebrotes: el diámetro de cada eje se mide a 1,30 m desde el suelo.</p>	 <p>Arboles agrupados: se mide el dap de cada individuo. El punto de medición debe seguir las reglas anteriores.</p>

Fuente: Sánchez-Monge (2013) y http://www.fao.org/docrep/008/ae578e/ae578e06.htm#P2306_103986



Anexo 6. Reglas para la medición de altura total y comercial

La medición de la altura total y comercial del árbol se puede realizar con un hipsómetro (Suunto, Haga, instrumentos laser). A continuación se describen los pasos de este proceso:

- Medir la distancia horizontal entre observador y árbol (p.e., 15, 20, 30 o 40 metros). Al medir la altura de un árbol evite ángulos muy agudos. Para evitar errores de medición, la distancia desde el árbol debe ser equivalente a la altura del árbol. En ángulos muy altos, la función tangente se transforma en una función parabólica por lo que cualquier error de ángulo se amplifica exponencialmente; en tanto que para ángulos bajos, el cambio decrece rápidamente:
-

$\text{Tan}(70^\circ) * 30 \text{ m} \approx 82 \text{ m}$	$\text{Tan}(40^\circ) * 30 \text{ m} \approx 25 \text{ m}$
$\text{Tan}(71^\circ) * 30 \text{ m} \approx 87 \text{ m}$	$\text{Tan}(41^\circ) * 30 \text{ m} \approx 26 \text{ m}$

- La base del árbol se encuentra a la misma elevación que el ojo del observador. En este caso la altura total del árbol es igual a:

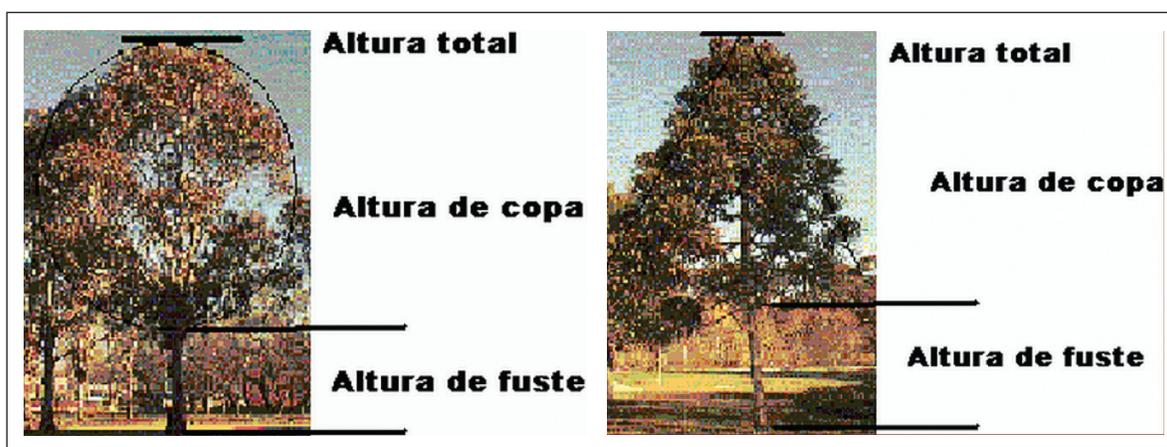
$$\text{Altura total (m)} = d \text{ (m)} * (\tan \text{ ángulo})$$

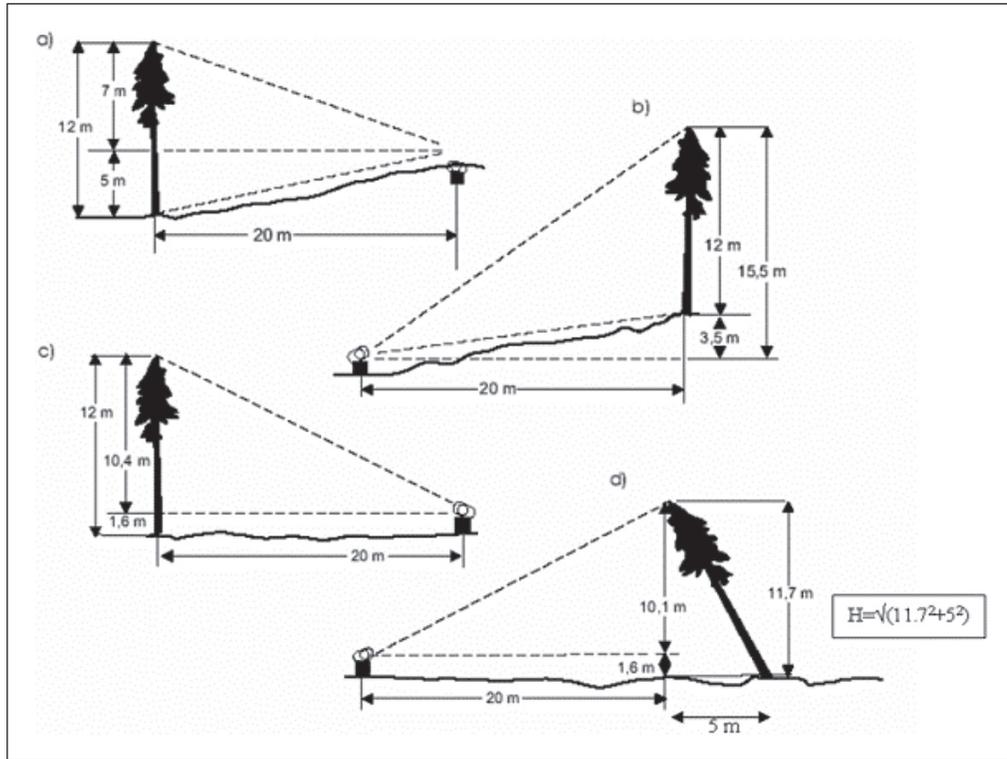
- La base del árbol se encuentra por debajo de la elevación del ojo del observador. En este caso la altura total del árbol es igual a:

$$\text{Altura total (m)} = d \text{ (m)} * \{(\tan \text{ ángulo base} + \tan \text{ ángulo superior})\}$$

- La base del árbol se encuentra por encima de la elevación del ojo del observador. En este caso la altura total del árbol es igual a:

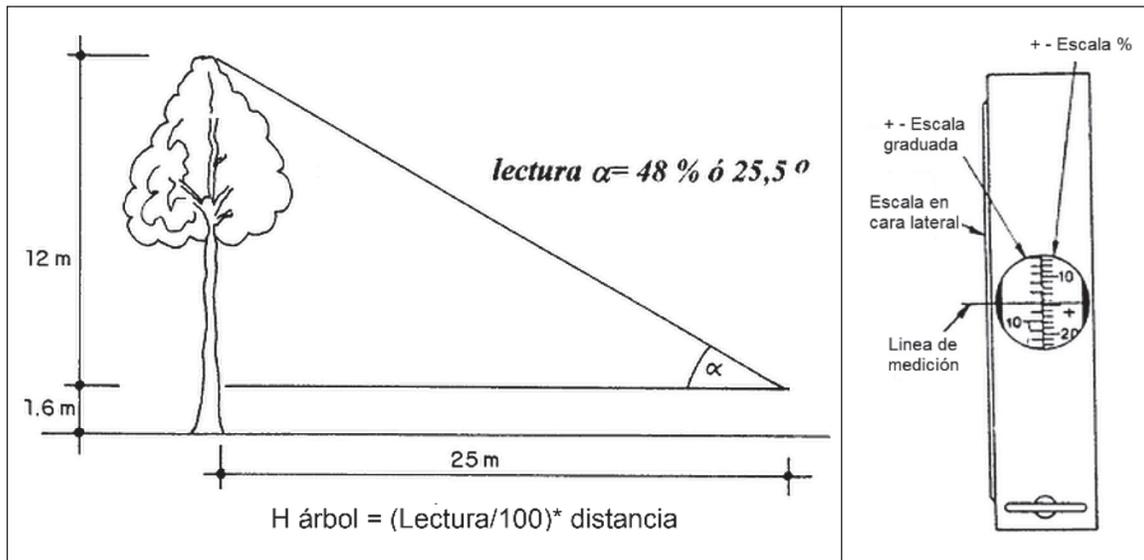
$$\text{Altura total} = d \text{ (m)} * \{(\tan \text{ ángulo base} - \tan \text{ ángulo superior})\}$$





Medición de la altura

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/008/ae578e/AE578E83.gif>



Medición de altura con hipsómetro Suunto



Anexo 7. Criterios para el establecimiento de la parcela

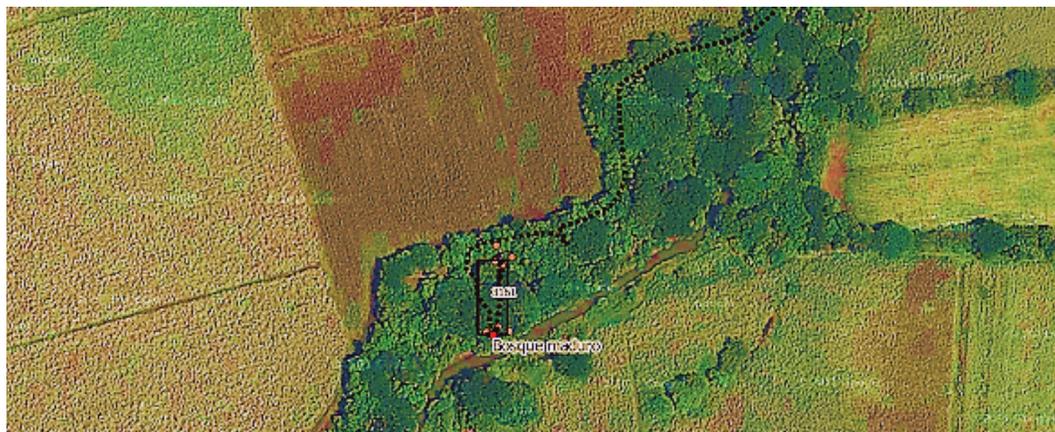


Si al establecer la parcela se encuentra que el perímetro abarca dos o más coberturas, se debe indicar en el formulario y registrar la distancia de cada una de ellas. La fotografía del ejemplo (ortofoto 1:5000 del SNIT (<http://snitcr.org/>)) muestra una parcela de bosque secundario que aparentemente cubre dos clases de uso-cobertura: pasto sin árboles y bosque secundario.

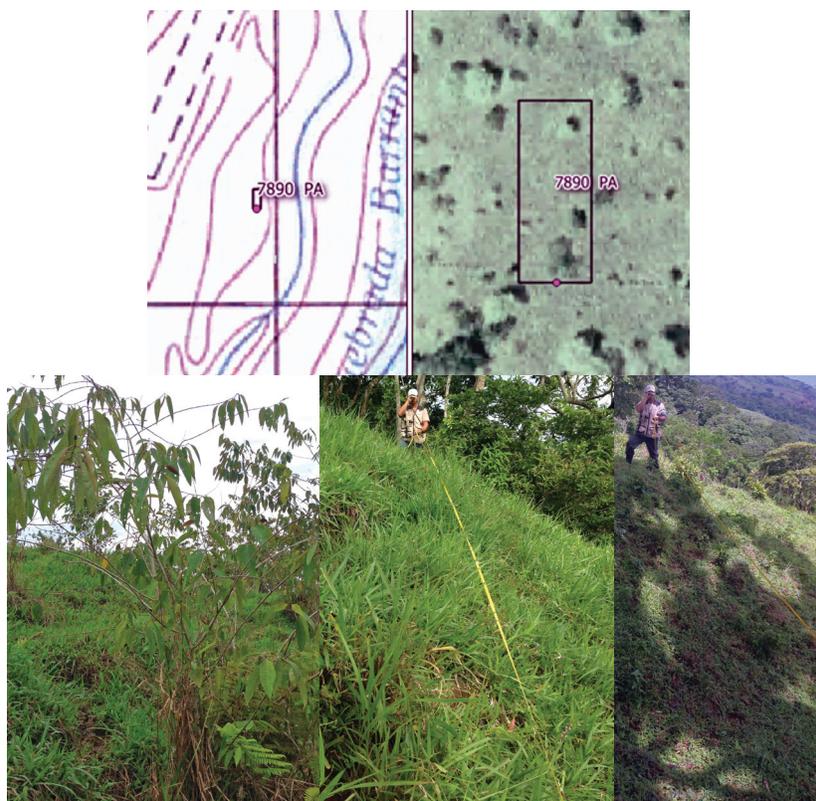
Para efectos del Inventario Forestal Nacional, el *área mínima* de mapeo es de 1 ha y, por lo tanto, si el punto corresponde a un bosque secundario, y parte de la parcela se encuentra en un parche de bosque secundario mayor a 1 ha, entonces la parcela debe reubicarse de tal forma que se muestree solo el bosque secundario.



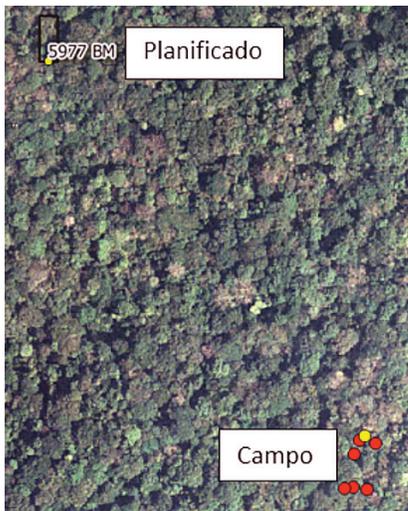
El punto de muestreo indica que la parcela debe ubicarse en un bosque secundario. La ortofoto de alta resolución indica que, efectivamente, se trata de un bosque secundario y, por lo tanto, es válido ubicar la parcela y documentar cualquier espacio sin árboles.



Cuando la parcela se ubica en bosque ribereño, como se muestra en la ilustración (ortofoto 1:5000 del SNIT), se debe hacer la anotación en el formulario. En este caso, se debe evitar el efecto de borde, ubicar la parcela en dirección O-E y no S-N y documentar la decisión.



En el caso de que la parcela se ubique en pasto sin árboles, se debe documentar con fotos en sentido S-N y E-O la inexistencia de árboles con dap superior a 10 cm. En la boleta respectiva se anotan valores de cero (0) cuando corresponda y además se registran los puntos GPS de la parcela.



Parcela reubicada en campo a unos 575 m al SE del punto original. Como norma, no se debe reubicar una parcela en campo a menos que sea imposible ubicarla en el punto de muestreo.

Los puntos de GPS indican que la parcela se estableció hacia el sur y no hacia el norte. Justificar y documentar la decisión.

Utilice su criterio técnico sustentado en evidencia objetiva para decidir sobre el estado sucesional del bosque. Por ejemplo, en el caso ilustrado en la imagen, es evidente que se trata de un bosque ribereño, pero las fotos no parecen indicar que se trate de un bosque maduro.

