

- Mapeo de la Cobertura Forestal
- ▶ Volumen, Biomasa y Carbono Forestal
- Sistemas de Monitoreo de Bosques
- Herramientas



Diseño del Inventario Forestal Multipropósito en la Cuenca del Canal de Panamá

INTEGRANDO ESFUERZOS PARA UN BUEN MANEJO DE LOS BOSQUES

Programa Regional REDD/CCAD-GIZ



Publicado por la



Mapeo de la Cobertura Forestal

▶ **Volumen, Biomasa y Carbono Forestal**

Sistemas de Monitoreo de Bosques

Herramientas

Diseño del Inventario Forestal Multipropósito en la Cuenca del Canal de Panamá

INTEGRANDO ESFUERZOS PARA UN
BUEN MANEJO DE LOS BOSQUES

Programa Regional
REDD/CCAD-GIZ

Diseño del Inventario Forestal Multipropósito en la Cuenca del Canal de Panamá

Esta publicación presenta los principales elementos del DISEÑO DEL INVENTARIO FORESTAL MULTIPROPÓSITO EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ, 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.

Publicado por:

Programa REDD/CCAD-GIZ
Oficina Registrada Apartado Postal 755
Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana,
Urbanización Santa Elena, Antiguo Cuscatlán, La Libertad
El Salvador, C.A.
T +503 2121-5100
F +503 2121-5101
E info@reddccadgiz.org
I www.reddccadgiz.org

Responsable:

Abner Jiménez, Especialista Sectorial.
Programa REDD/CCAD-GIZ
abner.jimenez@giz.de

Autores:

Patricio Emanuelli Avilés - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ (Sud-Austral Consulting SpA)
Fabián Milla Araneda - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ (Sud-Austral Consulting SpA)
Michelle Szejner - Asesora Nacional para Panamá. Programa REDD/CCAD-GIZ
Lisbeth Karina Vergara P. - Especialista en Protección Ambiental, División de Ambiente. Autoridad del Canal de Panamá

Diseño Gráfico:

Alfonso Quiroz Hernández - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ (Sud-Austral Consulting SpA)
Maritza Toledo Vargas

Noviembre 2014

Componente: Monitoreo y Reporte

Área Temática: Volumen, Biomasa y Carbono Forestal

País: Panamá

ISBN 978-956-358-206-2



Diseño del Inventario Forestal Multipropósito en la Cuenca del Canal de Panamá

By Programa REDD/CCAD-GIZ is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License.
Creado a partir de la obra en www.reddccadgiz.org

C O N T E N I D O S

1. INTRODUCCIÓN	4
2. LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ	6
3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INVENTARIO	10
4. PROPUESTA PARA LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS UNIDADES MUESTRALES	13
5. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA EL INVENTARIO	15
	25
6. PROTOCOLO DE MATERIALIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO	30
	32
	47
	63
7. BIBLIOGRAFIA	74

5.1 Inventario en el bosque natural de la Cuenca del Canal de Panamá

5.2 Inventario en Plantaciones certificadas bajo el Carbon fix standard (PA-ACP: Panama Canal Authority Sustainable Forest Cover Establishment)

6.1 Caracterización de las Parcelas

6.2 Secuencia y consideraciones para el levantamiento de las parcelas

6.3 Formularios y codificación de variables

1. INTRODUCCIÓN

El inventario forestal es el método usado para recoger datos del bosque tratando de describirlo en función del objetivo previsto por el propietario del recurso forestal (Velasco, 2012). El concepto de inventario forestal se refiere a la descripción cualitativa y cuantitativa de los componentes de un área ocupada por bosques, por lo que en general, incluye información sobre la cantidad y calidad de los productos (Sorrentino, 1997). Esto implica, tanto características correspondientes a los árboles, en cuanto a sus dimensiones dendrométricas, como al conjunto de individuos desde el punto de vista dasométrico, en relación al área que estos ocupan, y a las condiciones del medio físico en el que se desarrollan (Husch *et al.*, 2002; Rodas, 2005).

Las experiencias con esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) sugieren que hay por lo menos tres condiciones básicas para que un mecanismo de este tipo pueda funcionar (Wunder *et al.*, 2008, Landell-Mills y Porras, 2002): condiciones económicas, condiciones legales e institucionales, y condiciones de información y técnicas; esta última hace referencia a que los esquemas de PSA dependen de información sobre el servicio ambiental en cuestión, es decir, los compradores de servicios ambientales requieren información sobre la cantidad y calidad del servicio que compran y, al mismo tiempo, los proveedores de los servicios necesitan información sobre cómo su uso de la tierra afecta la cantidad y calidad de los servicios ambientales. Es por ello que un primer elemento de importancia es la fuente de obtención de la información, habitualmente, un inventario forestal. En un inventario forestal clásico, las variables relativas al medio se registran sobre todo en función de la influencia que ejercen sobre la productividad forestal (Pelz, 1995), lo que sin embargo no excluye que se utilicen con otro fin. Por ejemplo, a menudo es posible extraer indicadores de la diversidad estructural de los bosques a partir de información fácilmente disponible como la distribución de los diámetros, la distribución de especies de árboles, la altura de los árboles, la caracterización de los niveles de crecimiento, la posición social de los árboles, y el número de árboles vivos y muertos (Rondeux, 1999).

En el contexto de evaluaciones a amplias superficies de territorio se encuentran los inventarios nacionales, que también pueden ser subnacionales, y que son llevados a cabo para cumplir con objetivos definidos a nivel nacional, por lo que toda la información que brinda es general (en cuanto a superficie, composición, rendimientos promedio, existencias totales en pie) y es expresada por división política del país (Sorrentino, 1997). La información obtenida de los inventarios forestales nacionales (y también subnacionales) se utiliza para la adopción de decisiones, la formulación de políticas y el seguimiento del sector forestal y sectores afines en el ámbito nacional, así como para la planificación forestal en unidades geográficas o políticas más reducidas de carácter subnacional (Kleinn, 2002). La mayoría, si no la totalidad, de los inventarios forestales de este tipo, realizados sobre la base de muestreos en general sistemáticos y a

veces multifases, tienen por objeto proporcionar información sobre la producción maderera de los bosques y su disponibilidad; por ello, contienen pocos datos sobre otros aspectos como la biodiversidad forestal, por ejemplo (Rondeux, 1999). No obstante, desde hace algunos años se acentúa progresivamente la tendencia a recoger en inventarios nacionales, en particular cuando son objeto de revisiones metodológicas, información relativa a las funciones forestales orientadas no exclusivamente a la producción maderera (Lund, 1986). En este sentido puede decirse que algunas variables relativas al medio están ya presentes en estos tipos de inventario, otras pueden deducirse total o parcialmente, mientras que otras necesitan una recolección específica, o incluso requieren metodologías adaptadas (Lund, 1993).

Para solucionar el hecho que no es posible realizar una medición a todo el bosque, pues no se dispone de los suficientes recursos económicos y humanos, es que se trabaja con una muestra de la población total, constituida por unidades de muestreo, y si bien ésta no refleja exactamente las características y condiciones del área objeto de estudio si permite hacer inferencias de las mismas (Río *et al.*, 2000; Velasco, 2012). Un aspecto importante que debe definirse en un muestreo para formular un inventario forestal, además de la técnica a emplear, es la definición de la forma y tamaño de los sitios, precisando los conceptos estadísticos y los problemas prácticos que se presentan con los procedimientos de muestreo y toma de datos (Murillo y Camacho, 1997; Velasco, 2012). Para el caso de bosques tropicales, González *et al.* (2002) señalan que uno de los problemas existentes en el manejo sostenible de los bosques es precisamente la falta de investigación sobre el tamaño y forma del sitio de muestreo de tal manera que se puedan obtener estimaciones de las características ecológicas y productivas del sitio con una mayor eficiencia estadística a un menor costo.

La exactitud de un inventario forestal está dada por el error total, que es la diferencia entre la estimación de una muestra y el valor verdadero de la población, y que incluye errores de muestreo (o errores aleatorios) y sesgos (o errores sistemáticos), que pueden tener origen en el procedimiento de muestreo o en errores de medición (Prodan *et al.*, 1997; Río *et al.*, 2000). En cuanto a estos errores, Samalca (2007) indica que el error aleatorio se espera que tienda a cero al aumentar el tamaño de la muestra, mientras que el error sistemático no promedia cero y debería ser evitado por todos los medios. El proceso de optimizar un inventario consiste en minimizar los errores no muestrales y en maximizar la eficiencia muestral (maximizar la precisión) (Prodan *et al.*, 1997). En post del diseño óptimo deben tomarse decisiones respecto al tipo de unidad muestral a utilizar y el sistema de muestreo más conveniente. En particular, el error de muestreo depende del tamaño de la muestra, de la variabilidad entre las unidades muestrales y del procedimiento de muestreo utilizado (Cancino, 1999). Los sistemas de muestreo clásicos son el muestreo aleatorio simple y el muestreo sistemático, pero existe también el empleo de técnicas de muestreo agrupado, o muestreo por conglomerados (Prodan *et al.*, 1997).

A continuación se presentan los principales aspectos del diseño y planificación del inventario a realizar en los ecosistemas forestales ubicados en la Cuenca del Canal de Panamá.

2. LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ

Según Grupo CABAL (2010), ANAM reportaba una tasa de deforestación de Panamá para el período 1992-2000 de 1.12% con una pérdida anual de 41,325 hectáreas. Sin embargo, un estudio más reciente, indica que en el período 2000-2008, la tasa de deforestación es de 0.4% con una pérdida anual de bosques de apenas 13,420 hectáreas. Las tasas de deforestación por provincias son muy variadas, siendo las provincias de Panamá 1.53%, Darién 1.75% y Ngobe-Bugle 2.72% las que tienen tasas de pérdida anual de bosques mayores. Los patrones de uso de la tierra históricos, la proporción de fincas sin título, un índice de pobreza o desarrollo humano, y la densidad de trabajadores agrícolas explican el 67% de variación de cobertura de bosques entre distritos (subdivisiones de las provincias), encontrándose la mayor concentración de bosques en las áreas menos pobladas con mayor pobreza.

La Cuenca del Canal de Panamá se localiza en la parte central del país y tiene una superficie total de 343.753 ha., lo que representa un 4.5% del territorio nacional. El área de la Cuenca está distribuida en 2 provincias, Panamá y Colón, y comprende 7 distritos: Panamá, Arraiján, La Chorrera y Capiro (provincia de Panamá); Colón, Portobelo, y una muy pequeña porción de Chagres (provincia de Colón). En estos 7 distritos hay 40 corregimientos que albergan alrededor de 432 lugares poblados ubicados la mayoría, totalmente dentro de los límites de la Cuenca, y algunos en forma parcial. (<http://www.cich.org/la-cuenca/cuenca.html>).

La red hidrográfica de la Cuenca es extensa y está formada por ríos principales, ríos secundarios, quebradas y riachuelos. Además, existen tres lagos artificiales: Alhajuela, Miraflores y Gatún (considerado uno de los lagos artificiales más grandes del mundo). Cada uno de estos lagos cuenta con su red hidrográfica y el área de drenaje que comprenden las tres regiones hídricas de la Cuenca. La más pequeña de estas regiones es la subcuenca del lago Miraflores, ubicada hacia el extremo sur de la Cuenca, hacia donde drenan ríos cortos como: Cocolí, Grande, Camarón y Cárdenas. Luego está la región de la subcuenca del lago Alhajuela, ubicada hacia la parte este de la Cuenca. Hacia el lago Alhajuela drenan los ríos Boquerón y Pequení, así como la parte alta del río Chagres y otros ríos menores como La Puente, Salamanca y Las Cascadas. La mayor región hídrica es la del lago Gatún, que ocupa la parte central y oeste de la Cuenca. Hacia el lago Gatún drenan los ríos Gatún, Cirí, Trinidad, el curso medio del Chagres, y otros ríos menores como Caño Quebrado, Los Hules, Pescado, Paja, Baila Monos, Agua Salud y Mandinga. Se han identificado un total de 47 subcuencas dentro de la cuenca principal, siendo las más importantes las de los ríos Chagres, Gatún, Boquerón, Pequení, Cirí Grande y Trinidad.

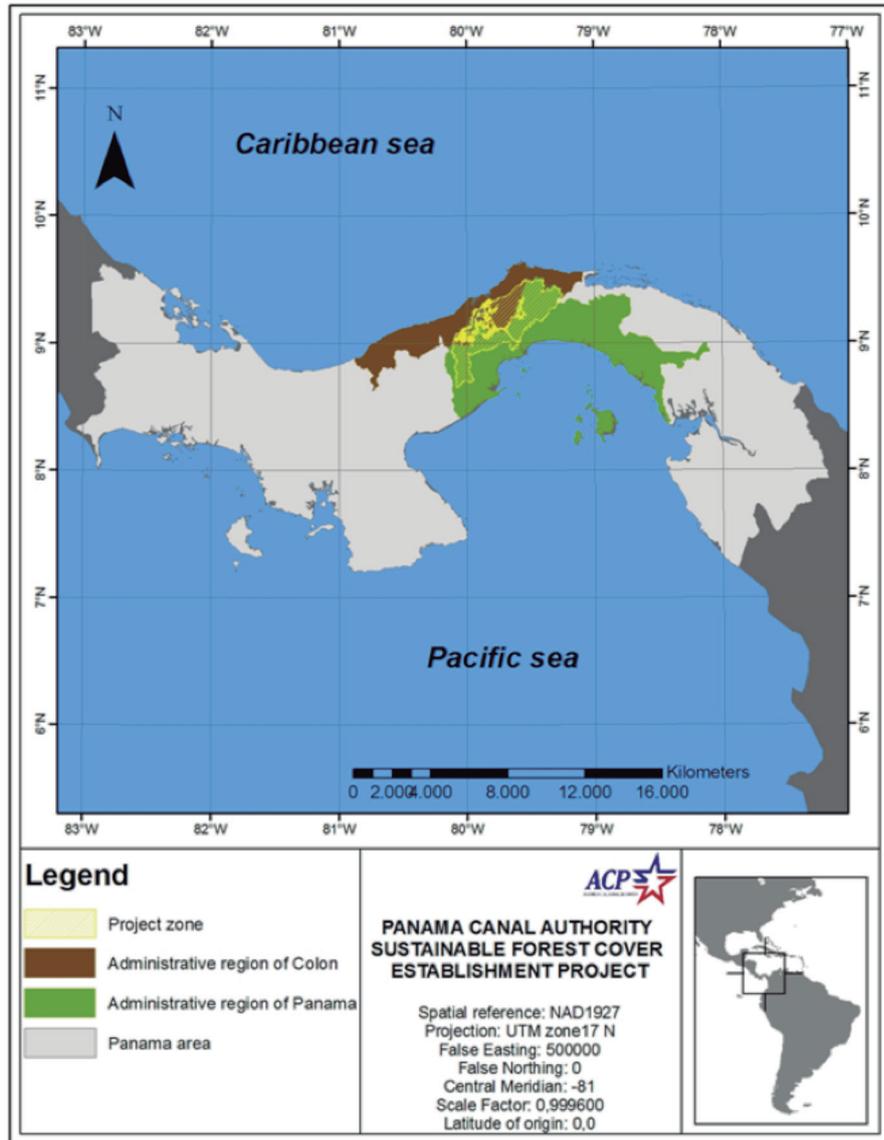


Fig.1
Cuenca del Canal de Panamá y área del proyecto PA-ACP.

(Fuente: Project Design Document for Climate, Community & Biodiversity Standards (CCBS), disponible en [https://s3.amazonaws.com/CCBA/Projects/Panama_Canal_Authority_Sustainable_Forest_Cover_Establishment_Project/2011-01-17_+PDD_PCA_\(Final\)%5B1%5D.pdf](https://s3.amazonaws.com/CCBA/Projects/Panama_Canal_Authority_Sustainable_Forest_Cover_Establishment_Project/2011-01-17_+PDD_PCA_(Final)%5B1%5D.pdf)).

En base a la cartografía desarrollada durante 2013-2014 por el Programa REDD-CCAD-GIZ, como parte de las acciones previas a la planificación del inventario forestal, se tiene que la Cuenca del Canal de Panamá abarca una superficie de 343,753 ha. aproximadamente, la cual fue dividida para este estudio en 12 coberturas y usos de suelo (tabla 1). De estos, 8 corresponden a cobertura forestal, con una superficie total de 204,486.00 ha, lo que equivale al 59.5 % de la superficie total de la Cuenca. La cobertura correspondiente a bosques naturales abarca 5 clases y tiene una superficie de 1,962.15 ha, que corresponde a un 57.1% del total de la superficie de la Cuenca del Canal de Panamá. En tanto el uso plantaciones forestales y sistemas agroforestales y silvopastoriles representa sólo un 2.41% del total de la superficie de la cuenca (8,271.0 ha).

Tabla 1. Superficie por uso de suelo en la Cuenca del Canal de Panamá en base a cartografía generada por el Programa REDD-CCAD-GIZ, año 2013-2014.

Cobertura y uso de suelo	Superficie (km ²)	Superficie (ha)	Participación (%)
Cobertura arbórea secundaria intermedia	344,94	34.494,0	10,03
Cobertura de coníferas (plantaciones)	0,59	59,0	0,02
Cobertura arbórea secundaria temprana	443,5	44.350,0	12,90
Cobertura de matorrales	229,53	22.953,0	6,68
Cobertura herbácea (pastos, cultivos)	739,19	73.919,0	21,50
Agua	423,92	42.392,0	12,33
Cobertura arbórea caducifolia	3,24	324,0	0,09
Otras coberturas no arbóreas	0,03	3,0	0,00
Cobertura arbórea secundaria avanzada	475,02	47.502,0	13,82
Cobertura de plantaciones latifoliadas	8,61	861,0	0,25
Sistemas agroforestales y silvopastoriles	3,51	7.351,0	2,1
TOTALES	3.437,530	343.753,000	100,000

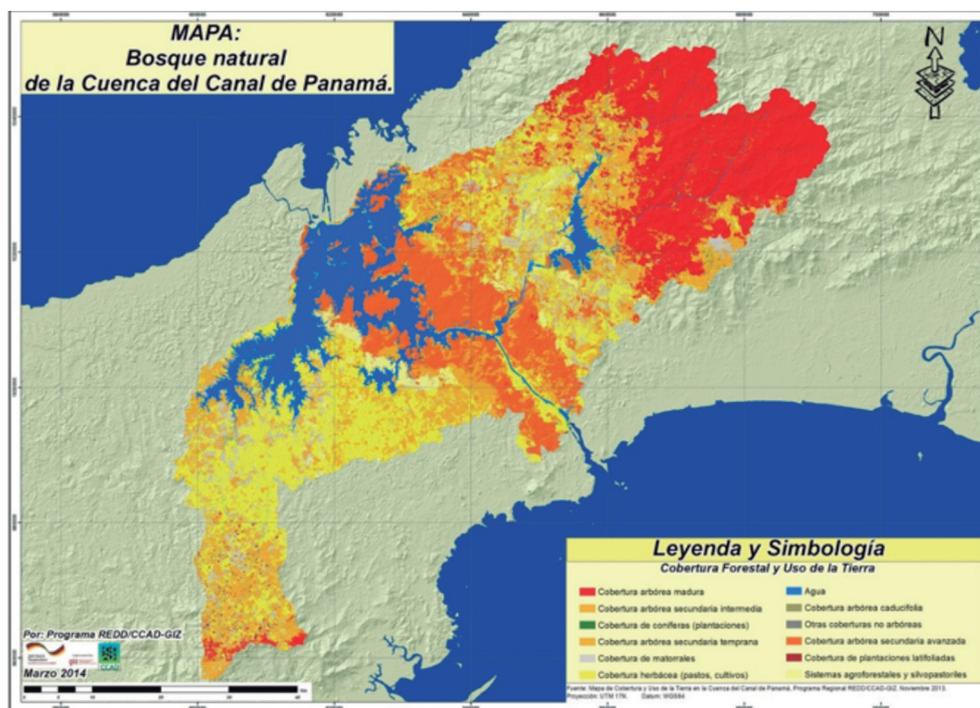


Fig. 2 Usos del suelo en la Cuenca del Canal de Panamá.

Al analizar la tabla 2, puede observarse que el 35.44% de los bosques naturales de la Cuenca corresponden a cobertura arbórea madura, la de mayor presencia (69,545.0 ha) y cobertura arbórea secundaria avanzada. Por otro lado, las coberturas secundarias intermedia y temprana representan el 40.18%.

Tabla 2. Superficie de bosques naturales en la Cuenca del Canal de Panamá en base a cartografía generada por el Programa REDD-CCAD-GIZ, año 2013-2014

Cobertura y uso de suelo	Superficie (km ²)	Superficie (ha)	Participación (%)
Cobertura arbórea madura	695,45	69.545,0	35,44%
Cobertura arbórea secundaria avanzada	475,02	47.502,0	24,21%
Cobertura arbórea secundaria temprana	443,5	44.350,0	22,60%
Cobertura arbórea secundaria intermedia	344,94	34.494,0	17,58%
Cobertura arbórea caducifolia	3,24	324,0	0,17%
TOTAL	1.962,150	196.215,0	100,00%

3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INVENTARIO

Como parte del apoyo que recibirá Panamá del Programa REDD-CCAD-GIZ, en el contexto del Componente 3 del Programa y marco del Convenio de ACP-ANAM-GIZ, se encuentra el desarrollo del Inventario de la Cuenca del Canal de Panamá que permita cuantificar y caracterizar las existencias de los recursos forestales así como también cuantificar el carbono fijado en estos bosques y áreas plantadas que conforman el recurso forestal de la Cuenca. Los resultados de este inventario también permitirán establecer la línea base que se considerará como referencia en el proceso de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV). La información generada por este inventario estará a disposición de las instituciones y personal encargado de la toma de decisiones, como base para la gestión de los recursos forestales del país y el desarrollo y promoción de políticas de conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.

Esta propuesta de diseño considera los requerimientos de REDD y la guía de inventario del CarbonFix Standard para lograr una precisión compatible con ambos procesos, que sustente técnicamente el cálculo aproximado de carbono fijado en los bosques de la cuenca y en las áreas bajo la certificación. La secuencia metodológica propuesta es la siguiente:

- a) Realizar una pre-estratificación que permita definir los tipos de bosques o de coberturas vegetales existentes en una región, zona o país.
- b) Aplicar un muestreo sistemático en cada estrato definido con una intensidad de muestreo variable que puede ser determinado a través de un premuestreo en cada área de interés o utilizando antecedentes bibliográficos u opinión de expertos en relación a la variabilidad existente en dichas áreas.
- c) Con la información recogida en terreno, realizar una post-estratificación en base a los datos procesados del inventario, lo que permitiría definir ISO-AREAS relacionadas con las variables de interés más relevantes. (Por ejemplo: ISO-Volúmenes; ISO-Biomasa, ISO-Carbono, etc.). Para el caso de las plantaciones bajo diferentes modalidades la variabilidad sería menor en función a la fecha de establecimiento del componente arbóreo.
- d) A partir de los procesos de comparación de variables de interés y redefinidos los estratos, sería posible analizar la información base (incluyendo las unidades muestrales reagrupadas) esta vez como un Muestreo Aleatorio Simple o un Muestreo Aleatorio Estratificado para el total de la Región o el País (post estratificación).

En general, esta metodología requiere de un mayor tiempo de “trabajo de oficina” pero el trabajo de terreno es similar al de la aplicación de cualquier otro tipo de diseño muestral. En suma, esta metodología es intensiva en análisis y uso de sistemas informáticos (de procesamiento de datos y SIG), lo que es más económico que aumentar los tamaños de la muestra.

Para profundizar en este diseño, a continuación se presenta una secuencia detallada de los pasos a seguir.

1. Cartografía base de las zonas boscosas y áreas de plantaciones: para la planificación del trabajo de campo de un inventario forestal es necesario contar con el material cartográfico apropiado para materializar el diseño muestral.
2. Definición de tipos de formaciones boscosas y modalidades de plantaciones: a través de técnicas de interpretación supervisada o automatizada de imágenes satelitales o en su defecto de información histórica disponible en el país, se requiere definir los distintos tipos de formaciones boscosas en base a criterios como: estructura, composición, estado de desarrollo, especies principales, densidad, altura entre otras. Para el caso de las plantaciones forestales, se cuenta con información precisa de cada modalidad que describe la composición arbórea, año de establecimiento, densidad, entre otros parámetros.
3. Determinación de Intensidad de Muestreo: en cada tipo de formación boscosa se debe determinar la intensidad de muestreo individualmente, a partir de un premuestreo o de datos de inventarios anteriores y definiendo el error de muestreo que se propone obtener para las variables de interés. Para el caso de las plantaciones forestales, las primeras parcelas brindarán resultados para determinar la cantidad total de parcelas necesarias para cumplir con lo establecido en el Standard.
4. Distribución de unidades muestrales: conocida la intensidad de muestreo, es posible determinar para cada área o tipo de formación la distancia entre unidades de muestreo (UM) utilizando para ello una distribución de éstas bajo el método de muestreo sistemático con parcelas equidistantes.
5. Levantamiento de información encampo: con la utilización de Georreceptores Satelitales (GPS), el equipo de mensura forestal y formatos previamente establecidos para captura de información en campo, se realizan las mediciones en el terreno.
6. Procesamiento de Información: el procesamiento de datos capturados en terreno se realizará con la ayuda de algún procesador de inventarios

forestales, a partir del cual se obtendrían las estimaciones de las variables de interés para cada tipo de formación y modalidad de plantación predefinida. Es necesario contar con las funciones estimadoras de las variables de interés más difíciles de medir en terreno (altura, volumen, biomasa, contenido de carbono, etc.).

7. Reagrupación de UM: la totalidad de los resultados del procesamiento del inventario son traspasados a una base de datos conectada al SIG de la cartografía base con lo que será posible reagrupar las UM de acuerdo a los valores de las variables que se consideren más relevantes. Con ello, es posible redefinir nuevas áreas o estratos más homogéneos que los definidos inicialmente y obviamente las estimaciones posteriores resultarán más precisas. El número total de unidades muestrales en áreas de plantaciones, por modalidad de plantación, se definirá considerando el error de muestreo requerido.
8. Resultados del inventario: con la nueva estratificación (inventario) se recalculan las variables de interés y se obtienen los resultados definitivos del inventario.

La realización del inventario y actualización del cálculo de carbono almacenado en los bosques y áreas certificadas en la Cuenca se realizará cada 5 años, considerando que es un lapso de tiempo adecuado para reflejar crecimiento de los árboles y los costos de implementar el sistema de monitoreo. Se generarán reportes de seguimiento de acuerdo a lo solicitado por el Standard; la información de estos reportes de seguimiento estará basada en visitas de campo, sobrevuelos a las áreas bajo certificación y análisis de imágenes aéreas.

4. PROPUESTA PARA LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS UNIDADES MUESTRALES

Una parcela de muestreo puede tener la forma de cualquier figura geométrica o incluso puede ser irregular, aun así se han definido tres formas básicas: cuadradas, circulares y rectangulares. En América del Norte, incluyendo México y en el noroeste de Europa para inventarios forestales son usadas parcelas circulares con más frecuencia; su aplicabilidad radica en la facilidad para delimitarlos y a que esta forma disminuye la presencia de árboles de orilla. Adicionalmente, un análisis estadístico realizado en base al Inventario Nacional de Honduras 2005-2006 indicó que para parcelas rectangulares de ancho fijo de 20 m y superficies de 500, 1000, 2500 y 5000 m², no hay diferencias significativas estadísticamente para la estimación del volumen por unidad de superficie. Es decir, es posible utilizar cualquiera de estos tamaños y llegar a valores medios similares. En el caso particular de los inventarios para el cálculo de carbono fijado se usa una unidad de muestreo en un diseño de parcelas anidadas.

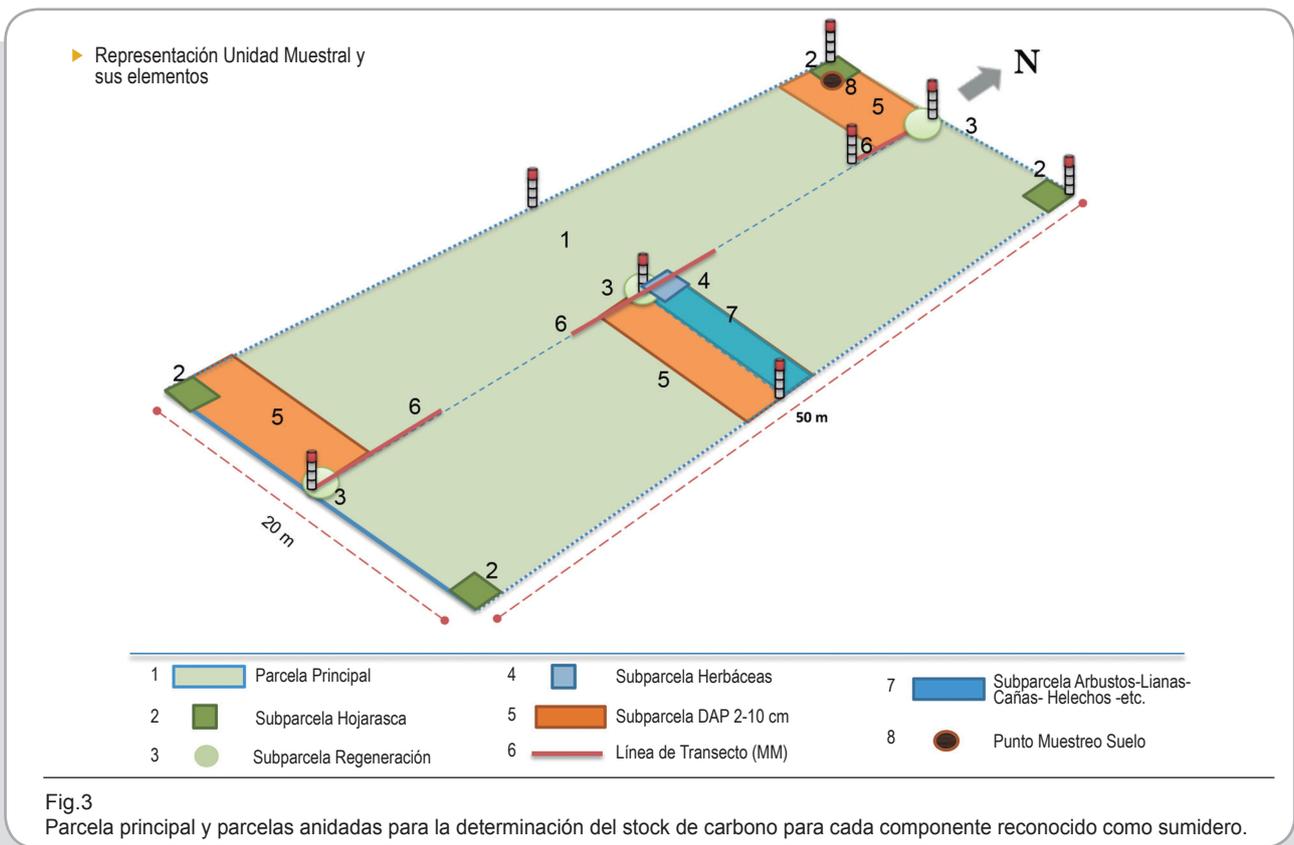
En la propuesta del Programa REDD-CCAD-GIZ se plantea la correspondencia entre tipo de parcela y el componente de carbono a evaluar en el bosque o plantación. En la tabla 3 se indica la correspondencia, así como la forma de incluir algunas otras variables de interés asociadas a la dinámica del bosque.

Tabla 3. Correspondencia entre tipo de parcela y componente de carbono a evaluar en el bosque/ plantaciones

Componente	Tipo de Parcela
Biomasa aérea de los árboles mayores a 10 cm de DAP	Parcela principal (UMP): rectangular de 20 m x 50 m *Agroforestería y silvopastoril: 20 m x 125 m
Regeneración (árboles menores a 2 cm de DAP)	Parcela regeneración (UMR): circular de 1 m de radio
Biomasa árboles mayores a 2 cm de DAP pero menores a 10 cm de DAP	Parcela secundaria (UMS): rectangular de 5 m x 10 m
Biomasa de maderas muertas	Línea de transecto (LT): línea de 10 m de longitud sobre la que se evalúa el material muerto caído
Biomasa de hojarasca del suelo	Marco de muestreo cuadrado (UMH) (1 m x 1 m) es decir 1 m ² Punto de muestreo de suelo (PMS)
Diversidad de herbáceas	Parcela herbáceas (UMDH): cuadrada de 1 m ²
Diversidad de arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras	Parcela Arbustivas (UMDA): rectangular de 2.5 m x 10 m

Al interior de cada parcela principal (UMP) se considera la instalación de 3 unidades muestrales de regeneración (UMR), cuyo objetivo será caracterizar la regeneración existente en el punto de muestreo. En estas UMR se medirán todas las especies arbóreas cuya altura sea menor o igual a 1.5 m y a su

vez tengan un DAP inferior a los 2 cm. Las UMR son parcelas circulares de 1 m de radio y se ubican en el centro, en el extremo norte y en el extremo sur del eje de la UMP. Previo a las mediciones al interior de la UMP se realiza el replanteo de 2 unidades muestrales de diversidad de herbáceas (UMDH), cuyo objetivo es determinar la composición y características de la cubierta herbácea del sector a inventariar. La UMDH corresponde a una cuadrícula de 1 m² que se localiza dentro de la subparcela de diversidad de arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras (UMDA). Posterior a la realización de la UMDH se deben trazar los transectos para evaluar maderas muertas y efectuar el levantamiento de información de los puntos de muestreo para hojarasca y suelo, y por último las mediciones en la UMP (figura 3).



5. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA PARA EL INVENTARIO

La propuesta del inventario a desarrollar en la Cuenca del Canal de Panamá considera el enfoque de aproximación por fases, considerando el desarrollo de este en tres etapas. La primera tiene como objetivo refinar los datos estadísticos disponibles para el cálculo del tamaño de muestra, evaluar la logística y acceso, los arreglos institucionales y el tiempo requerido para el establecimiento de las parcelas. En la segunda se utilizarán los datos colectados en la fase I para recalcular el tamaño de muestra y completar el número de parcelas requeridas para lograr errores de muestreo del 15% o 20%, según corresponda, con un nivel de confianza de 95%. En la tercera fase se medirán aquellas parcelas que por razones de accesibilidad, seguridad o condiciones meteorológicas no se pudieran medir durante las fases I y II.

5.1. Inventario en el bosque natural de la Cuenca del Canal de Panamá

Para la determinación del tamaño de la muestra, en el inventario forestal asociado al bosque natural, se cuenta con dos fuentes de información con datos de campo. Estos antecedentes han sido recopilados sobre la base de la unidad muestral propuesta por el Programa para el desarrollo de un inventario forestal multipropósito y son:

1. Información de parcelas de premuestreo de la cobertura forestal de la Cuenca del Canal de Panamá, como base para la planificación de un inventario definitivo posterior, en el marco del Convenio de ACP-ANAM-GIZ, cuya medición se efectuó durante el año 2013 para un total de 22 unidades muestrales.
2. Información de parcelas provenientes del establecimiento de módulos demostrativos en diferentes usos de la tierra en la cuenca del Canal de Panamá, en el marco del Convenio de ACP-ANAM-GIZ, desarrollado por Fundación Universidad de Panamá en el año 2013.

En ambos casos se tiene procesada la información de los distintos componentes (subparcelas) que aportan como sumideros de carbono. En particular, para el cálculo del total de carbono almacenado en los bosques se usaron los antecedentes de la Parcela Principal + Subparcela 2-10 cm + Superparcela de Maderas Muertas, mientras que para llegar al volumen total se consideraron los antecedentes de la Parcela Principal + Subparcela 2-10 cm.

Respecto a la primera fuente de información, en la tabla siguiente se muestra la ubicación de cada una de las parcelas, el contenido de carbono (C) calculado y la clasificación del tipo de bosque al que corresponde. Dado que la actividad de muestreo comenzó en forma paralela a la generación de la base cartográfica, por ende la distribución de las unidades muestrales fue realizada en terreno subjetivamente por el consultor a cargo de la actividad, sin referencia a un mapa de cobertura forestal actualizado, pero bajo la condición de abarcar los distintos tipos de bosques existentes de acuerdo a su experiencia. Esto lleva a que hoy para cada parcela levantada exista una clasificación en base al criterio del consultor que desarrolló el muestreo (clasificación cuadrilla) y otra clasificación de los bosques correspondiente a la usada en la generación del mapa de cobertura forestal del Canal de Panamá (clasificación en cartografía). Además, existe para una misma área una clasificación diferente, bajo los mismos parámetros que la utilizada en la generación de la cartografía pero aplicada en terreno y no sobre imágenes RapydEye, que corresponde al proceso de validación de la cartografía (clasificación en malla verificación cartografía).

Lo anteriormente expuesto, tal como se aprecia en la tabla 4, lleva a que no exista absoluta certeza sobre el tipo de bosque en el que fue desarrollada cada parcela.

Tabla 4. Clasificaciones del tipo de bosque para las parcelas del muestreo en el bosque natural de la Cuenca del Canal de Panamá.

Parcela	Volumen (m³/ha)	Carbono (ton/ha)	Coordenadas		Tipo de bosque		
			X	Y	Clasificación cuadrilla	Clasificación en cartografía	Clasificación en malla verificación cartografía
1	396,8	150,9	640615,0	1009997,0	Secundario	nube	bosque siempreverde
2	456,1	142,3	640034,0	1010572,0	Secundario	nube	bosque siempreverde
3	646,7	152,7	640484,0	1009730,0	Secundario	nube	bosque siempreverde
4	360,3	125,8	647362,0	1003707,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
5	415,8	159,7	647355,0	1004157,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
6	235,2	94,6	646671,0	1004595,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
7	711,9	256,1	652019,0	1006635,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
8	843,3	316,8	651520,0	1007050,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
9	522,4	148,9	655934,0	999125,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	
10	630,8	194,8	654993,0	998549,0	Secundario Maduro	nube	bosque siempreverde denso
11	489,6	138,8	656711,0	999857,0	Secundario Maduro	bosque siempreverde denso	
12	751,8	264,5	652296,0	1017406,0	Secundario Maduro	bosque caducifolio	bosque secundario
13	119,0	42,7	651606,0	1018470,0	Secundario	bosque caducifolio	
14	266,7	96,7	637167,0	1013568,0	Secundario maduro-Maduro Maduro poco denso	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
15	627,5	203,7	652237,0	1004541,0	Secundario maduro Maduro poco denso	nube	bosque denso
16	499,6	164,0	659456,0	1018207,0	Secundario maduro Maduro poco denso	bosque secundario	bosque secundario
17	334,2	125,5	676035,0	1007470,0	Secundario maduro Maduro poco denso	bosque siempreverde denso	bosque joven
18	391,1	151,3	678061,0	1018572,0	Maduro		matorral
19	378,8	143,6	680266,0	1021254,0	Maduro	bosque siempreverde denso	
20	194,1	61,0	644458,0	999544,0	Maduro	bosque siempreverde denso	bosque siempreverde denso
21	343,0	151,8	605458,0	960216,0	Maduro	bosque siempreverde denso	
22	923,1	327,6	604761,0	960561,0	Secundario Maduro/Maduro	bosque siempreverde denso	nube y sombra

Una primera separación de los antecedentes, utilizando el criterio de clasificación de la cuadrilla que realizó las mediciones en terreno, llevó a clasificar los datos en dos tipos de bosques: primario y secundario. Sin embargo, la separación en estas clases no evidencia una diferenciación en la variable de interés, a nivel de la media obtenida para cada grupo, así como tampoco en variabilidad.

En lo relativo a las parcelas de los módulos demostrativos, de los 8 módulos desarrollados, 3 son los que aportan información sobre los bosques naturales:

- el módulo denominado bosque de protección de aguas (M1), con 3 parcelas
- el módulo denominado módulo bosque secundario de 40 años (M4), con 5 parcelas
- el módulo denominado módulo bosque secundario de 40 años (M5), con 5 parcelas

En todos los caso las parcelas ubicadas en el terreno se encuentran contiguas, conformando un conglomerado de unidades de muestreo. La información procesada para estas parcelas se presenta en la tabla siguiente.

Tabla 5. Carbono y volumen en las parcelas asociadas a módulos demostrativos instalados en bosque natural.

Nomenclatura	Módulo	Parcela	Carbono (ton/ha)	Volumen (m³/ha)
M1	Protección	A	94,0	224,1
	Protección	B	235,4	338,8
	Protección	C	62,4	158,6
M4	Secundario	A	75,9	183,2
	Secundario	B	217,9	572,5
	Secundario	C	91,1	180,4
	Secundario	D	116,4	305,9
	Secundario	E	99,7	269,3
M5	Secundario	A	56,4	139,7
	Secundario	B	63,2	168,7
	Secundario	C	98,1	241,3
	Secundario	D	65,9	163,5
	Secundario	E	65,8	186,7

Como se indicó, al estar las parcelas contiguas conformando un conglomerado de unidades muestrales, fue necesario calcular el valor promedio para cada uno de los módulos para incorporar esta información al pre-muestreo.

Tabla 6. Valores promedio de las variables de interés por módulo.

Módulo	Carbono (ton/ha)	Volumen (m³/ha)
Protección (M1)	130,6	240,5
Secundario 1 (M4)	120,2	302,3
Secundario 2 (M5)	69,9	180,0

Así, la base de datos final que queda disponible para la estimación del tamaño de muestra en el inventario forestal asociado a los bosques naturales de la Cuenca del Canal de Panamá consta de 25 parcelas, como se muestra en la tabla 7.

El cálculo para establecer el número de parcelas óptimo se realiza para toda la superficie de bosques en su conjunto, sin diferenciar estratos, considerando un error de muestreo máximo del 10% y del 15%, y las variables carbono fijado (ton C/ha) y volumen (m³/ha).

Tabla 7. Base de datos final y estadígrafos asociados a cada variable.

TIPO BOSQUE	Carbono (ton/ha)	Volumen (m ³ /ha)
PM_1	150,9	396,8
PM_2	142,3	456,1
PM_3	152,7	646,7
PM_4	125,8	360,3
PM_5	159,7	415,8
PM_6	94,6	235,2
PM_7	256,1	711,9
PM_8	316,8	843,3
PM_9	148,9	522,4
PM_10	194,8	630,8
PM_11	138,8	489,6
PM_12	264,5	751,8
PM_13	42,7	119,0
PM_14	96,7	266,7
PM_15	203,7	627,5
PM_16	164,0	499,6
PM_17	125,5	334,2
PM_18	151,3	391,1
PM_19	143,	378,8
PM_20	61,0	194,1
PM_21	151,8	343,0
PM_22	327,6	923,1
Protección	130,6	240,5
Secundario 1	120,2	302,3
Secundario 2	69,9	180,0
PROMEDIO	157,4	450,4
Desv. Estándar	71,296	213,032
CV(%)	45,3	47,3

El detalle de los cálculos realizados se presenta a continuación.

Tabla 8. Tamaño de muestra óptimo para la variable carbono fijado con errores de muestreo del 10% y 15%.

VARIABLE CARBONO E= 10%							
Valores del Premuestreo				Cálculo Tamaño Muestral (n)			
Estadígrafo	Valor	Unidad	GL	t tabla	n calculado	n aproximado	
Media	157,38	(ton C/ha)	t	25 2,05954	n 1 = 87,0497	n 1 = 88	
Varianza	5083,07	(ton C/ha) ²	t	89 1,98729	n 2 = 81,0494	n 2 = 82	
Desviación Estándar	71,30	(ton C/ha)	t	83 1,98932	n 3 = 81,215	n 3 = 82	
Coficiente de Variación	45,30	(%)	t	83 1,98932	n 4 = 81,215	n 4 = 82	
Error de Muestreo	29,43	(ton C/ha)	t	83 1,98932	n 5 = 81,215	n 5 = 82	
Error de Muestreo	18,70	(%)	t	83 1,98932	n 6 = 81,215	n 6 = 82	
Tamaño Muestra	25		t	83 1,98932	n 7 = 81,215	n 7 = 82	
Error de Muestreo deseado	10	%					
Probabilidad	95	%					

VARIABLE CARBONO E= 15%							
Valores del Premuestreo				Cálculo Tamaño Muestral (n)			
Estadígrafo	Valor	Unidad	GL	t tabla	n calculado	n aproximado	
Media	157,37998	(ton C/ha)	t	25 2,05954	n 1 = 38,6888	n 1 = 39	
Varianza	5083,074	(ton C/ha) ²	t	39 2,02269	n 2 = 37,3168	n 2 = 38	
Desviación Estándar	71,29568	(ton C/ha)	t	38 2,02439	n 3 = 37,3796	n 3 = 38	
Coficiente de Variación	45,30162	(%)	t	38 2,02439	n 4 = 37,3796	n 4 = 38	
Error de Muestreo	29,42941	(ton C/ha)	t	38 2,02439	n 5 = 37,3796	n 5 = 38	
Error de Muestreo	18,69959	(%)	t	38 2,02439	n 6 = 37,3796	n 6 = 38	
Tamaño Muestra	25		t	38 2,0243	n 7 = 37,3796	n 7 = 38	
Error de Muestreo deseado	15	%					
Probabilidad	95	%					

Tabla 9. Tamaño de muestra óptimo para la variable volumen con errores de muestreo del 10% y 15%.

VARIABLE VOLUMEN E= 10%							
Valores del Premuestreo				Cálculo Tamaño Muestral (n)			
Estadígrafo	Valor	Unidad	GL	t tabla	n calculado	n aproximado	
Media	450,42302	(m ³ /ha)	t	25 2,05954	n 1 = 94,88	n 1 = 95	
Varianza	45382,651	(m ³ /ha) ²	t	95 1,98525	n 2 = 88,16	n 2 = 89	
Desviación Estándar	213,03204	(m ³ /ha)	t	89 1,98698	n 3 = 88,32	n 3 = 89	
Coefficiente de Variación	47,295993	(%)	t	89 1,98698	n 4 = 88,32	n 4 = 89	
Error de Muestreo	87,935305	(m ³ /ha)	t	89 1,98698	n 5 = 88,32	n 5 = 89	
Error de Muestreo	19,522826	(%)	t	89 1,98698	n 6 = 88,32	n 6 = 89	
Tamaño Muestra	25		t	89 1,98698n	7 = 88,32	n 7 = 89	
Error de Muestreo deseado	10	%					
Probabilidad	95	%					

VARIABLE VOLUMEN E= 15%							
Valores del Premuestreo				Cálculo Tamaño Muestral (n)			
Estadígrafo	Valor	Unidad	GL	t tabla	n calculado	n aproximado	
Media	450,42302	(m ³ /ha)	t	25 2,05954	n 1 = 42,1702	n 1 = 43	
Varianza	45382,651	(m ³ /ha) ²	t	43 2,01669	n 2 = 40,4339	n 2 = 41	
Desviación Estándar	213,03204	(m ³ /ha)	t	41 2,01954	n 3 = 40,5482	n 3 = 41	
Coefficiente de Variación	47,295993	(%)	t	41 2,01954	n 4 = 40,5482	n 4 = 41	
Error de Muestreo	87,935305	(m ³ /ha)	t	41 2,01954	n 5 = 40,5482	n 5 = 41	
Error de Muestreo	19,522826	(%)	t	41 2,01954	n 6 = 40,5482	n 6 = 41	
Tamaño Muestra	25		t	41 2,01954	n 7 = 40,5482	n 7 = 41	
Error de Muestreo deseado	15	%					
Probabilidad	95%						

Luego, el tamaño de muestra óptimo para cometer un error de muestreo inferior al 10% y 15% en el inventario para este estrato es el indicado en la tabla 10 para cada una de las variables analizadas.

Tabla 10. Tamaño de muestra óptimo según cada variable analizada.

Error de muestreo (%)	Número de parcelas	
	Carbono (ton/ha)	Volumen (m ³ /ha)
10	82	89
15	38	41

Para efecto de la planificación del muestreo definitivo, la asignación de unidades muestrales a cada uno de los estratos se realiza en forma proporcional a la superficie y considerando un total de 89 parcelas de muestreo a medir sobre la base de la mayor variabilidad del volumen. Asimismo, debe tenerse en cuenta que el mínimo de parcelas a realizar en cada estrato es 6. Luego el tamaño de muestra para cada estrato y la distancia media entre parcelas, distribuidas estas mediante un muestreo sistemático con parcelas equidistantes, es el que se indica en las tablas 11 y 12 para cada error de muestreo.

Tabla 11. Tamaño de muestra y equidistancia (real y aproximada) para cada estrato considerado en el inventario forestal. Error de muestreo máximo del 10% en la variable volumen.

Cobertura y uso de suelo	Superficie (Km ²)	Superficie (ha)	Participación (%)	n calculado	n estimado*	Dm (m) calculado	Dm (m) aproximado
Cobertura arbórea madura	695,45	69.545,0	35,44%	31,54	32	4.661,8	4.500
Cobertura arbórea secundaria avanzada	475,02	47.502,0	24,21%	21,55	22	4.646,7	4.500
Cobertura arbórea secundaria temprana	443,5	44.350,0	22,60%	20,12	21	4.595,5	4.500
Cobertura arbórea secundaria intermedia	344,94	34.494,0	17,58%	15,65	16	4.643,1	4.500
Cobertura arbórea caducifolia	3,24	324,0	0,17%	0,15	6	734,8	700
TOTAL	1.962,150	196.215,0	100,00%	89	97		

*: Se considera un tamaño de muestra mínimo de 6 unidades muestrales por estrato en función de lo dispuesto en procedimientos de CarbonFix Standard V3.2 para efectos de los inventarios (CFS Methodology Forest Inventory Guideline, <http://www.carbonfix.info/chameleon/outbox/public/216/Forest-Inventory-Guideline.pdf>)

Tabla 12. Tamaño de muestra y equidistancia (real y aproximada) para cada estrato considerado en el inventario forestal. Error de muestreo máximo del 15% en la variable volumen.

Cobertura y uso de suelo	Superficie (Km ²)	Superficie (ha)	Participación (%)	n calculado	n estimado*	Dm (m) calculado	Dm (m) aproximado
Cobertura arbórea madura	695,45	69.545,0	35,44%	14,53	15	6.809,1	6.500
Cobertura arbórea secundaria avanzada	475,02	47.502,0	24,21%	9,93	10	6.892,2	6.500
Cobertura arbórea secundaria temprana	443,5	44.350,0	22,60%	9,27	10	6.659,6	6.500
Cobertura arbórea secundaria intermedia	344,94	34.494,0	17,58%	7,21	8	6.566,4	6.500
Cobertura arbórea caducifolia	3,24	324,0	0,17%	0,07	6	734,8	700
TOTAL	1.962,150	196.215,0	100,00%	41	49		

*: Se considera un tamaño de muestra mínimo de 6 unidades muestrales por estrato en función de lo dispuesto en procedimientos de CarbonFix Standard V3.2 para efectos de los inventarios (CFS Methodology Forest Inventory Guideline, <http://www.carbonfix.info/chameleon/outbox/public/216/Forest-Inventory-Guideline.pdf>)

La distribución espacial de las unidades muestrales para cada uno de los estratos en la Fase I del inventario es la que se ilustra en la figura 4, considerando las 49 parcelas totales para obtener un error de muestreo inferior al 15% en cada estrato del bosque natural. Las coordenadas de cada parcela, proyección UTM WGS84 17N, se presentan en la tabla 13.

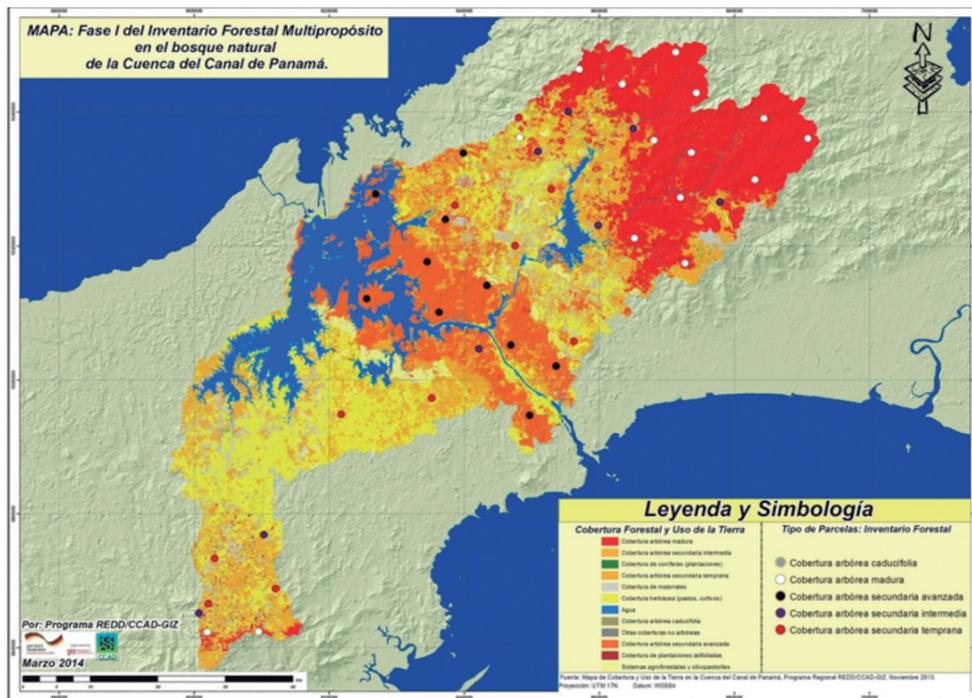


Fig. 4 Distribución de las unidades muestrales por estrato para la Fase I del inventario del bosque natural de la Cuenca del Canal de Panamá.

Tabla 13. Coordenadas de las unidades muestrales para la Fase I del inventario del bosque natural de la Cuenca del Canal de Panamá (proyección UTM WGS84 17N).

Parcela	Estrato	Coordenada X	Coordenada Y
BNST-1	Cobertura arbórea secundaria temprana	612072	968827
BNST-2	Cobertura arbórea secundaria temprana	638619	1026021
BNST-3	Cobertura arbórea secundaria temprana	602126	966611
BNST-4	Cobertura arbórea secundaria temprana	603086	973348
BNST-5	Cobertura arbórea secundaria temprana	635191	997269
BNST-6	Cobertura arbórea secundaria temprana	648100	1039157
BNST-7	Cobertura arbórea secundaria temprana	652879	1028433
BNST-8	Cobertura arbórea secundaria temprana	647554	1020006
BNST-9	Cobertura arbórea secundaria temprana	656216	1005752
BNST-10	Cobertura arbórea secundaria temprana	621756	994869
BNSIN-1	Cobertura arbórea secundaria temprana	600690	965172
BNSIN-2	Cobertura arbórea secundaria temprana	610318	976898
BNSIN-3	Cobertura arbórea secundaria temprana	642179	1004634
BNSIN-4	Cobertura arbórea secundaria temprana	665030	1037497
BNSIN-5	Cobertura arbórea secundaria temprana	650938	1034102
BNSIN-6	Cobertura arbórea secundaria temprana	659841	1023012
BNSIN-7	Cobertura arbórea secundaria temprana	677868	1026512
BNSIN-8	Cobertura arbórea secundaria temprana	655418	1040008
BNSA-1	Cobertura arbórea secundaria temprana	636286	1040008
BNSA-2	Cobertura arbórea secundaria temprana	634507	1040008
BNSA-3	Cobertura arbórea secundaria temprana	625551	1040008
BNSA-4	Cobertura arbórea secundaria temprana	649680	994708
BNSA-5	Cobertura arbórea secundaria temprana	653614	1002024
BNSA-6	Cobertura arbórea secundaria temprana	643367	1014065
BNSA-7	Cobertura arbórea secundaria temprana	646903	1005193
BNSA-8	Cobertura arbórea secundaria temprana	626895	1027702
BNSA-9	Cobertura arbórea secundaria temprana	639883	1033837
BNSA-10	Cobertura arbórea secundaria temprana	637200	1023917
BNM-1	Cobertura arbórea madura	672004	1027205
BNM-2	Cobertura arbórea madura	690900	1036035
BNM-3	Cobertura arbórea madura	671312	1048869
BNM-4	Cobertura arbórea madura	663389	1044100
BNM-5	Cobertura arbórea madura	657046	1046348
BNM-6	Cobertura arbórea madura	648237	1036156
BNM-7	Cobertura arbórea madura	668104	1035722
BNM-8	Cobertura arbórea madura	674370	1042833
BNM-9	Cobertura arbórea madura	684393	1038966
BNM-10	Cobertura arbórea madura	683057	1029877
BNM-11	Cobertura arbórea madura	665204	1011142
BNM-12	Cobertura arbórea madura	672704	1017402
BNM-13	Cobertura arbórea madura	601972	962339
BNM-14	Cobertura arbórea madura	609555	962448
BNM-15	Cobertura arbórea madura	673629	1033917
BNC-1	Cobertura arbórea caducifolia	651543	1018907
BNC-2	Cobertura arbórea caducifolia	653126	1019032
BNC-3	Cobertura arbórea caducifolia	652343	1019601
BNC-4	Cobertura arbórea caducifolia	651339	1018011
BNC-5	Cobertura arbórea caducifolia	652508	1017228
BNC-6	Cobertura arbórea caducifolia	654263	1018011

5.2. Inventario en Plantaciones certificadas bajo el Carbon fix standard (PA-ACP: Panama Canal Authority Sustainable Forest Cover Establishment)

El Proyecto PA-ACP, Panama Canal Authority Sustainable Forest Cover Establishment, corresponde al proyecto de forestación presentado por ACP a CarbonFix Standard, V3.2. El alcance del proyecto abarcó una superficie inicial aproximada de 10,000 ha y el alcance ha sido ajustado a 7,000 hectáreas aproximadamente que deberán establecerse en su totalidad para el año 2018. A mayo del 2014, se han plantado 5,641 hectáreas, de las cuales 2,458 hectáreas fueron certificadas bajo este Estándar y se ha calculado la generación de certificados de CO₂ provenientes de ellas (<http://www.climateprojects.info/PA-ACP/>). En las áreas certificadas se ejecutaron proyectos de reforestación bajo cuatro modalidades: proyectos silvopastoriles y agroforestales en áreas de productores de la Cuenca; y plantaciones comerciales y de conservación en áreas propiedad de la ACP o en terrenos estatales bajo administración de la ACP. El proyecto tiene una duración de 25 años y se ha calculado que las 2,458 hectáreas certificadas generan una reducción de GEI de 292,619 tCO₂e en el transcurso del proyecto. El resto de las áreas serán certificadas posteriormente y se aplicaría el mismo sistema de monitoreo planteado.

En el marco del PA-ACP se han generado unidades de manejo en cada una de las 4 modalidades de reforestación. Este protocolo plantea medir 40 parcelas distribuidas en las diferentes unidades de manejo y de acuerdo a los resultados, se propondrá la cantidad de parcelas necesarias para cumplir con el error de muestreo máximo requerido de acuerdo al Standard (20%) (<http://www.carbonfix.info/chameleon/outbox/public/214/CFS-v32.pdf>).

Para efectos del inventario se han considerado los requisitos y recomendaciones indicadas en CFS Methodology Forest Inventory Guideline (<http://www.carbonfix.info/chameleon/outbox/public/216/Forest-Inventory-Guideline.pdf>). Al respecto, las principales consideraciones son:

- El tamaño de la parcela: la parcela debe ser lo suficientemente grande como para contener al menos 10 árboles (el ideal es de 12 a 15 árboles). Tamaños habituales de las parcelas están del orden de los 250 a 500 m², pero por regla general parcelas más grandes conducen errores de muestreo menor. En función de esto, el modelo de inventario con unidades muestrales de 1,000 m² se visualiza aplicable para las unidades de manejo de plantaciones comercial y de conservación, sin embargo, para el caso de los sistemas de agroforestería y silvopastoril con esta superficie es probable no contar con el número mínimo de 10 árboles dentro de cada parcela por lo que la superficie de las unidades muestrales en este caso se amplía a 2,500 m² (20m x 125m).

- Realizar estratificación: Por tratarse de plantaciones con mezclas homogéneas, se considera el año de establecimiento de las plantaciones y no la estratificación ya que se asume que no habrá diferencias significativas entre UM de la misma edad. Tamaño de la muestra: la cantidad de parcelas consideradas en la muestra determina el nivel de precisión de los análisis. Dentro de una unidad de gestión el nivel de precisión deberá ser inferior al 20%. A nivel general, en los inventarios forestales planificados por el Programa se considera un error máximo admisible del 15%, tanto para la variable volumen como para la variable de CO₂e fijado, determinándose el tamaño de la muestra de acuerdo a la variable con el mayor coeficiente de variación.
- Distribución de las unidades muestrales: para mantener la precisión las parcelas deben ubicarse sin prejuicios o sesgos, como por ejemplo al localizarlas siguiendo un camino, senda o río; en estos casos procede la reubicación de las parcelas. Además, se recomienda que el área a ser inventariada deba ser muestreada uniformemente, por lo que, si bien la ubicación de las parcelas puede ser al azar o sistemática, se recomienda utilizar el modelo sistemático porque este enfoque es más fácil en su preparación y da una mejor impresión de la distribución espacial de las parcelas. Recomendaciones todas consistentes con el modelo de inventario propuesto por el Programa.

Así, en la Fase I del inventario se ha determinado establecer un total de 40 unidades muestrales para las actividades que desarrolla ACP en la Cuenca del Canal de Panamá, considerando la totalidad de unidades de manejo (MU) de las que se cuenta información a la fecha. Esto implica establecer 10 parcelas de muestreo para cada actividad, considerando que sean distribuidas en las unidades de manejo elegibles certificadas. En la tabla 14 se proporciona la información disponible en cuanto a año, superficie, área y actividad de cada unidad de manejo; sobre la base de esta información disponible se planificará la distribución de las unidades de muestreo.

Tabla 14. Unidades de Manejo

Unidad de Manejo		Área	Año	ha elegibles
MU1		Burunga	2010	285
MU2		San Vicente	2010	97.2
MU3		Chagres	2010	123.8
MU4		Potabilizadora	2011	14
MU5		Caribe	2011	50.4
MU12		Burunga 2	2011	111
				681.4
MU6		Soberanía I (Aguas Claras)	2008	34.5
MU7		Soberanía II (Aguas Claras)	2009	90.7
MU8		Soberanía III (Aguas Claras)	2010	27.7
MU9	Conservación	Soberanía IV (Camping)	2010	6.1
MU10		Ciudad del Árbol I	2006	92.4
MU11		Ciudad del Árbol II	2007	
MU13		STRI	2009	78.2
MU14		Camino de Cruces	2010	51.2
				380.8
MU15		Trinidad I Agro	2010	5
MU16		Trinidad II Agro	2011	25
MU17		Santa Rosa I Agro	2010	3
MU18		Santa Rosa II Agro	2011	16
MU19		Cirí Grande I Agro	2009	36
MU20	Agroforestería	Cirí Grande II Agro	2010	117
MU21		Cirí Grande III Agro	2011	96
MU22		Cacao Agro	2009	226
MU23		Cacao II Agro	2010	173
MU24		Cacao III Agro	2011	178
				875
MU25		Trinidad Silvo	2011	46
MU26		Santa Rosa Silvo	2011	6
MU27		Cirí Grande I Silvo	2010	68
MU28	Silvopastoril	Cirí Grande II Silvo	2011	124
MU29		Cacao Silvo	2009	45
MU30		Cacao II Silvo	2010	134
MU31		Cacao III Silvo	2011	80
				503

Tabla 15. Parcelas por unidad de manejo y modalidad

Unidad de Manejo	Modalidad	Comunidad	Coordenada X	Coordenada Y
MU22	AGROFORESTERIA	EL CHILENO	607846	963206
MU24	AGROFORESTERIA	EL CHILENO	609688	965467
MU22	AGROFORESTERIA	CIRI GRANDE	605354	968985
MU23	AGROFORESTERIA	CIRICITO ARRIBA	601377	969302
MU22	AGROFORESTERIA	CIRI GRANDE	604412	970720
MU21	AGROFORESTERIA	CIRICITO	602373	974515
MU20	AGROFORESTERIA	LA BONGA	605863	977456
MU23	AGROFORESTERIA	Las Negritas	605587	972362
MU19	AGROFORESTERIA	CIRI GRANDE	603330	966652
MU24	AGROFORESTERIA	TRINIDAD DE LAS MINAS	610467	971204
MU1	COMERCIAL	BURUNGA	645575	993195
MU1	COMERCIAL	BURUNGA	644543	993400
MU1	COMERCIAL	BURUNGA	646002	994119
MU1	COMERCIAL	BURUNGA	644485	994207
MU1	COMERCIAL	BURUNGA	643181	994365
MU3	COMERCIAL	CHILIBRE	653355	1016676
MU4	COMERCIAL	CHILIBRE	651869	1017137
MU2	COMERCIAL	CHILIBRE	653553	1006314
MU2	COMERCIAL	CHILIBRE	652373	1008143
MU3	COMERCIAL	CHILIBRE	654123	1017082
MU14	CONSERVACION	CHILIBRE	654556	1003445
MU14	CONSERVACION	CHILIBRE	654154	1003684
MU13	CONSERVACION	BUENA VISTA	652729	1005253
MU13	CONSERVACION	BUENA VISTA	653018	1005670
MU9	CONSERVACION	CHILIBRE	650709	1010512
MU8	CONSERVACION	BUENA VISTA	644802	1014635
MU7	CONSERVACION	BUENA VISTA	643854	1014827
MU7	CONSERVACION	BUENA VISTA	643756	1015390
MU10	CONSERVACION	CHILIBRE	654245	1016361
MU11	CONSERVACION	CHILIBRE	654339	1015879
MU29	SILVOPASTORIL	ALTAMIRA	605001	964661
MU30	SILVOPASTORIL	CACAO	607736	968970
MU29	SILVOPASTORIL	CIRI GRANDE	602734	969135
MU31	SILVOPASTORIL	CIRI GRANDE	604214	970514
MU30	SILVOPASTORIL	VISTA ALEGRE	608933	973781
MU28	SILVOPASTORIL	CIRICITO	601700	974682
MU27	SILVOPASTORIL	GASPARILLAL	608079	979463
MU25	SILVOPASTORIL	NUEVA ARENOSA	610393	980157
MU31	SILVOPASTORIL	VISTA ALEGRE	609116	974383
MU31	SILVOPASTORIL	BAJO BONITO	604563	965346

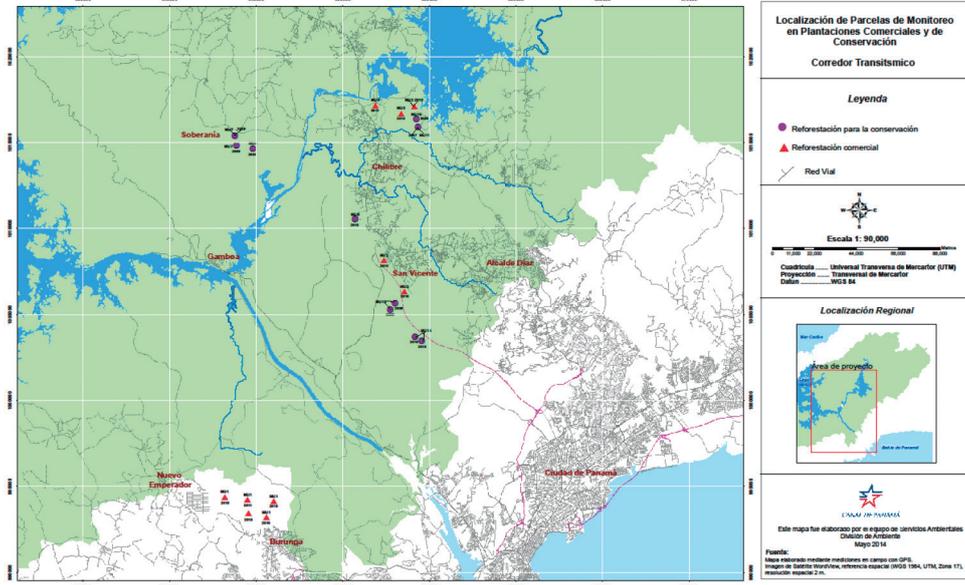


Fig. 5 Distribución de las unidades muestrales Corredor Transistmico

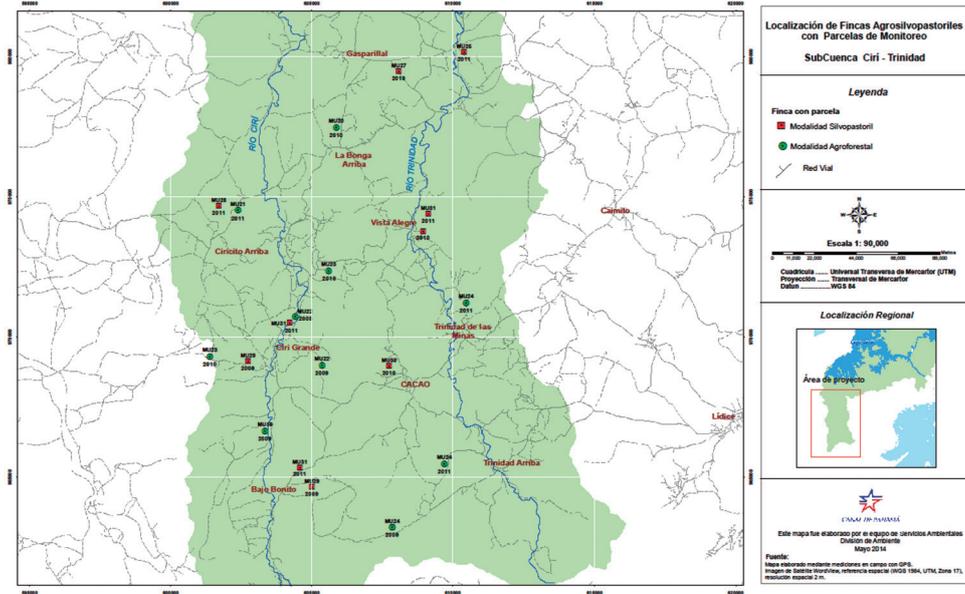


Fig. 6 Distribución de las unidades muestrales Subcuenca Ciri - Trinidad

6. PROTOCOLO DE MATERIALIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO

A continuación se establece las consideraciones y la secuencia de pasos necesarios para establecer cada una de las unidades muestrales, tanto para bosque natural como para las plantaciones asociadas al PIEA en la Cuenca del Canal de Panamá.

La unidad de muestreo tipo propuesta por el Programa corresponde a una parcela principal y parcelas anidadas para la determinación del stock de carbono para cada componente reconocido como sumidero, así como para evaluar antecedentes de biodiversidad vegetal (figura 7).

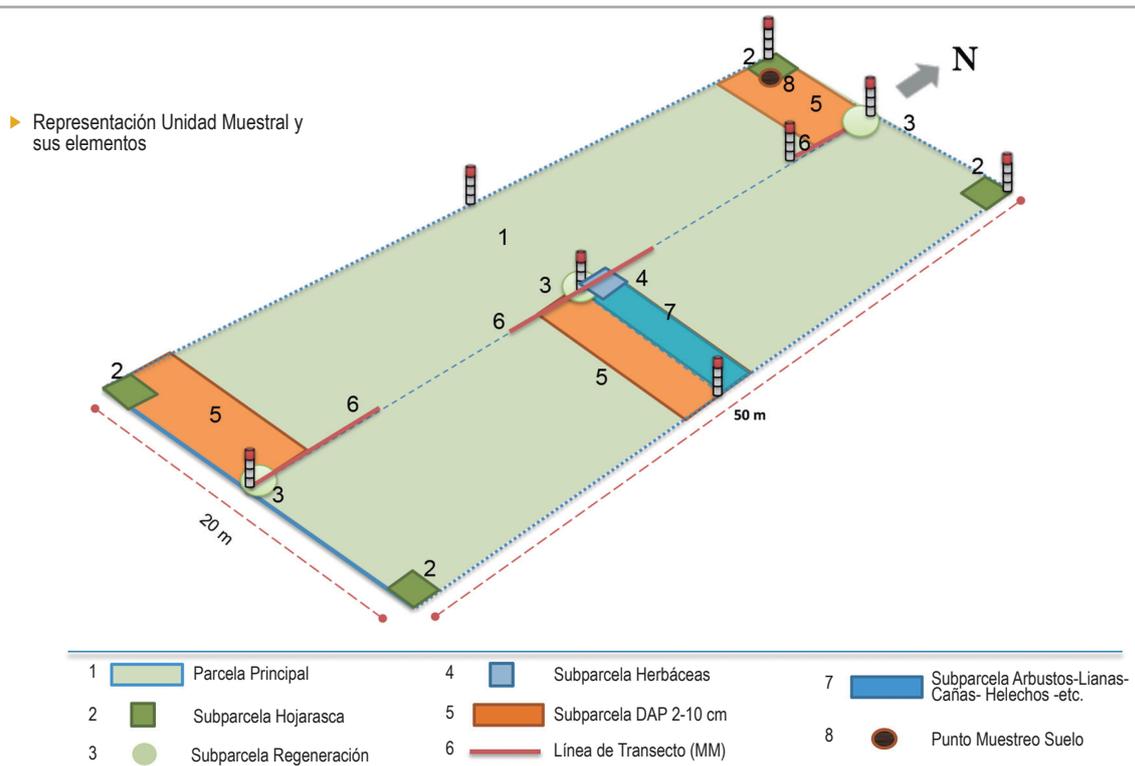


Fig. 7 Parcela principal y parcelas anidadas (subparcelas) para el inventario multipropósito

Para el caso del inventario forestal multipropósito de los ecosistemas forestales ubicados en la Cuenca del Canal de Panamá, la única diferencia respecto al establecimiento de las parcelas está dada por el tamaño de aquellas unidades muestrales en las plantaciones de las unidades de manejo del PIEA correspondientes a agroforestería y silvopastoril, las que, cómo se indicó en el punto 5.2, deben ser de 2,500 m² en lugar 1,000 m² (tabla 16).

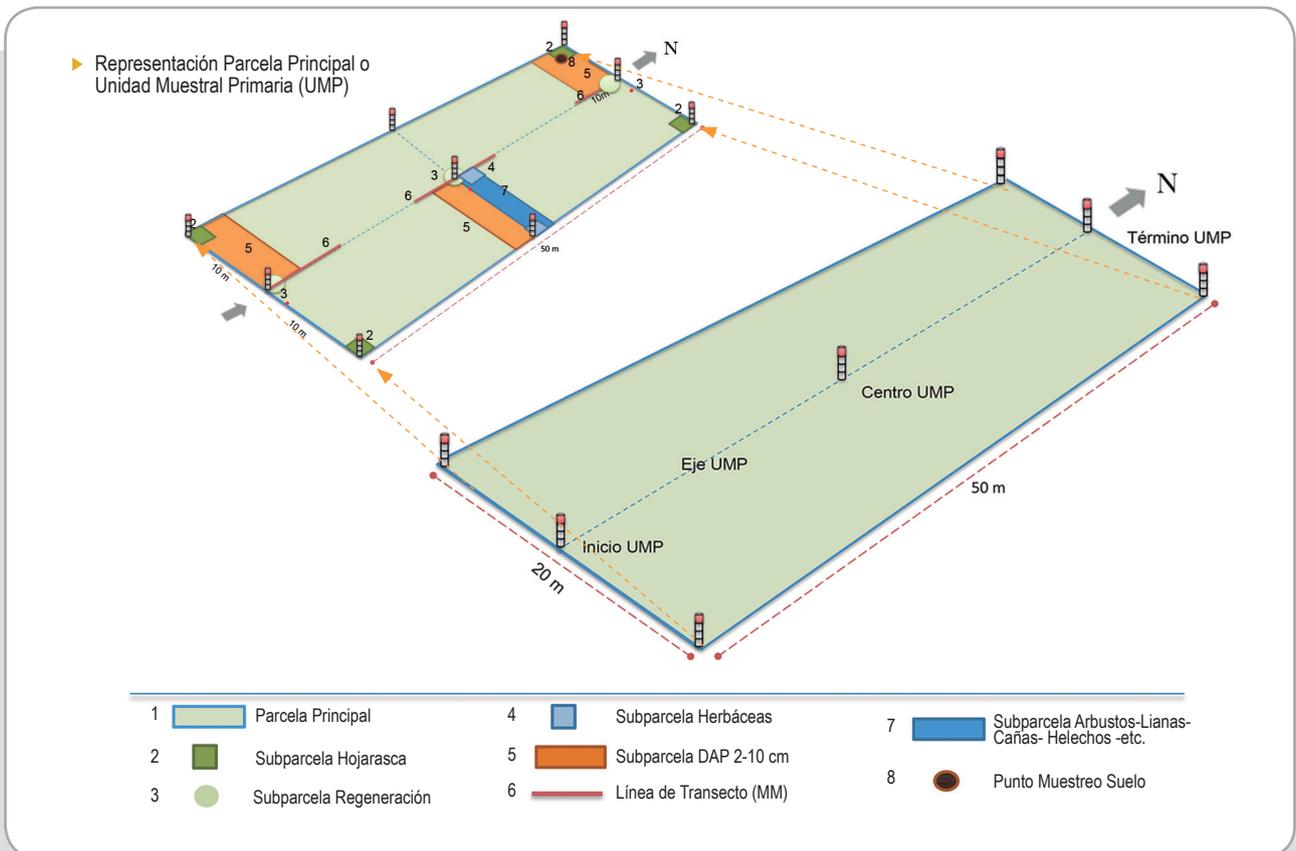
Tabla 16. Estrato/unidades de Manejo (UM), descripción, tamaño de parcela y número de las parcelas.

Estrato bosque natural/UM PIEA	Descripción	Tamaño parcela	Número parcelas
Cobertura arbórea madura	Árboles mayores a 20 m de altura, con tres o más estratos bien definidos y árboles emergentes.	20 x 50 m	15
Cobertura arbórea secundaria avanzada	Vegetación leñosa mayor a 20 m de altura, que presenta dos o más estratos verticales bien definidos.	20 x 50 m	10
Cobertura arbórea secundaria temprana	Vegetación leñosa mayor a 5 m de altura, que consta de un solo estrato vertical sin diferenciación	20 x 50 m	10
Cobertura arbórea secundaria intermedia	Vegetación leñosa con características intermedias entre la cobertura secundaria joven y secundaria avanzada.	20 x 50 m	8
Cobertura arbórea caducifolia	Vegetación leñosa mayor a 20 m de altura, que presenta dos o más estratos verticales bien definido con árboles emergentes presentes. Durante la época seca más del 70% de los arboles pierden sus hojas.	20 x 50 m	6
Comercial	Plantaciones comerciales, generalmente de teca (<i>Tectona grandis</i>)	20 x 50 m	10
Conservación	Áreas reforestadas con especies nativas para recuperar áreas protegidas	20 x 50 m	10
Agroforestería	Plantaciones en sistemas agroforestales, en su mayoría de café con sombra	20 x 125 m	10
Silvopastoril	Plantaciones en sistemas silvopastoriles, con pastos mejorados y árboles dispersos	20 x 125 m	10

6.1. Caracterización de las Parcelas

A. Parcela Principal

Parcela rectangular. En el caso de las parcelas del bosque natural y en las plantaciones de las UM comercial y conservación la longitud será de 20 m de ancho y 50 m de largo; para las parcelas de las UM del sistema silvopastoril y agroforestería la longitud es de 20 m de ancho y 125 m de largo.



Variables Evaluadas

Deberá medirse el DAP de todos los árboles vivos y muertos en pie, con un diámetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor de 10 cm que se encuentren dentro de la Parcela Principal.

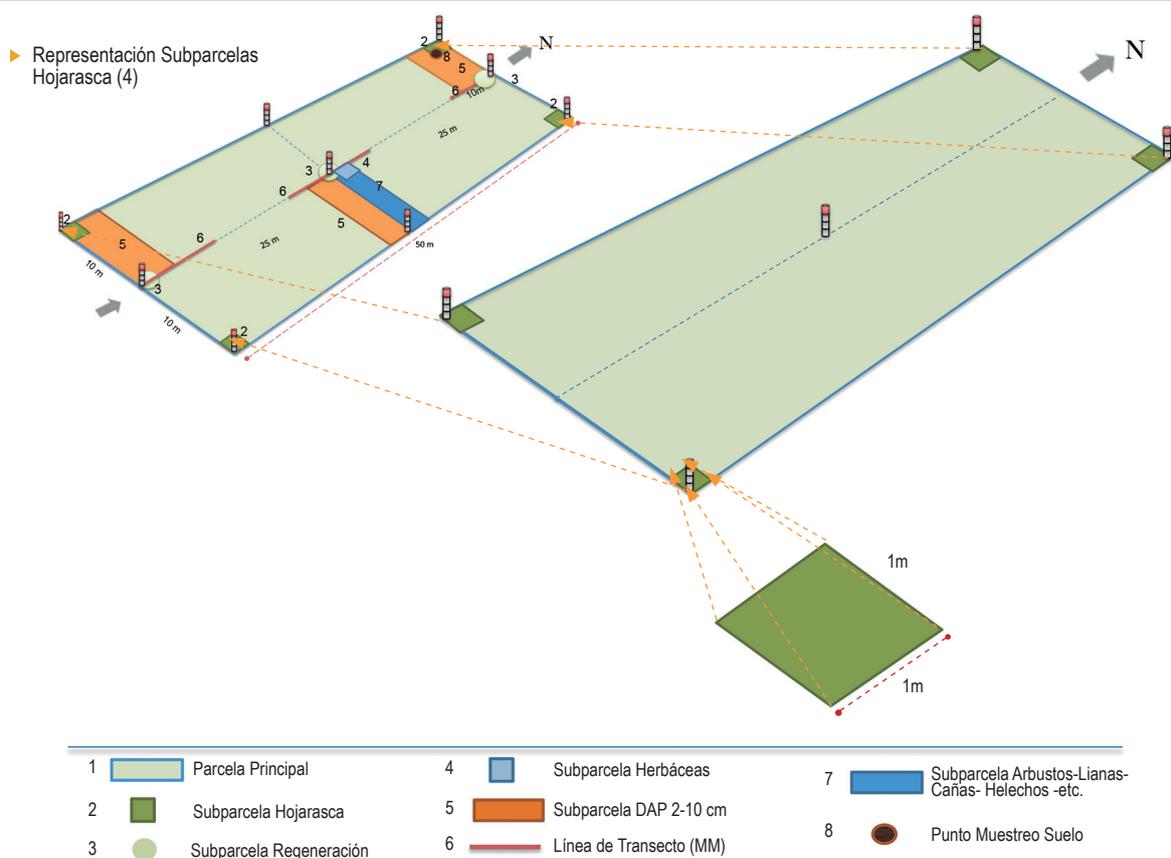
Ubicación con GPS (coordenadas UTM, WGS 84) del punto de inicio de la parcela (sur), punto medio y el punto de finalización (norte). Tomar tres fotografías con GPS en el punto de inicio: una en el plano horizontal, otra a 45o y otra a 90o. Tomar una submuestra de 10 árboles para medición de altura y copa: para definir la submuestra, deberá incluirse el árbol de menor DAP (>10cm), el árbol de mayor DAP y los 8 restantes entre DAP mínimo y máximo. La altura de los árboles deberá tomarse con un instrumento de medición de altura.

Llenar todos los campos de los formularios:

- a. **F - IGH0** datos de información general
- b. **F - AM6** Formulario de árboles mayores a 10 cm DAP
- c. **F - AC7** Formulario de altura y copa de árboles

B. Subparcela para Biomasa no Leñosa (Hojarasca y Hierbas)

Cuatro parcelas cuadradas, de 1 x 1 m, distribuidas sistemáticamente en cada uno de los vértices de la Parcela Principal. Se colectará la biomasa no leñosa, la cual incluye tanto la hojarasca (biomasa muerta) como las hierbas (biomasa no leñosa viva).



Variable Evaluada

En cada subparcela se recogerá toda la hojarasca y hierbas presentes, se pesará con una balanza electrónica de campo. De la parcela suroeste, se colectará una muestra de aproximadamente 500 g (el peso exacto se registrará en terreno) para llevarla al laboratorio. En el laboratorio se secará la muestra por 1 hora a 70 C°. El resultado obtenido será el peso seco, y con ello se estimará la biomasa seca de hojarasca presente en cada subparcela. Adicionalmente, el laboratorio proporcionará también la fracción de carbono de la hojarasca.

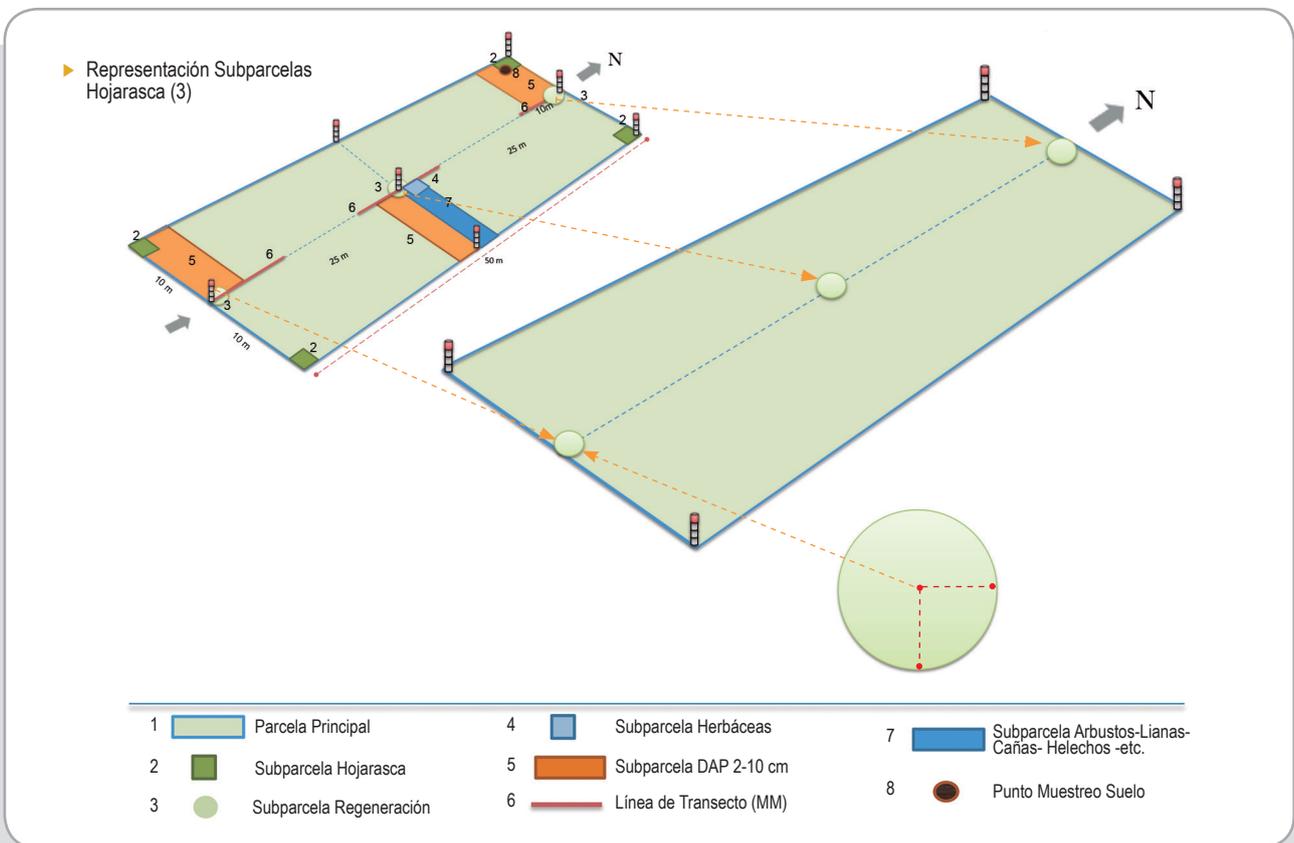
Se incluirá todo el material orgánico muerto en algunos casos identificable: hojas, tallos, flores, frutos, hierbas muertas, cortezas, etc. y en otros casos no identificable por estar en un estado de descomposición más avanzado.

Llenar todos los campos del formulario: **F - IGHO** datos de biomasa no leñosa

C. Subparcela para Regeneración Arbórea

Esta subparcela consiste en 3 subparcelas circulares de 1 m de radio (superficie 3.1416 m²), las que se localizan en forma sistemática al interior de la Parcela Principal, donde los puntos para materializar la circunferencia de 1 m de radio son el centro y los extremos del eje longitudinal de la parcela principal.

La localización debe efectuarse previo a la realización de la Parcela Principal, para evitar que sobre la regeneración exista un efecto derivado del tránsito del personal en el área.



Variable Evaluada

Al interior de la subparcela se registrará la altura de todos los individuos de las especies arbóreas (con el potencial de alcanzar una altura superior a los 5m) cuya altura sea inferior o igual a 1.5 m con una vara especialmente acondicionada para ello o utilizando una cinta métrica. En esta subparcela se tomará toda la regeneración arbórea menor a 2 cm de DAP.

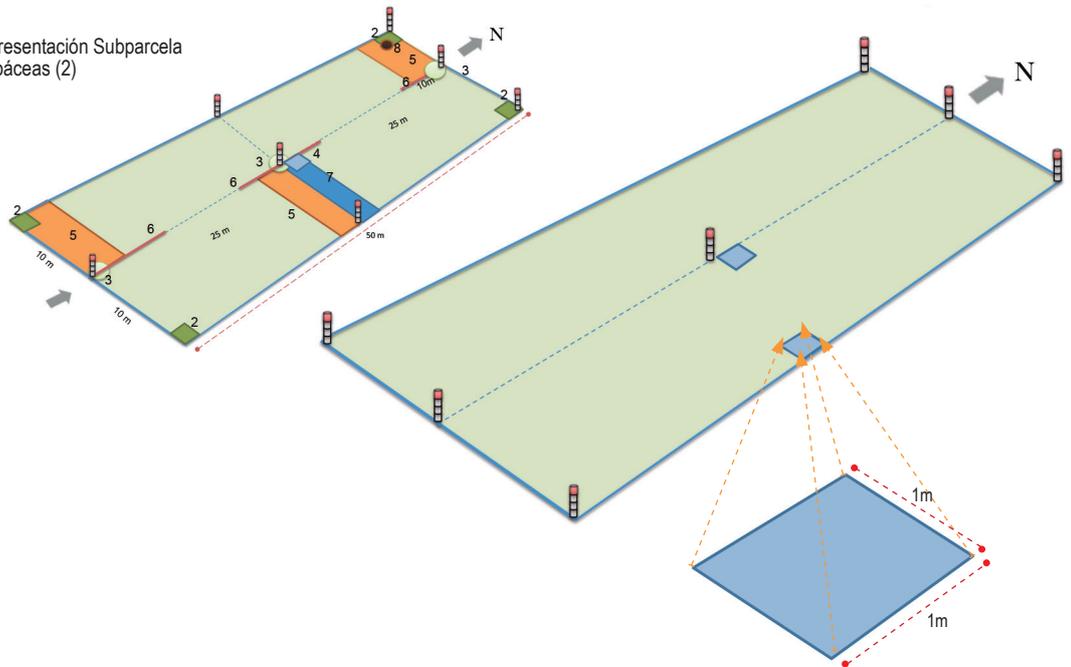
Una condición para esta evaluación es el reconocimiento de las especies arbóreas del área de estudio en sus primeros estados de desarrollo para lo que es útil contar con un manual de reconocimiento de campo que considere esta situación o en su defecto, una vez realizado el conteo y medición deberá recolectarse para su posterior identificación con el apoyo de información bibliográfica y de herbarios de la instituciones de investigación y educación superior. Lo anterior se puede complementar con registros fotográficos digitales. Al tomar una foto de una especie desconocida, incluir dentro de la foto una hoja que indique el número de la parcela, subparcela y número de la colecta botánica para evitar perder la información.

Llenar todos los campos del formulario: **F - RN1** formulario de regeneración arbórea natural.

D. Subparcela para Diversidad de Herbáceas

Son dos subparcelas de 1 m² cada una (1 x 1 m), dispuestas en los extremos opuestos (noroeste y sureste) de la subparcela Arbustos - Lianas - Cañas – Helechos, situada en el centro de la parcela principal. Es fundamental que se realice lo más pronto posible después de la ubicación y marcación del centro de la Parcela Principal, de manera que la vegetación del estrato herbáceo no se vea afectada por el tránsito del personal al interior de la parcela.

► Representación Subparcela Herbáceas (2)



- | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|--|
| 1 | Parcela Principal | 4 | Subparcela Herbáceas | 7 | Subparcela Arbustos-Lianas-Cañas-Helechos-etc. |
| 2 | Subparcela Hojarasca | 5 | Subparcela DAP 2-10 cm | 8 | Punto Muestreo Suelo |
| 3 | Subparcela Regeneración | 6 | Línea de Transecto (MM) | | |

Variable Evaluada

Se evalúa la presencia y abundancia de especies del estrato de herbáceas en el área muestreada, esto significa que es necesario contar el número de ejemplares presentes de las distintas especies de plantas herbáceas presentes al interior de la subparcela. Ello implica que debe tenerse un conocimiento acabado de las especies y su reconocimiento en terreno; si no se cuenta con este conocimiento es útil contar con un manual de reconocimiento de campo o en su defecto, una vez realizado el conteo, recolectar muestras en terreno para su posterior identificación con el apoyo de información bibliográfica y herbarios de las instituciones de investigación y educación superior.

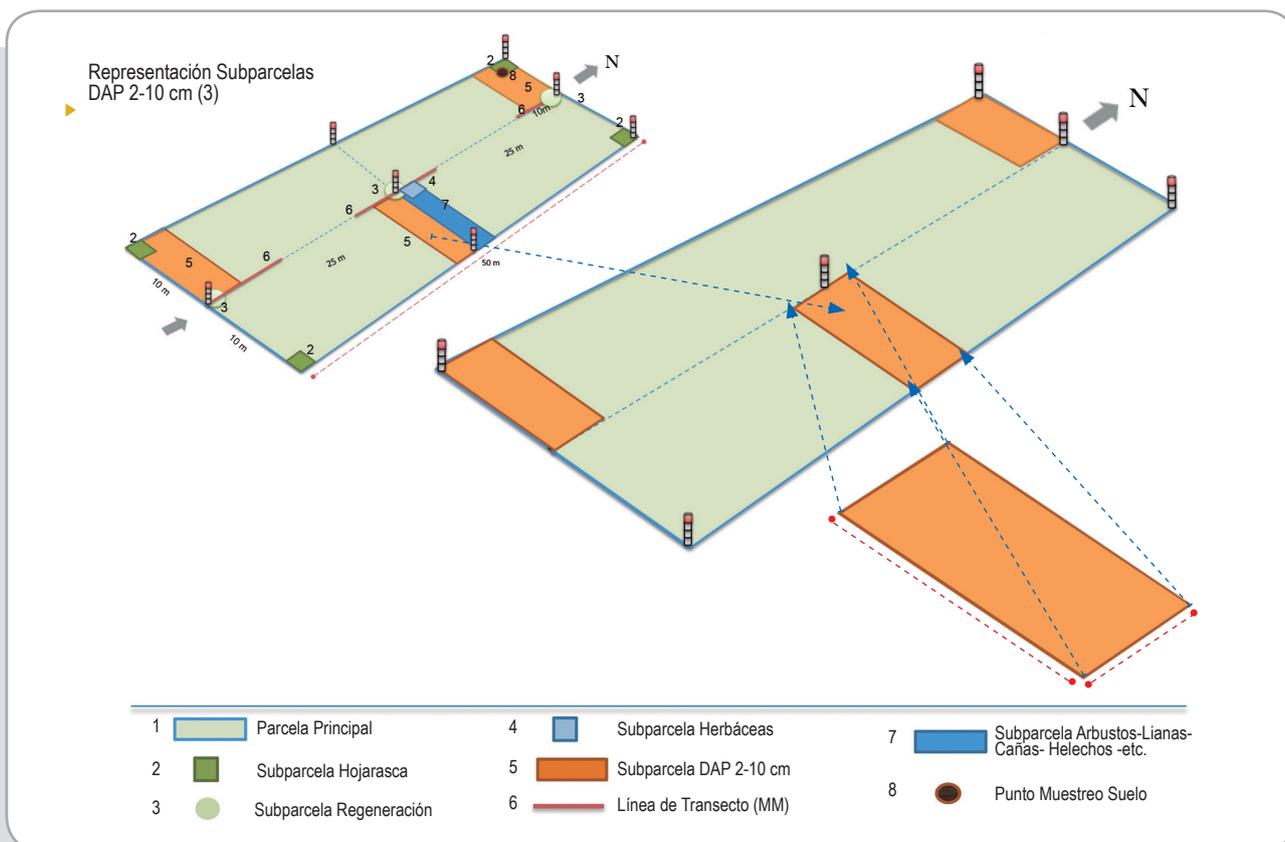
Es útil, además, realizar un registro fotográfico digital de cada especie en duda. Al tomar una foto de una especie desconocida, se incluirá dentro de la foto una hoja que indique el número de la parcela, sub-parcela y número de la colecta botánica para evitar perder la información.

En caso de especies como gramíneas u otras de similar crecimiento en donde resulta difícil distinguir un individuo se estimará el porcentaje del área total de la parcela que esta especie cubre (en el formulario aparece como cobertura).

Llenar todos los campos del formulario: **F - VH3** formulario de vegetación herbácea.

E. Subparcela de Biomasa entre 2 y 10 cm de DAP y Plantones de Café

Tres parcelas rectangulares de 5 m x 10 m, ubicadas sistemáticamente en el vértice suroeste, en el centro (lado este) y en el vértice noroeste de la Parcela Principal y dispuestas de tal manera que los 10 m se miden perpendiculares al eje de esta.



VARIABLES EVALUADAS

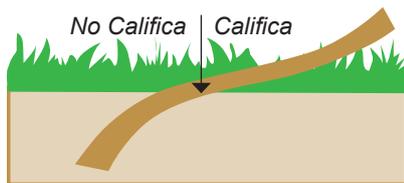
En esta unidad muestral se miden los DAP de todos los individuos de las especies arbóreas cuyo diámetro sea igual o superior a 2 cm pero inferior a 10 cm. Para las parcelas en la UM Agroforestería se medirán todos los plantones de café presentes.

Llenar todos los campos del formulario:

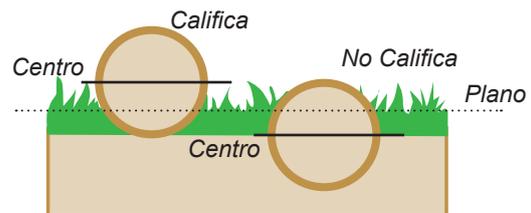
- a. **F - BA4** formulario de biomasa de árboles de 2 a 10 cm DAP
- b. **F - café** formulario de plantones de café, sólo para el caso de plantaciones de la UM Agroforestería

F. Subparcela para Madera Muerta

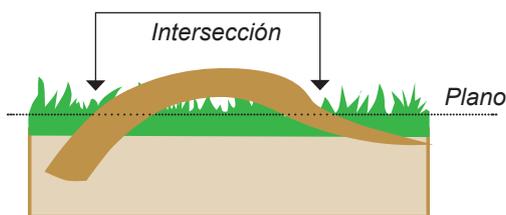
Se medirá la madera muerta caída en 3 transectos lineales de 10 m de longitud, realizarlos en forma sistemática en los extremos y en el centro de la parcela, sobre el eje longitudinal de la parcela. Se medirá el diámetro de todas las trozas mayores a 2 cm que sean intersectadas por la línea de 10 metros (ramas, troncos, raíces, componentes sub-leñosos muertos caídos) y definir su estado de descomposición. Las ramas colgantes o madera interceptada en el aire no serán contadas.



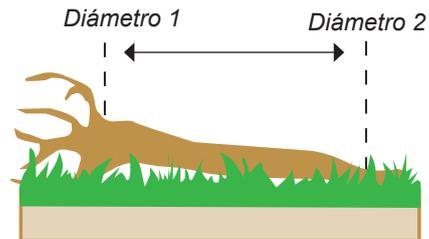
i) El centro de la pieza de madera está enterrado en la capa orgánica de suelo (duff); NO se contabiliza como madera caída. (No siempre es sencillo saber que parte está enterrada).



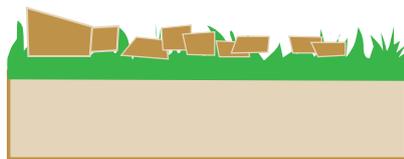
ii) El plano de intersección cruza el final de la pieza de madera; No se contabiliza si el plano no cruza el eje central de la madera.



iii) Para las piezas de madera que crucen varias veces el plano de intersección se medirán TODAS las intersecciones.

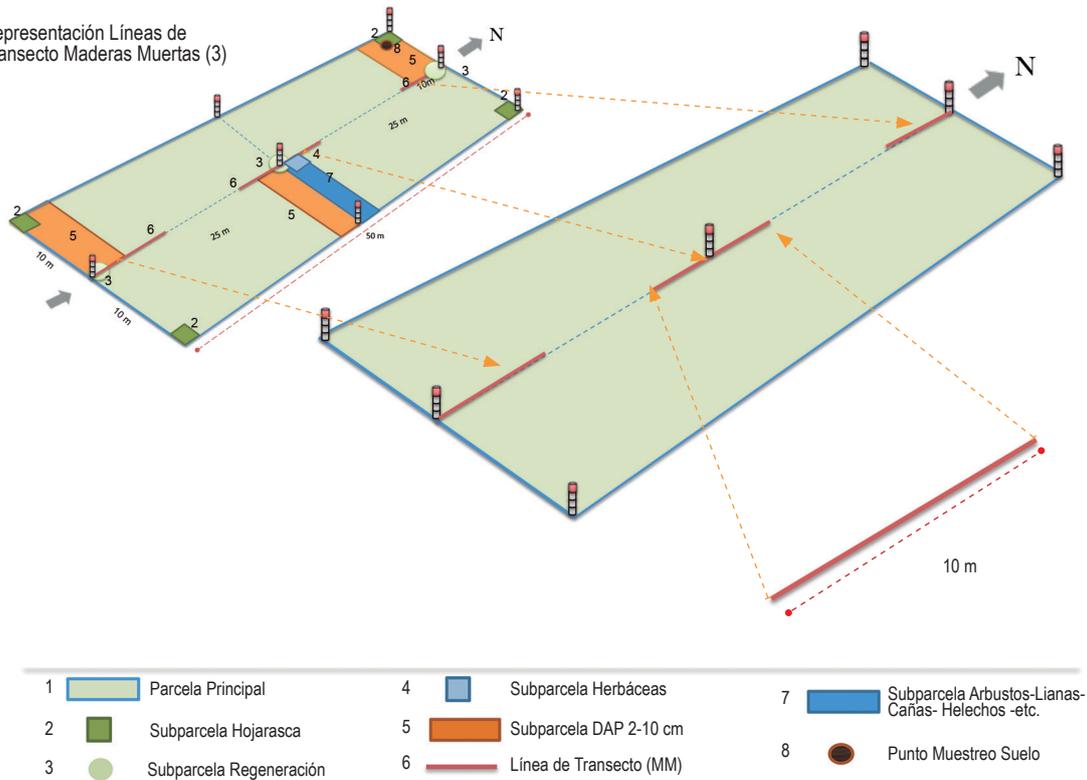


iv) Para madera muerta con formas irregulares se medirán los diámetros del inicio y el final de la pieza (d1, d2) y su longitud.



v) Para las piezas de madera muy descompuestas que se hayan dividido en varias partes, hay que hacer una reconstrucción visual del diámetro original y anotar ese valor.

► Representación Líneas de Transecto Maderas Muertas (3)



Variable Evaluada

Con ayuda de una regla o forcípula (mínimo de 20 cm de longitud) se medirán y anotarán los diámetros de todas las piezas de madera yaciendo sobre la superficie del suelo o entremezcladas con la hojarasca justo en el punto de cruce con la línea de intercepción planar. El diámetro se considerará la longitud vertical de la pieza de madera, en el punto donde ésta cruce la línea de transecto, sin importar si ésta es más gruesa en otro punto.

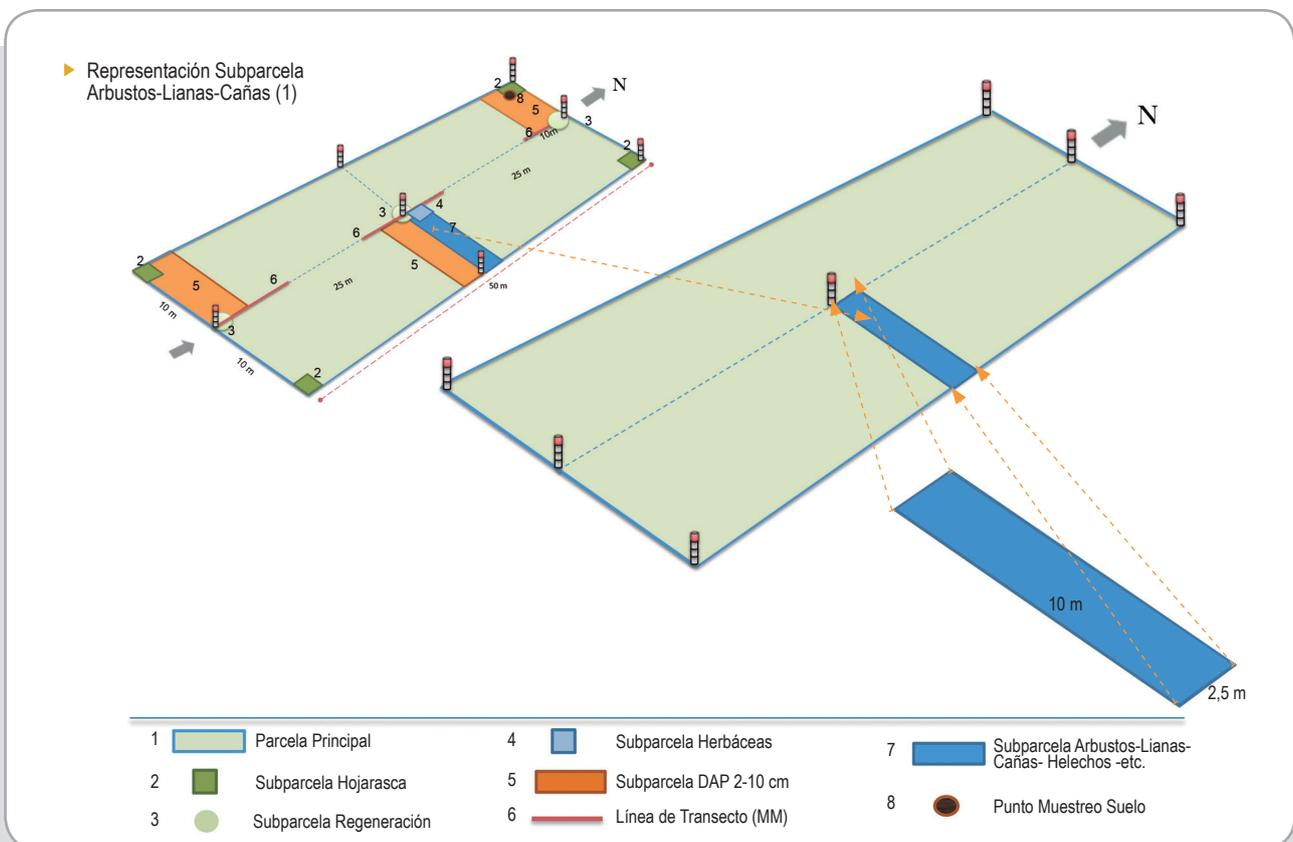
Anotar los códigos correspondientes a 3 estados de descomposición:

- **Sólido:** Madera sólida, caída recientemente, con corteza intacta y ramas finas todavía adjuntas.
- **Intermedio:** Madera no sólida, en condiciones pobres, pero donde resultó difícil empujar un clavo dentro de la madera con la mano.
- **Descompuesto:** Blanda, madera podrida, donde un clavo podría ser empujado dentro de la madera fácilmente. Madera podrida que se rompe con facilidad al pisarla.

Llenar todos los campos del formulario: **F - MM2** formulario de transectos de madera muerta

G. Subparcela para diversidad de arbustos, lianas, helechos

La subparcela corresponde a una faja de 25 m² (2.5 x 10 m) dispuesta en el centro de la parcela principal y orientada perpendicular al eje longitudinal de la misma.



Variable Evaluada

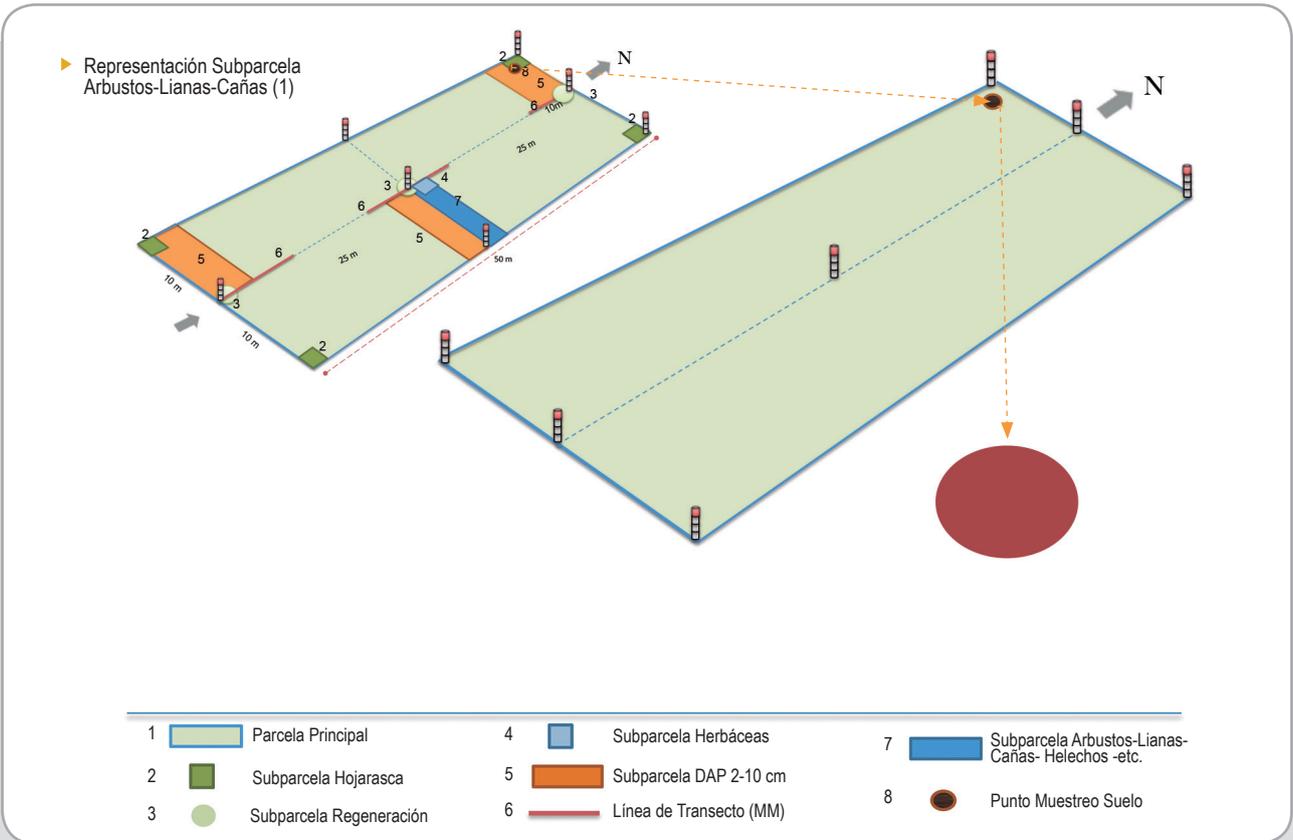
Se evalúa la presencia y abundancia de especies del estrato de arbustivas en el área muestreada, esto significa que es necesario contar el número de ejemplares presentes de las distintas especies de plantas arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras presentes al interior de la subparcela. Ello implica que debe tenerse un conocimiento acabado de las especies y su reconocimiento en terreno; si no se cuenta con este conocimiento es útil contar con un manual de reconocimiento de campo o en su defecto, una vez realizado el conteo, recolectar muestras en terreno para su posterior identificación en oficina con el apoyo de información bibliográfica y, en lo posible, recurriendo a herbarios de la instituciones de investigación y educación superior. Es útil, además, realizar un registro fotográfico digital de cada especie en duda. Para el caso de lianas y otras especies imposibles de identificar, diferenciar por especie y contar el número de individuos de la especie desconocida 1, 2, 3... sucesivamente.

En caso resulte difícil distinguir un individuo se estimará el porcentaje del área total de la parcela que esta especie cubre (en el formulario aparece como cobertura).

Llenar todos los campos del formulario: **F - ALB5** formulario de arbustos, lianas, bambú.

H. Punto de Muestreo para el Carbono del Suelo

Se hará un punto de muestreo de suelo en la segunda subparcela de biomasa no leñosa, en uno de los vértices de la parcela principal. El muestreo se realiza utilizando preferentemente un barreno de suelo (cilindro metálico con volumen conocido).



Variable Evaluada

En el punto de muestreo de suelo, retirar la hojarasca y hacer la medición considerando una profundidad máxima de 30 cm.

A una profundidad de 15 cm, deberán ser colectadas muestras de suelo separadas para análisis de carbono orgánico y densidad aparente. Esto ya que ambas variables son necesarias para determinar la biomasa y el contenido de carbono en el suelo.

Para el muestreo de densidad aparente se utiliza el método del cilindro de volumen conocido (habitualmente 5 cm de alto y 5 cm de diámetro).

Para la determinación de la fracción de carbono debe tomarse una muestra de aproximadamente 200 g que debe ser depositada en una bolsa plástica que permita su adecuado transporte a laboratorio.

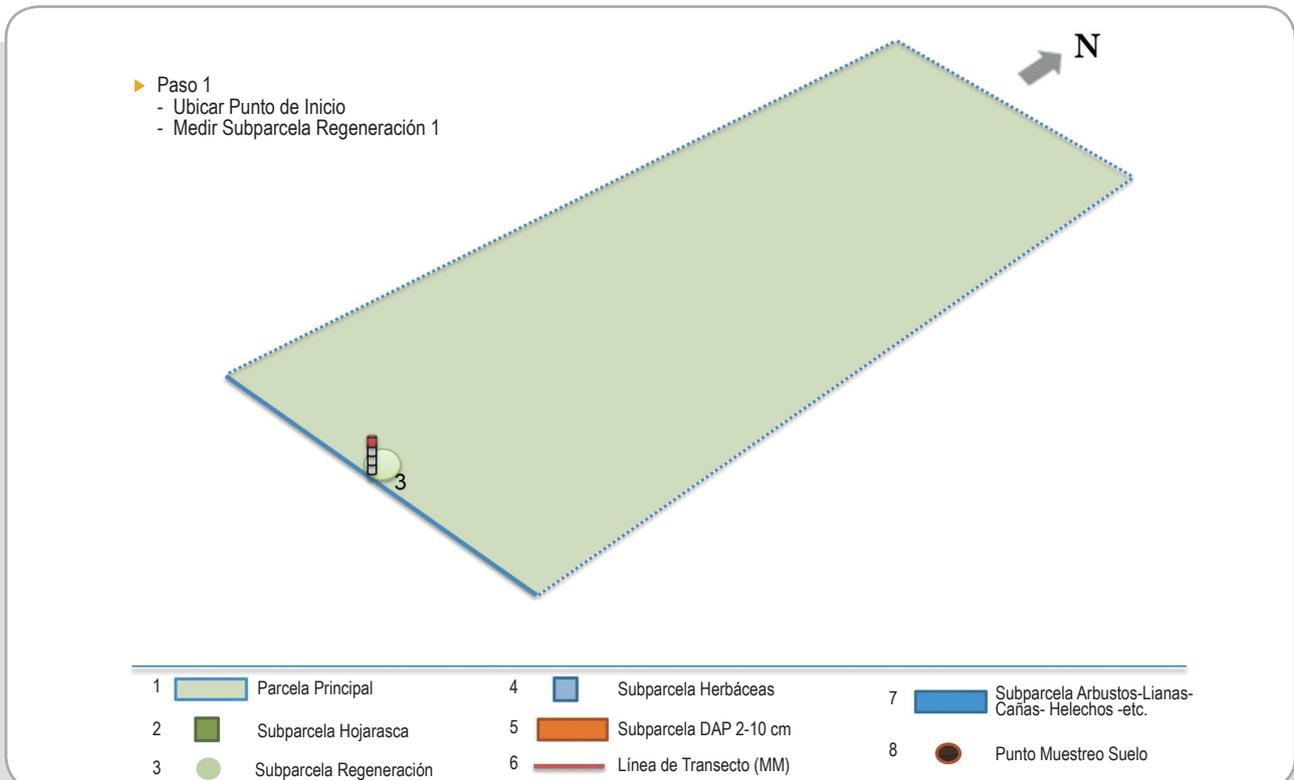
Llenar el campo de responsables del formulario: **F - IGHO** formulario general, sección colecta de muestra de suelo.

6.2 Secuencia y consideraciones para el levantamiento de las parcelas

Se recomienda la siguiente secuencia para el levantamiento de los datos de la parcela, la cual busca obtener la mejor eficiencia de las cuadrillas en el campo.

Paso 1:

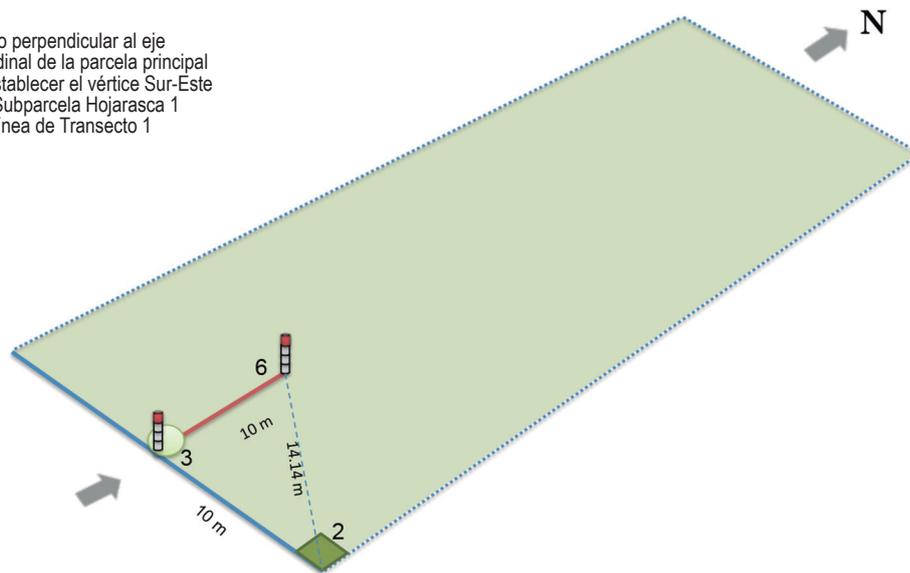
Señalización del punto de origen o punto de referencia de la parcela. Se debe colocar un tubo PVC de 2 m de altura con franjas rojas, al igual que en cada uno de los vértices. El transecto central de la parcela seguirá la dirección dada por el norte magnético. Se debe medir en este punto la primera parcela de regeneración natural de 1 m de radio. Se deberán tomar las coordenadas del punto de inicio y realizar un registro fotográfico del GPS con las coordenadas como medio de verificación.



Paso 2:

Ubicar el norte franco y colocar una varilla (temporal) a 10 m hacia el norte. Se señala el vértice este, definiendo un triángulo respecto a eje central de 10 x 10 x 14.14 m. En este punto (vértice este) se realiza la primera parcela de biomasa no leñosa. Seguidamente se deberá realizar el primer transecto de maderas muertas de 10 m de longitud.

- ▶ Paso 2
- Trazado perpendicular al eje longitudinal de la parcela principal para establecer el vértice Sur-Este
- Medir Subparcela Hojarasca 1
- Medir Línea de Transecto 1

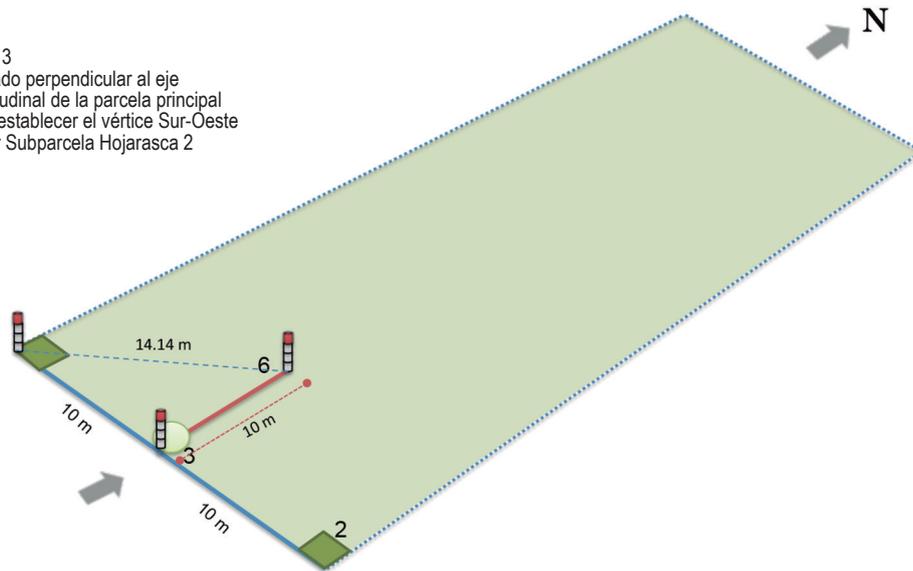


- | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|---|
| 1 | Parcela Principal | 4 | Subparcela Herbáceas | 7 | Subparcela Arbustos-Lianas-Cañas-Helechos -etc. |
| 2 | Subparcela Hojarasca | 5 | Subparcela DAP 2-10 cm | 8 | Punto Muestreo Suelo |
| 3 | Subparcela Regeneración | 6 | Línea de Transecto (MM) | | |

Paso 3:

Señalización del vértice oeste, definiendo un triángulo respecto a eje central de 10 x 10 x 14.14 m. (También puede alinear utilizando el vértice este y el punto central). Seguidamente realizar la segunda parcela de biomasa no leñosa en el extremo oeste.

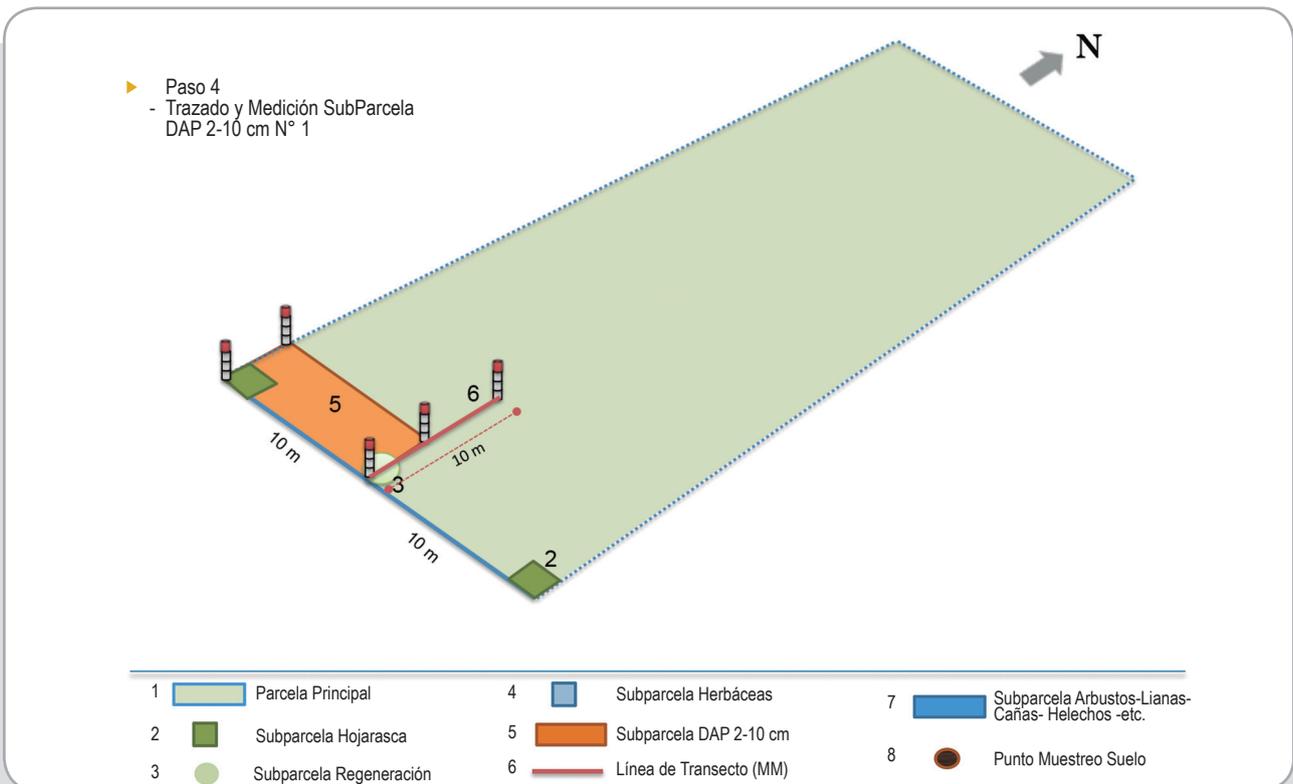
- ▶ Paso 3
- Trazado perpendicular al eje longitudinal de la parcela principal para establecer el vértice Sur-Oeste
- Medir Subparcela Hojarasca 2



- | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|--|
| 1 | Parcela Principal | 4 | Subparcela Herbáceas | 7 | Subparcela Arbustos-Lianas-Cañas- Helechos -etc. |
| 2 | Subparcela Hojarasca | 5 | Subparcela DAP 2-10 cm | 8 | Punto Muestreo Suelo |
| 3 | Subparcela Regeneración | 6 | Línea de Transecto (MM) | | |

Paso 4:

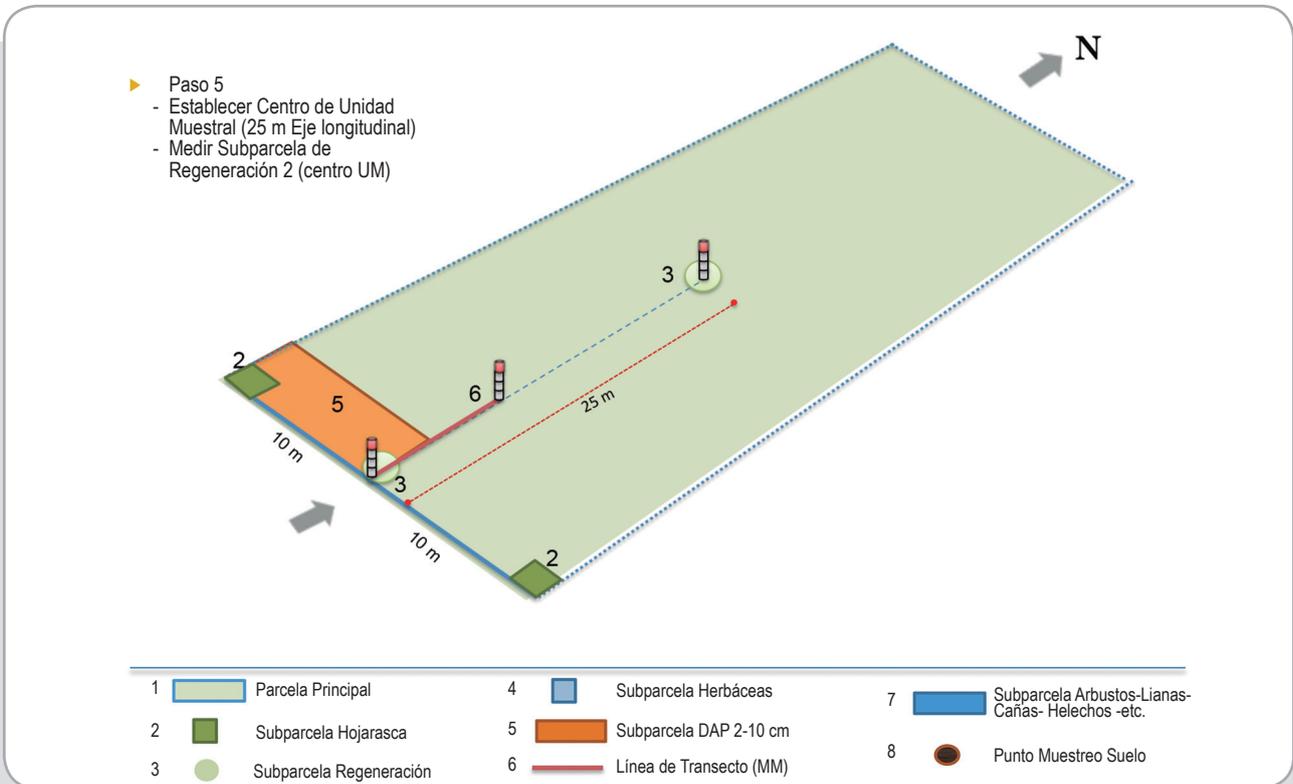
Establecimiento de la primera unidad de muestreo de 50 m². Para ello se debe marcar 5 m sobre el eje longitudinal y 10 m sobre el lado oeste de la parcela principal. La información se consigna en el formulario correspondiente a la biomasa de 2 a 10 cm de DAP. Para la UM Agroforestería se medirán también todos los plantones de café presentes.



Paso 5:

En el caso de bosque natural, plantaciones comerciales y plantaciones de conservación completar 25 m sobre el eje central de la parcela con rumbo norte (alinearse siguiendo las dos varillas ubicadas en los pasos anteriores). Se deberá señalar el punto de central con PVC de 2m de altura y una etiqueta metálica con los datos de la parcela (número, fecha). En torno a él medir la segunda parcela de regeneración natural de 1 m de radio.

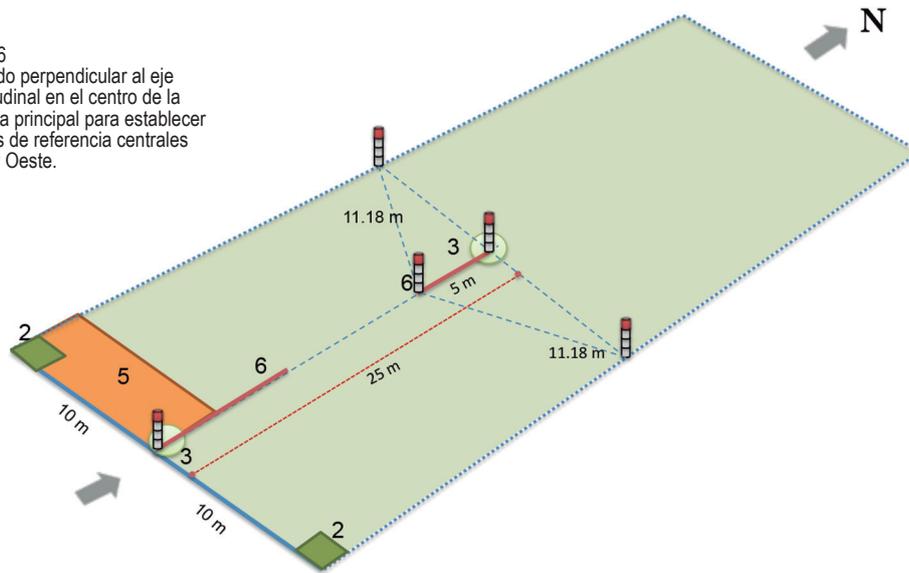
Para el caso de las parcelas en sistemas agroforestales y silvopastoriles, el centro de la parcela es en el metro 62.5.



Paso 6:

Trazado de una perpendicular al eje longitudinal para establecer los puntos medios del lado este y oeste de la parcela principal. Usar un triángulo respecto a eje central de 5 x 10 x 11.18 m.

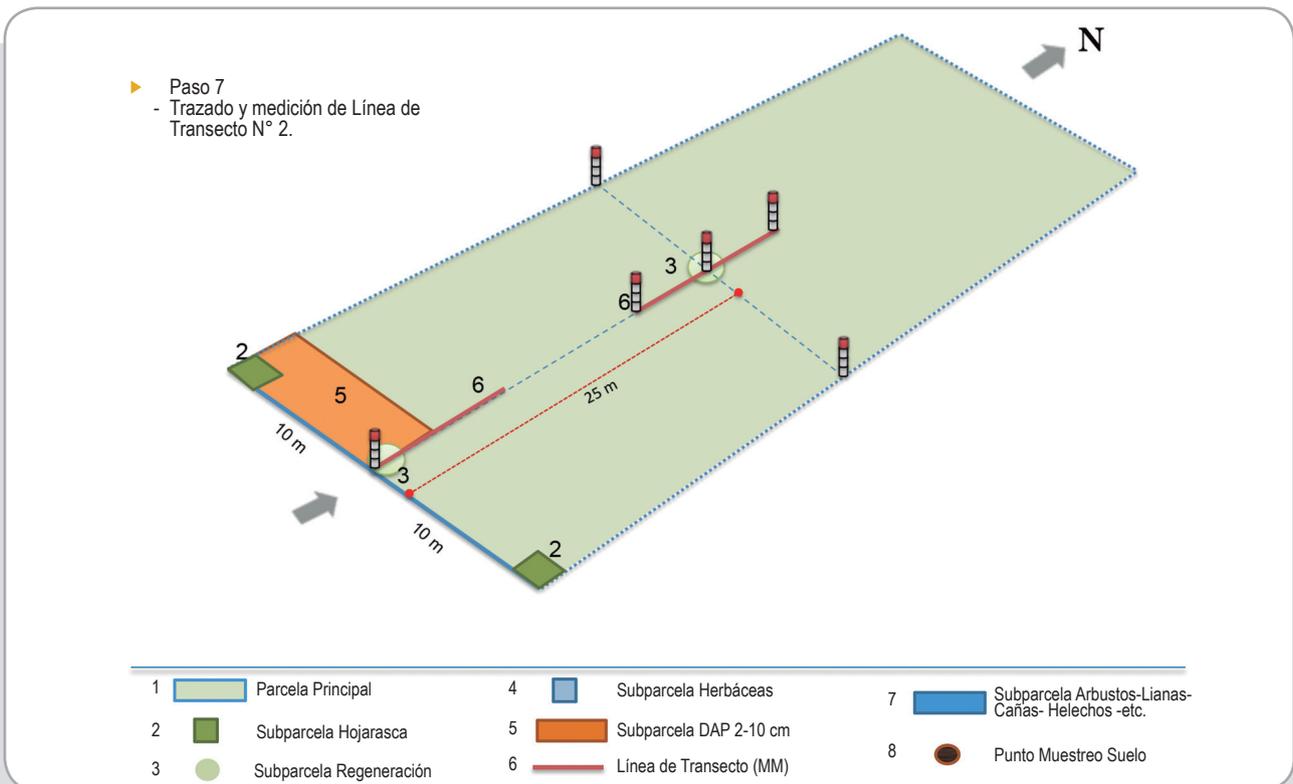
- ▶ Paso 6
- Trazado perpendicular al eje longitudinal en el centro de la parcela principal para establecer puntos de referencia centrales Este y Oeste.



1	Parcela Principal	4	Subparcela Herbáceas	7	Subparcela Arbustos-Lianas-Cañas- Helechos -etc.
2	Subparcela Hojarasca	5	Subparcela DAP 2-10 cm	8	Punto Muestreo Suelo
3	Subparcela Regeneración	6	Línea de Transecto (MM)		

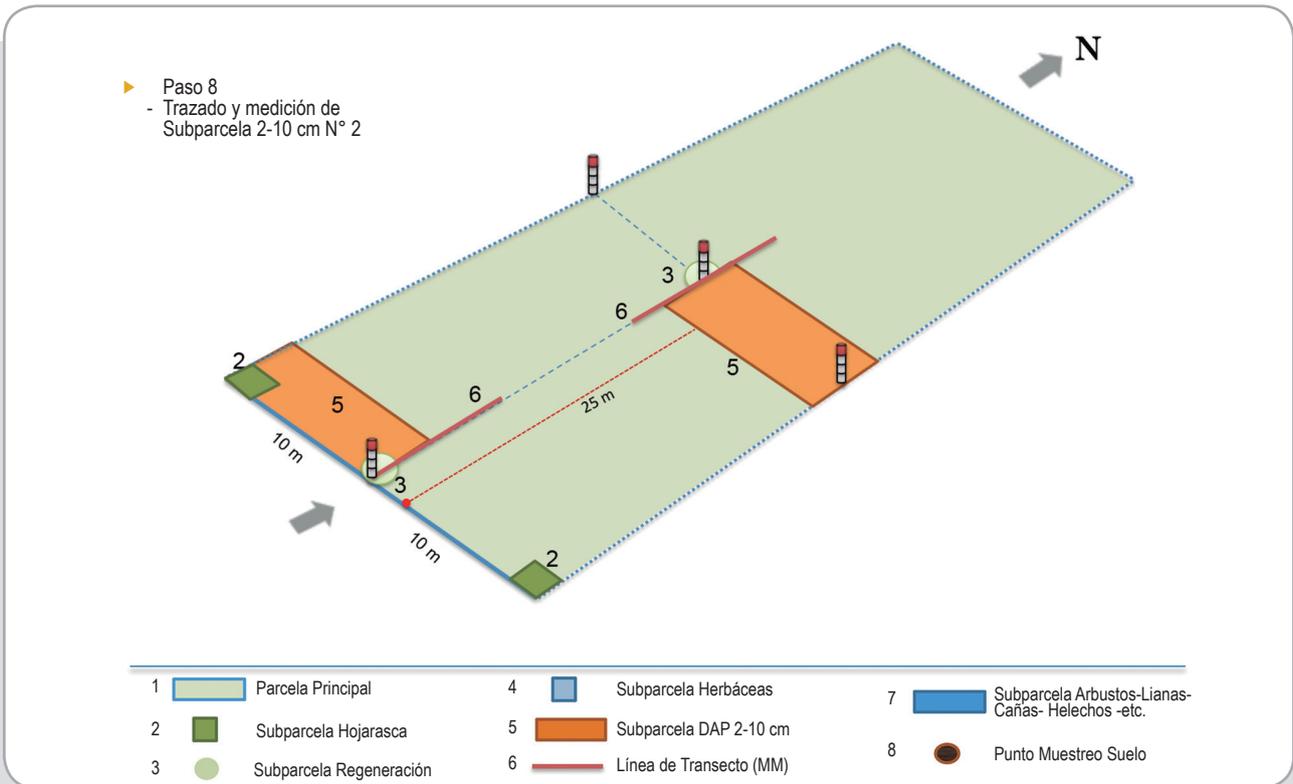
Paso 7:

Realizar el segundo transecto de maderas muertas de 10 m de longitud, centrado respecto al eje longitudinal.



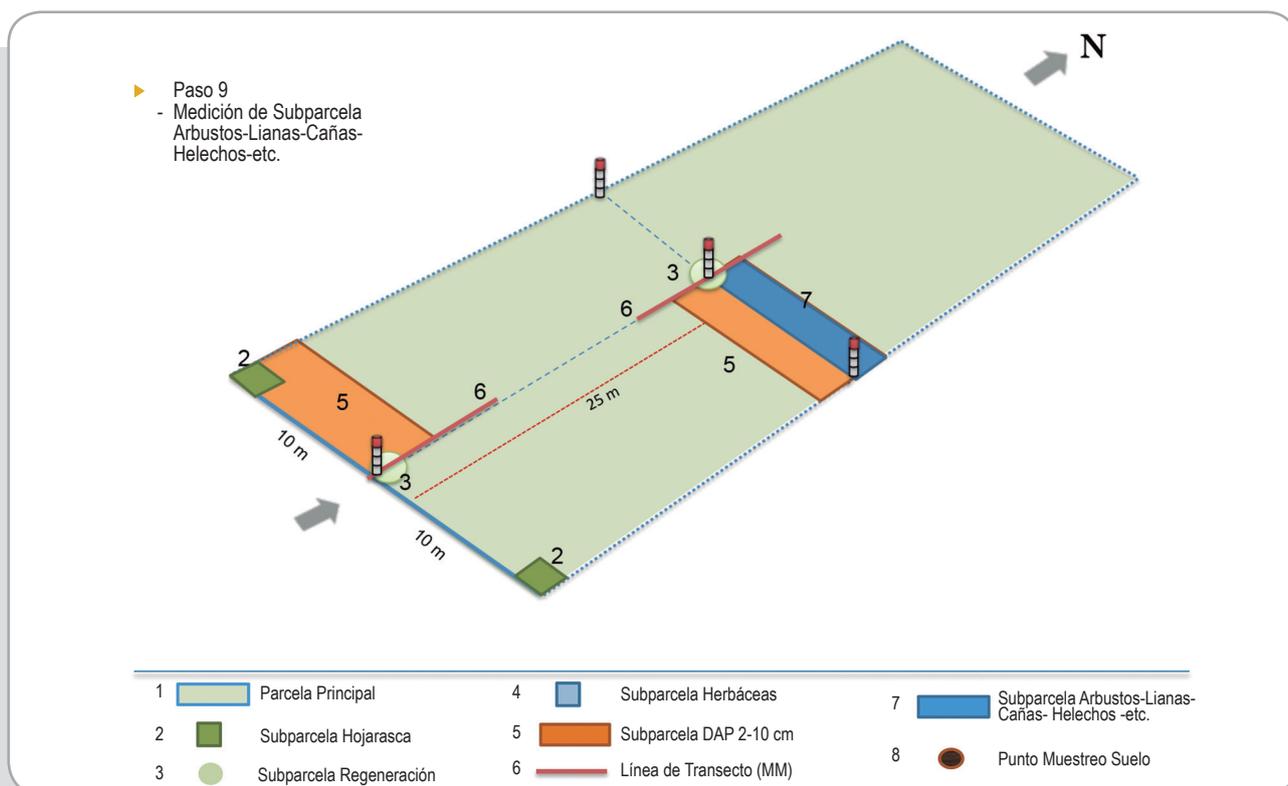
Paso 8:

Establecimiento de la segunda parcela de 50 m² (5 x 10 m) para la medición de la biomasa arbórea para individuos entre 2 y 10 cm de DAP y todos los plantones de café en el caso de las parcelas en la UM de Agroforestería.



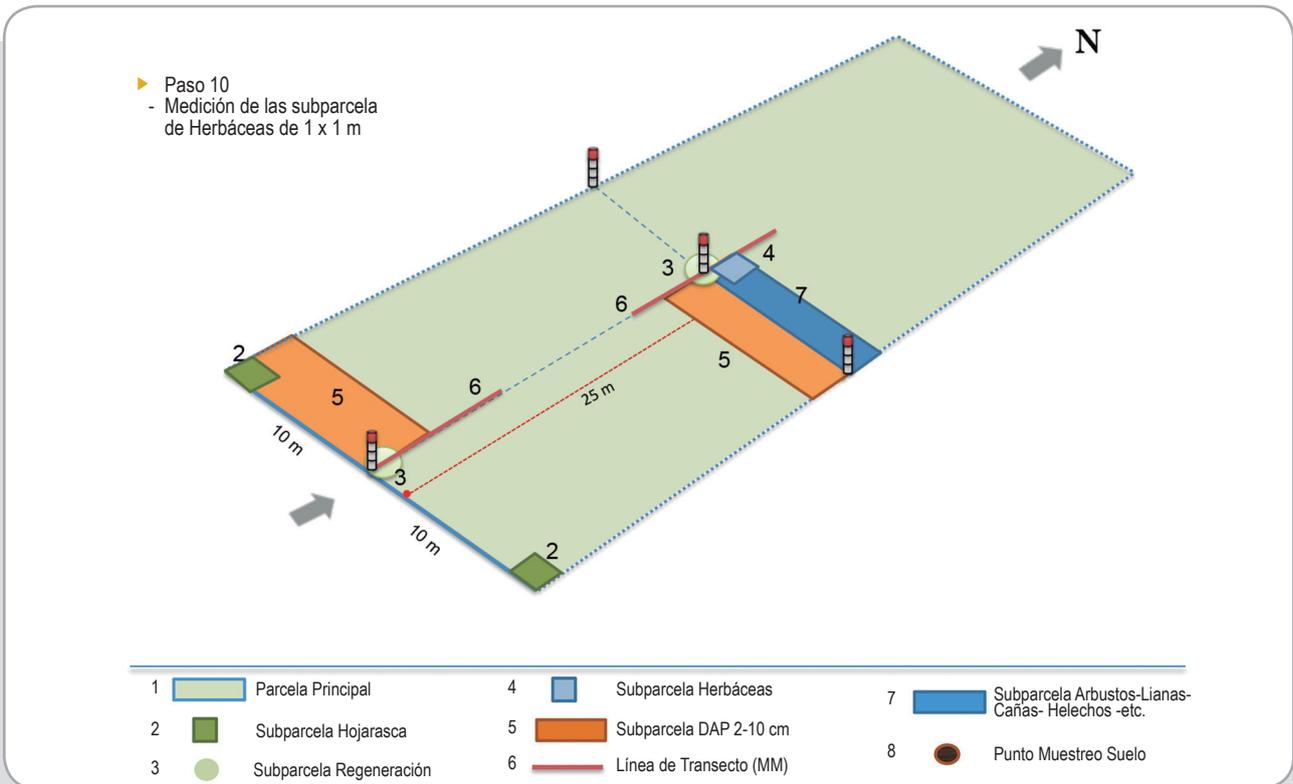
Paso 9:

Al interior de la subparcela de biomasa con DAP entre 2 y 10 cm número 2, al centro de la unidad muestral, y una vez finalizada la medición de los árboles, medir la subparcela de arbustos, lianas, cañas, helechos de 2.5 x 10 m.



Paso 10:

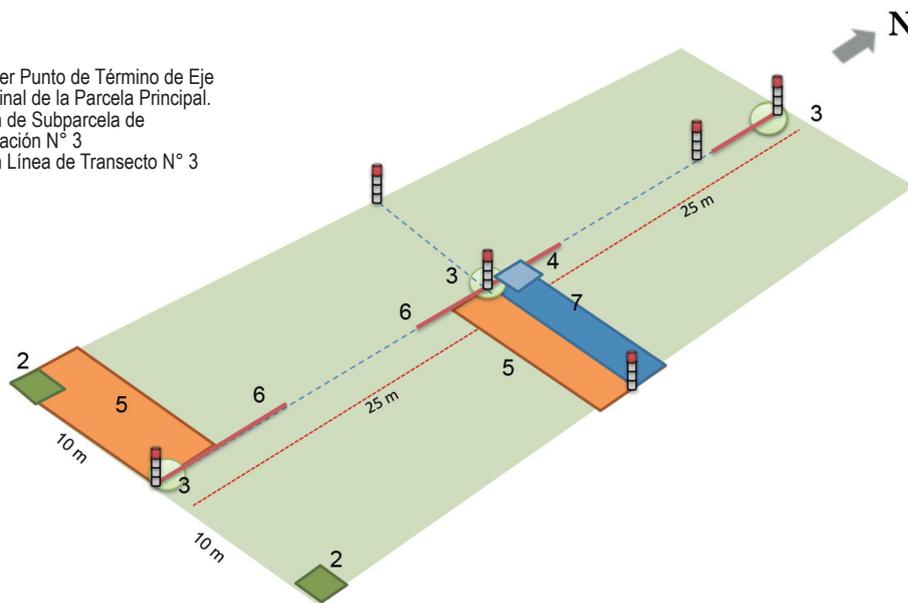
Al interior de subparcela de arbustos, lianas, bambús y otras; establecer las dos subparcelas de Herbáceas de 1 x 1 m. La primera en el vértice noroeste y la segunda en el vértice sureste.



Paso 11:

Se continúa el desplazamiento para completar la longitud de la parcela sobre el eje central de la parcela con rumbo norte. Se procede a la señalización del punto de final y se realiza la tercera parcela de regeneración natural de 1m de radio. Se registran las coordenadas del punto final. Seguidamente se realiza el tercer transecto de maderas muertas de 10 m de longitud.

- ▶ Paso 11
- Establecer Punto de Término de Eje Longitudinal de la Parcela Principal.
- Medición de Subparcela de Regeneración N° 3
- Medición Línea de Transecto N° 3

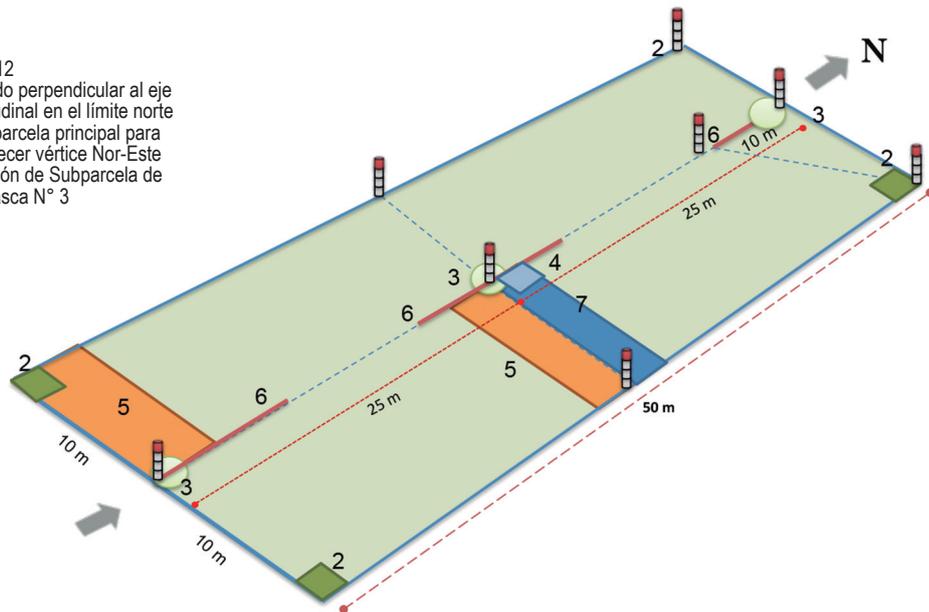


1	Parcela Principal	4	Subparcela Herbáceas	7	Subparcela Arbustos-Lianas-Caías-Helechos -etc.
2	Subparcela Hojarasca	5	Subparcela DAP 2-10 cm	8	Punto Muestreo Suelo
3	Subparcela Regeneración	6	Línea de Transecto (MM)		

Paso 12:

Señalizar el vértice noreste, definiendo un triángulo respecto a eje central de 10 x 10 x 14.14 m. En este punto (extremo noreste) realizar la tercera parcela de biomasa no leñosa.

- ▶ Paso 12
- Trazado perpendicular al eje longitudinal en el límite norte de la parcela principal para establecer vértice Nor-Este
- Medición de Subparcela de Hojarasca N° 3

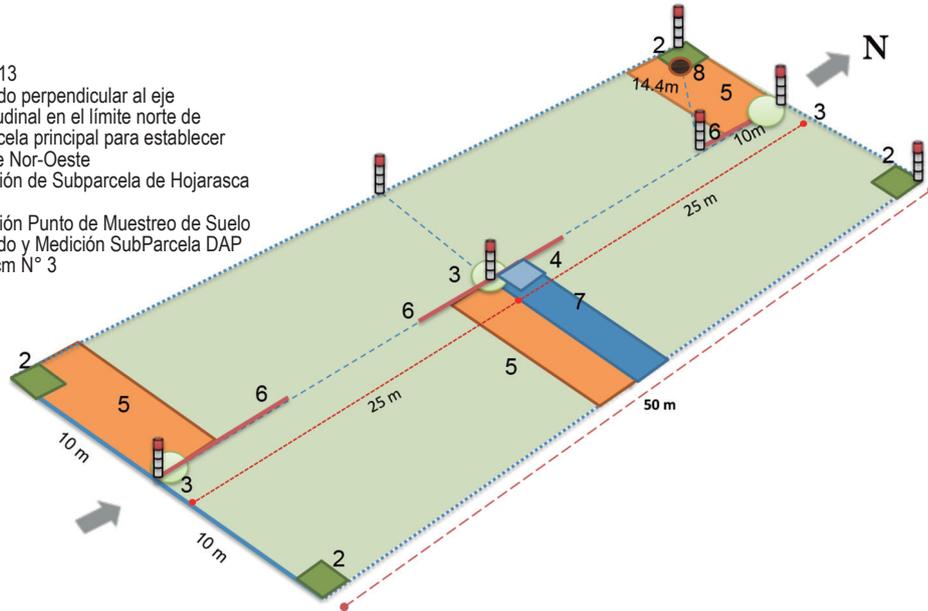


- | | | | | | |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|--|
| 1 | Parcela Principal | 4 | Subparcela Herbáceas | 7 | Subparcela Arbustos-Lianas-Cañas-Helechos-etc. |
| 2 | Subparcela Hojarasca | 5 | Subparcela DAP 2-10 cm | 8 | Punto Muestreo Suelo |
| 3 | Subparcela Regeneración | 6 | Línea de Transecto (MM) | | |

Paso 13:

Señalizar el vértice oeste, definiendo un triángulo respecto a eje central de 10 x 10 x 14.14 m. También puede alinear utilizando el vértice este y el punto central. Realizar la cuarta parcela de hojarasca en el extremo noroeste. Tomar las muestras de suelo en el punto de muestreo localizado en el mismo lugar de la cuarta parcela de biomasa no leñosa y realizar la tercera parcela de 50 m² (5 x 10 m) para la medición de biomasa entre 2 y 10 cm de DAP y plántones de café (UM Agroforestería).

- ▶ Paso 13
- Trazado perpendicular al eje longitudinal en el límite norte de la parcela principal para establecer vértice Nor-Oeste
- Medición de Subparcela de Hojarasca N° 4
- Medición Punto de Muestreo de Suelo
- Trazado y Medición SubParcela DAP 2-10 cm N° 3



1	Parcela Principal	4	Subparcela Herbáceas	7	Subparcela Arbustos-Lianas-Cañas- Helechos- etc.
2	Subparcela Hojarasca	5	Subparcela DAP 2-10 cm	8	Punto Muestreo Suelo
3	Subparcela Regeneración	6	Línea de Transecto (MM)		

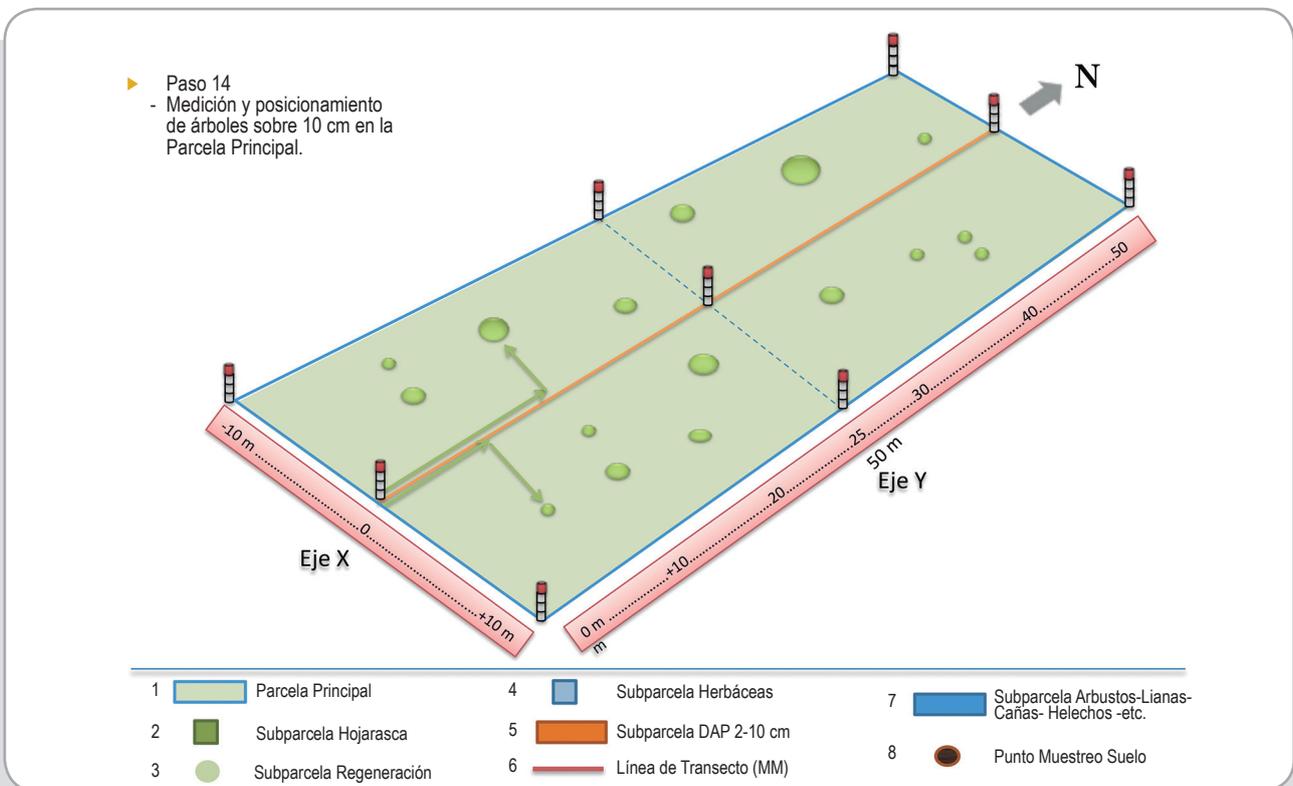
Recomendaciones:

- Se deberá georreferenciar (coordenadas UTM, WGS 84) los cuatro vértices, el punto de origen y el punto medio de la parcela principal, así como tomar fotografías del punto de inicio, el punto medio y de cada una de las subparcelas establecidas.
- La intención de ejecutar las mediciones de regeneración, biomasa no leñosa y madera muerta paralelamente al proceso de delimitación, es evitar que se comience a caminar sobre los sitios donde se harán dichas mediciones.
- Para la medición de biomasa no leñosa, pesar toda la hojarasca y hierbas presentes en el 1 m² (peso verde) que se encuentra en cada subparcela. Posteriormente en la primera subparcela tomar una muestra de 500 g, debidamente pesada, rotulada y sellada. Esta muestra debe ser llevada al laboratorio para secarla por 1 hora a 70 grados C.
- En el punto de muestreo de suelo considerar la toma de muestras para la densidad aparente y para el análisis de carbono a una profundidad de 15 cm. Estas muestras deben ser recolectadas de acuerdo a las pautas dadas por el laboratorio donde se realizarán los análisis.
- Lo mismo es válido para las muestras de madera muerta a las que se evaluará la densidad de la madera en los distintos grados de descomposición.
- En la medición de arbustos, lianas, bambús y similares se contarán los individuos para cada categoría y, en lo posible, a nivel de especie.
- Lo ideal es que la cuadrilla cuente con 1 coordinador, 2 medidores, 1 botánico y 1 machetero.
- El machetero deberá abrir la brecha sobre el eje central en la medida que se ejecute el proceso de señalización. Se recomienda dejar la cinta métrica sobre el eje central de parcela, esto servirá para facilitar la toma de las coordenadas de referencia de los árboles de la parcela principal.
- El botánico comenzará con la identificación de especies de la primera parcela de regeneración y las herbáceas, mientras se procede con la delimitación. Continuará con la primera parcela de árboles entre 2 - 10 cm, después la segunda parcela de regeneración y la segunda parcela de árboles entre 2 - 10cm, así como la parcela de arbustos. En la secuencia, prosigue con la tercera parcela de regeneración y la tercera parcela de árboles entre 2 - 10 cm. Y finalmente procederá a la identificación de los árboles de la parcela principal en la medida que se van marcando y midiendo su DAP.

Paso 14:

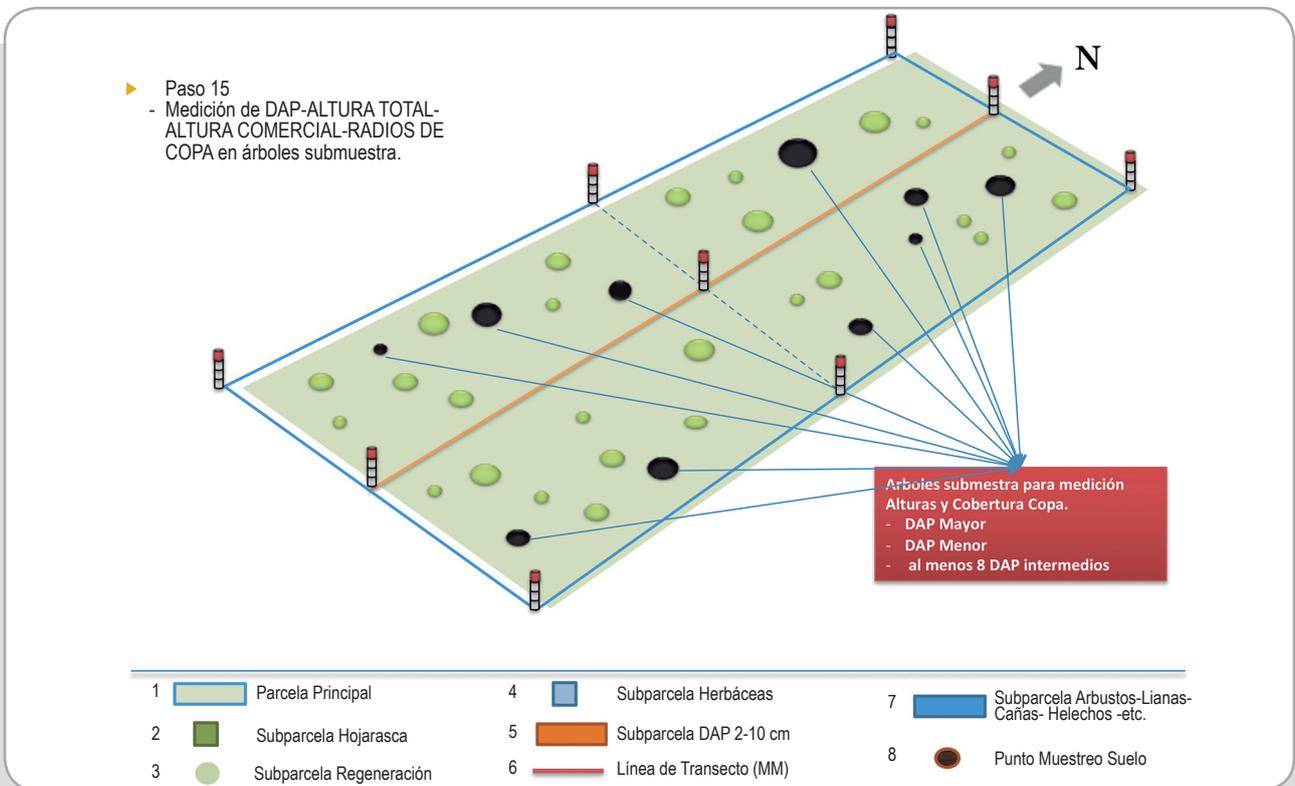
Medir el DAP y especie de todos los árboles con DAP mayor a 10 cm de la parcela principal.

Los medidores avanzan uno por cada lado midiendo el DAP y marcando los árboles con pintura permanente. Esto con el objetivo que puedan ser posteriormente localizados tanto para que el botánico pueda confirmar la determinación de las especies, como para la medición de alturas.



Paso 15:

Medir la altura de 10 árboles en cada parcela principal, tomando un árbol con el mínimo DAP (cerca de 10 cm) y un árbol con el mayor DAP. Los ocho restantes con DAP intermedio, abarcando así todo el espectro de DAP existente en la parcela y también de especies de interés. De estos árboles, medirles el radio de copa en sentido norte, sur, este y oeste (ampliar información en formulario).



Paso 16:

La unidad de muestreo se finaliza y se procede a almacenar los formularios con la información completa. Verificar número de parcela e identificación correcta en los formularios.

6.3 Formularios y codificación de variables

Para recoger la información en el campo es necesario contar con un formulario bien definido que asegure que todas las variables necesarias sean tomadas y que mantenga un orden correlativo que permita mantener los datos en orden una vez en la oficina.

Algunas consideraciones a tomar en cuenta para el manejo de formularios de campo:

- El diseño de estos debe tener un orden lógico que facilite la toma de datos de campo así como la digitalización de estos datos en una computadora. De preferencia los cuadros en los que se toma la información deben de ser iguales a los de la hoja de cálculo que se utilizará para procesarlos.
- Los formularios de campo deben de mantenerse almacenados por lo menos hasta el final del proyecto, de preferencia más tiempo. Los datos en ellos pueden servir en caso de que se encontraran errores de digitalización o que más adelante fueran necesarios para análisis posteriores.
- En el campo de preferencia utilizar lápices especiales para la toma de datos. Esto impide que los datos sean afectados si se mojan en condiciones climáticas adversas.
- Se recomienda pasar los datos de los formularios lo más pronto posible a formato digital. Esto permitirá guardarlos más apropiadamente y detectar errores que pueden ser corregidos a corto plazo. También es útil si existen dudas acerca de los datos tomados y las condiciones del campo estarán más frescos en la mente del técnico a cargo de ello y esto puede ayudar hacer correcciones.

F - IGH 0		Formulario de Información General		
Inventario Multipropósito de los Ecosistemas Forestales de la Cuenca del Canal de Panamá				
Provincia	Distrito / Corregimiento	Poblado	No. Parcela	Fecha

IDENTIFICACIÓN Responsables de Cuadrilla				
			Hora inicio	
			Hora final	
			Tiempo de traslado	

PENDIENTE Dominante			ALTITUD msnm	COORDENADAS UTM (WGS 84)		
EXPOSICIÓN	POSICIÓN	%		Longitud (x)	Latitud (y)	Error
				SUR		
				Medio		
				NORTE		

Unidad manejo PIEA	Estrato bosque natural
Agroforestal	B. maduro
Silvopastoril	B. secundario avanzado
Comercial	B. secundario temprano
Conservación	B. secundario intermedio
	B. caducifolio

Nombre propietario	
Año de establecimiento	

	Formulario de Biomasa no leñosa
--	--

Instrucción: En las cuatro subparcelas (1x1m) pesar con balanza **toda** la biomasa no leñosa (hojarasca y hierbas). De la subparcela 1 llevar **500g** de muestra en una bolsa sellada (Ziploc) y rotulada al laboratorio y secar por 1 hora a 70 grados C° (peso seco).

Responsables:

Subparcela	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)
1		
2		
3		
4		

	Colecta de muestra de suelo (punto de muestreo)
--	--

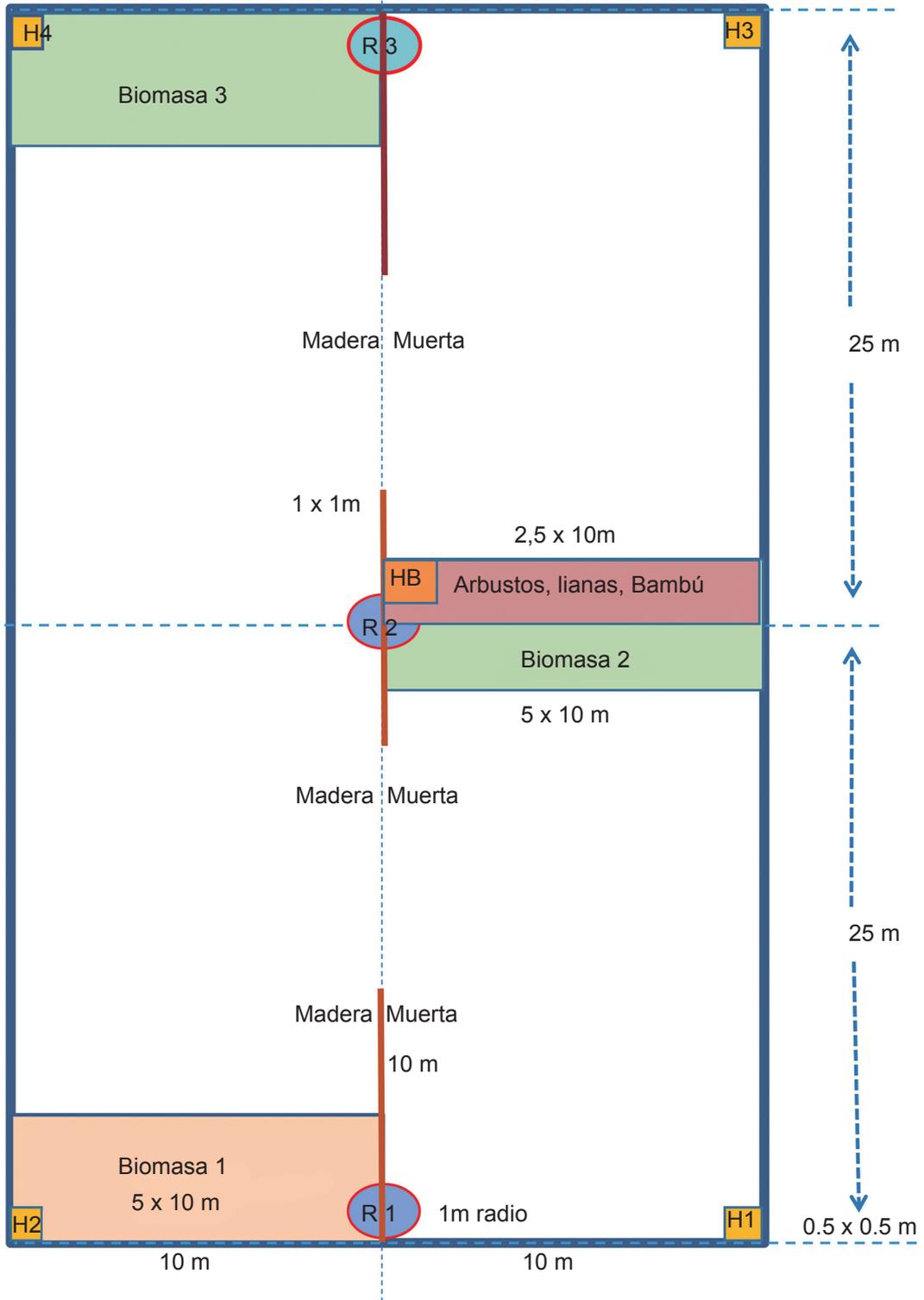
Instrucción: A 15 cm de profundidad deberán ser colectadas muestras de suelo separadas para análisis de carbono orgánico y densidad aparente. La muestra de densidad aparente se deberá llevar en un cilindro con volumen conocido y la muestra para fracción de carbono deberá ser de 200 g aprox. en bolsas selladas y debidamente rotuladas.

Responsables:

F - AC7		Formulario de Altura y Copa de Árboles						
Inventario Multipropósito de los Ecosistemas Forestales de la Cuenca del Canal de Panamá								
N° Parcela: _____				Fecha: ____/____/____				
Instrucción: Medir 10 árboles de la parcela principal: 1 de diámetros menores (2- 10cm) , 1 de diámetros mayores y 8 entre ese rango, que se ubican en la parcela principal, evaluar estado de sanidad y calidad del fuste, coordenadas, alturas y radios de copa.								
Responsable (s): _____								
No.	Especies	DAP	Alturas		Radio Copa			
		DAP	AltT	AltC	N	S	E	O
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
Observaciones: _____ _____ _____								

Parcela Principal y subparcelas para el INF

H1= Hojarasca R1= Regeneración HB= Herbáceas



7. BIBLIOGRAFÍA

1. Cancino, J. 1999. Métodos de muestreo aplicados a inventarios forestales. Proyecto de Desarrollo de la Docencia 97-116. Dirección de Docencia, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 203 p.
2. DIARENA. 2011. Uso y Cobertura de la Tierra 2010 Cuenca de los Ríos Yaque del Norte y Artibonito. Dirección de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 33 p.
3. González, G.; Gallegos, A.; Hernández, E. y M. Morales. 2002. Evaluación del tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales. Publicación Proyecto CONACYT 31808-B. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. 5 p.
4. Grupo CABAL. 2010. Bosques, deforestación y monitoreo de carbono: Una valoración del Potencial de REDD+ en Mesoamérica. PRISMA – Grupo CABAL, Diseñando un Programa REDD que beneficie a las comunidades forestales en Mesoamérica. 89 p.
5. Husch, B.; Beers, T. W. y J.A. Kershaw. 2002. Forest Mensuration. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 456 p.
6. Kleinn, C. 2002. Nuevas tecnologías y metodologías para los inventarios forestales nacionales. Unasylva 210 (53): 10-18.
7. Landell-Mills, N. y I. T. Porras. 2002. ¿Bala de plata u oro de tontos? Revisión global de servicios ambientales del bosque y su impacto sobre los pobres. Londres, IIED.
8. Lund, H.G. 1986. A primer on integrating resource inventories. Gen. Tech. Rep. WO-49. United States Department of Agriculture, Forest Service. 64 p.
9. Lund, H.G., ed. 1993. Integrated ecological and resource inventories. Proceedings of a National Workshop, 12-16 de abril de 1993. USDA Forest Service, Watershed and Air Management Staff. Phoenix, Arizona. 177 p.
10. Morales, E. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Primera edición. Consultora Carolina. Valdivia, Chile. 248 p.
11. Murillo, O. y P. Camacho. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Agronomía Costarricense 21(2): 189-206.
12. Pelz, D.R. 1995. Non-timber variables in forest inventories. The Monte Verità Conference on Forest Survey designs. "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources, Birmensdorf, Suiza, Instituto Federal Suizo de Bosques, Nieve e Investigación Paisajística p. 103-109.

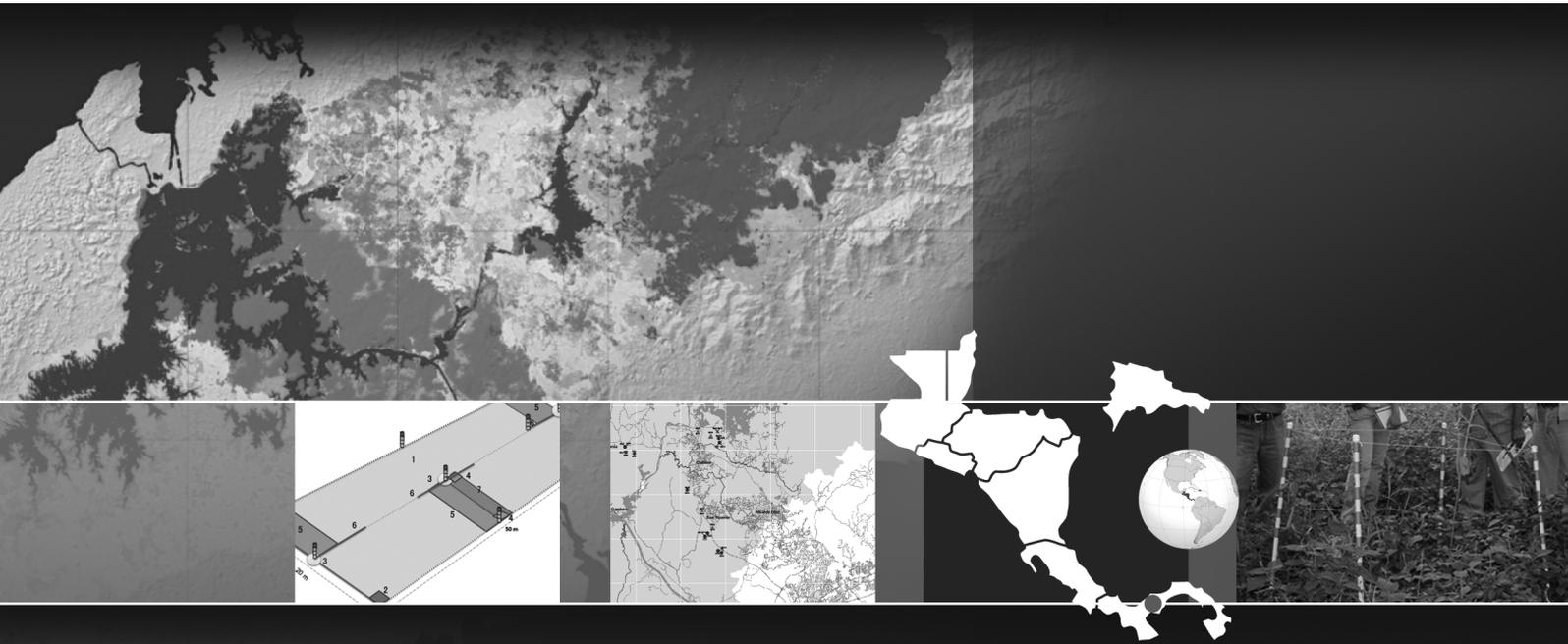
13. Prodan, M.; Peters, R. ; Cox F. y P. Real. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 561 p.
14. Ríoz, N.; Acosta, V.; De Benítez, C. y M. Pece. 2000. Comparación entre métodos de muestreo. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 9 (1). 45-57.
15. Rodas, C. 2005. Inventario Forestal del Bosque Natural de la Comunidad Popular en Resistencia de Petén, “Comunidad Salvador Fajardo”, La Libertad, Petén. Trabajo de Graduación para optar al grado académico de Licenciado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén. Santa Elena, Petén. Guatemala. 75 p.
16. Rondeux, J. 1999. Inventarios forestales y biodiversidad. Unasyuva 196 (50): 35-41.
17. Samalca, I. 2007. Estimation of Forest Biomass and its Error. A case in Kalimantan, Indonesia. Tesis para optar al grado de Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation. International Institute for Geo-information Science and earth Observation. Enschede, Netherlands. 84 p.
18. Sorrentino, A. 1997. Manual para el diseño y ejecución de inventarios forestales. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Montevideo, Uruguay. 350 p.
19. Velasco, F. 2012. Comparación de dos métodos de muestro para la estimación de existencias maderables d un inventario forestal en Analco, Ixtlán, Oaxaca. Tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca. 75 p.
20. Wunder, S., J. Börner, M. Rüginitz Tito y L. Pereira. 2008. Pagamentos por Serviços Ambientais Perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília, Brasil, Ministerio do Meio Ambiente: 136.

Programa Regional REDD/CCAD-GIZ

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficina Registrada Apartado Postal 755
Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana,
Urbanización Santa Elena,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad
El Salvador, C.A.

T +503 2121-5100
F +503 2121-5101
E info@reddccadgiz.org
I www.reddccadgiz.org



Programa Regional REDD/CCAD-GIZ

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Oficina Registrada Apartado Postal 755
Bulevar Orden de Malta, Casa de la Cooperación Alemana,
Urbanización Santa Elena,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad
El Salvador, C.A.

T +503 2121-5100
F +503 2121-5101
E info@redccadgiz.org
I www.redccadgiz.org