

Determinación del Stock de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales



World Agroforestry Centre
TRANSFORMING LIVES AND LANDSCAPES

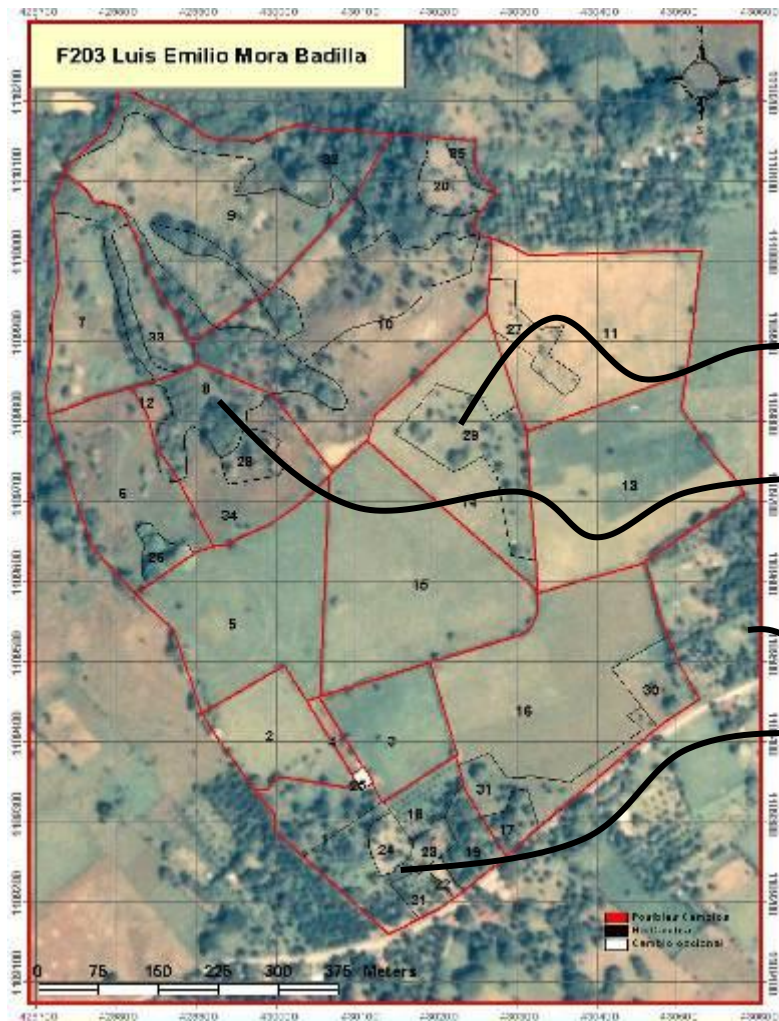
Determinación del Stock de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales

Diversidad de ecosistemas o usos de la tierra



Guía para la Determinación del Stock de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales

Carbono en el paisaje



Carbono a nivel de finca

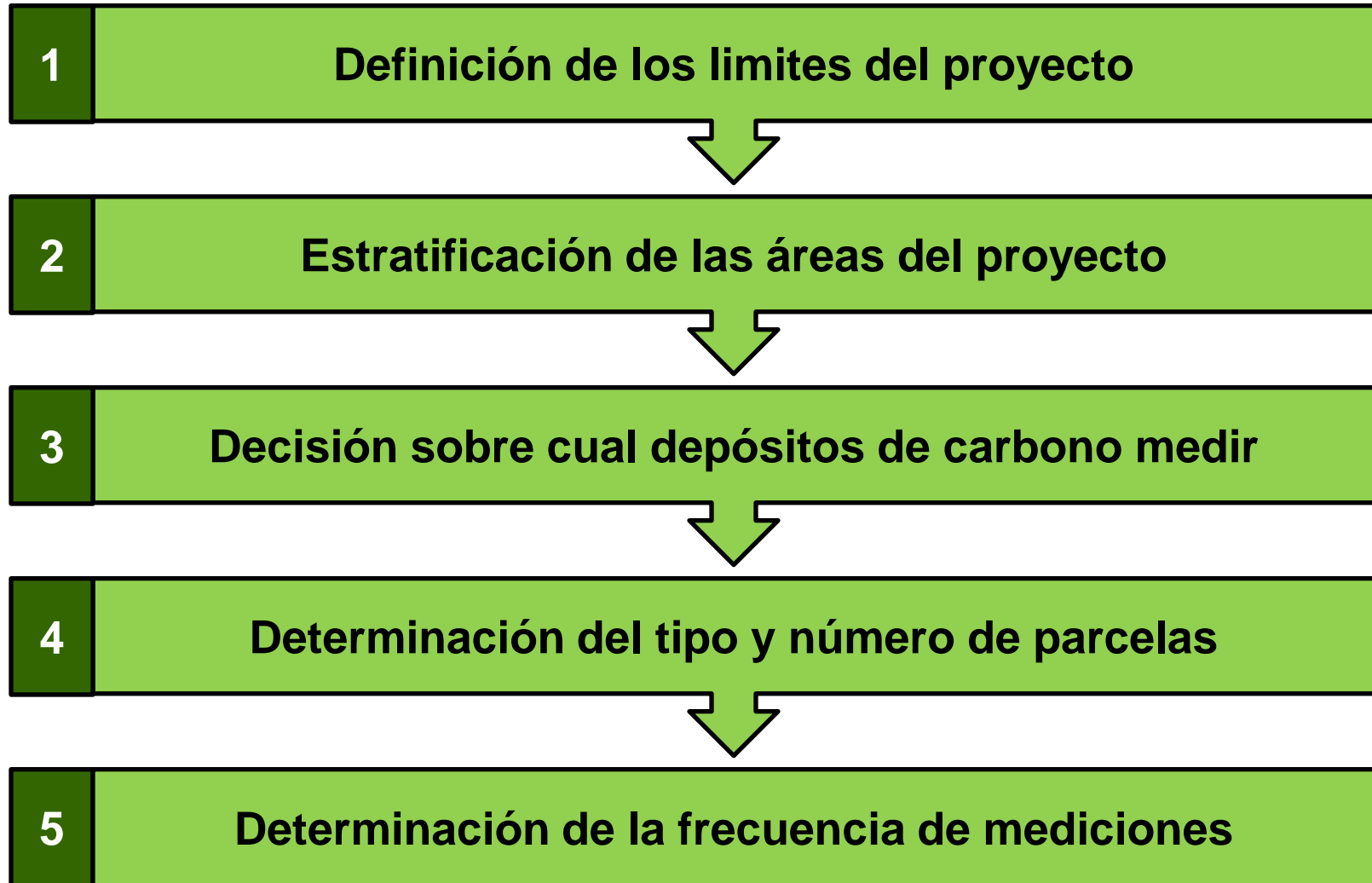
Uso de la tierra	Área	C t ha -1	Total C
Pasturas con árboles	15	128	1920
Bosques riparios	3	211	633
Plantación forestales	5	187	935
Bosque secundario	2	206	412

PROCEDIMIENTOS PARA LA MEDICIÓN DE DEPÓSITOS DE CARBONO



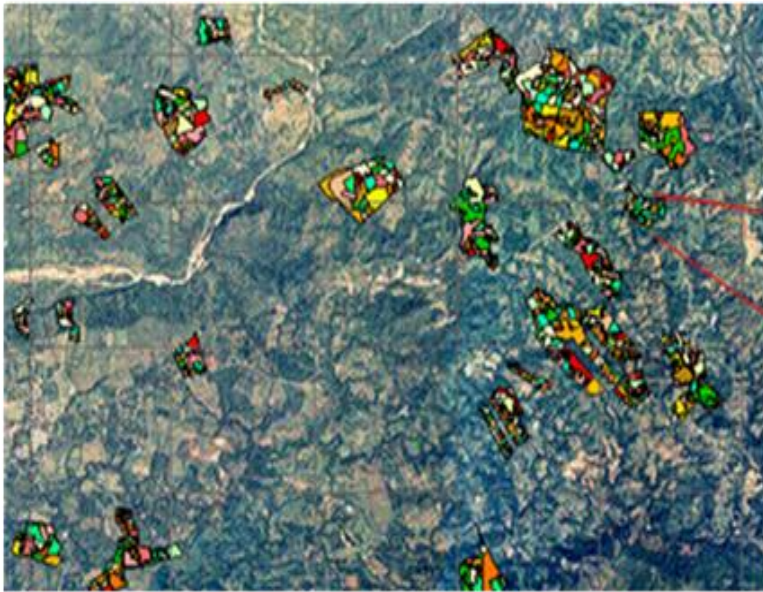
Procedimientos para la medición de depósitos de carbono

Desarrollo del plan de medición



Definición de los límites del proyecto

Un proyecto puede ser:



(c) parte ou área total de um conjunto de propriedades



(b) área total de uma propriedade

Desarrollo del plan de medición

Definición de los límites del proyecto

Procedimientos para el mapeo:

1 – Realizado manualmente de forma conjunta o individual



Definición de los límites del proyecto

2 - Georeferenciamento

Es necesario poseer un mapa del área o región donde se llevará a cabo el proyecto.

Definir los límites utilizando herramientas en sistemas de información geográfica (GPS, imágenes, software, etc.)



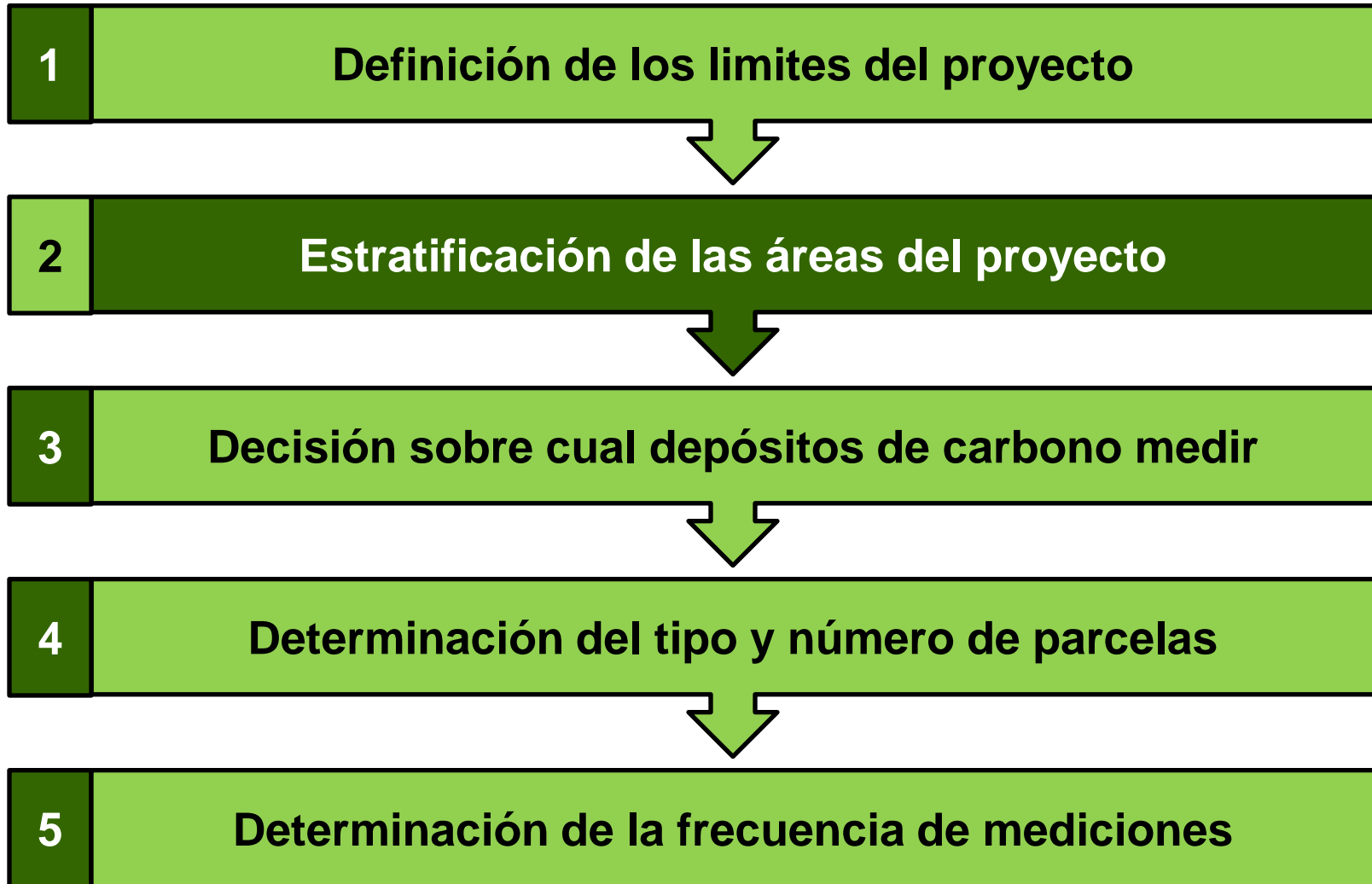
imagem de satélite



Foto aérea

Procedimientos para la medición de depósitos de carbono

Desarrollo del plan de medición



Estratificación de las áreas del proyecto

Paso 1: Evaluar los factores esenciales que influyen los estoques de carbono en los depósitos que serán medidos

Paso 2: Colectar informaciones locales sobre los factores esenciales identificados en paso anterior, considerando las siguientes variables:

- Tipo de uso do suelo
- Tipo de vegetación
- Tipo de suelo e topografía
- Tipo de manejo agronómico del sistema
- Histórico del área
- Ocurrencia de áreas protegidas por lei



Estratificación de las áreas del proyecto

Paso 3: Estratificación preliminar:

Conducida de forma jerárquica,
Depende de la importancia dos factores esenciales

Paso 4: Realizar muestreo en cada estrato.

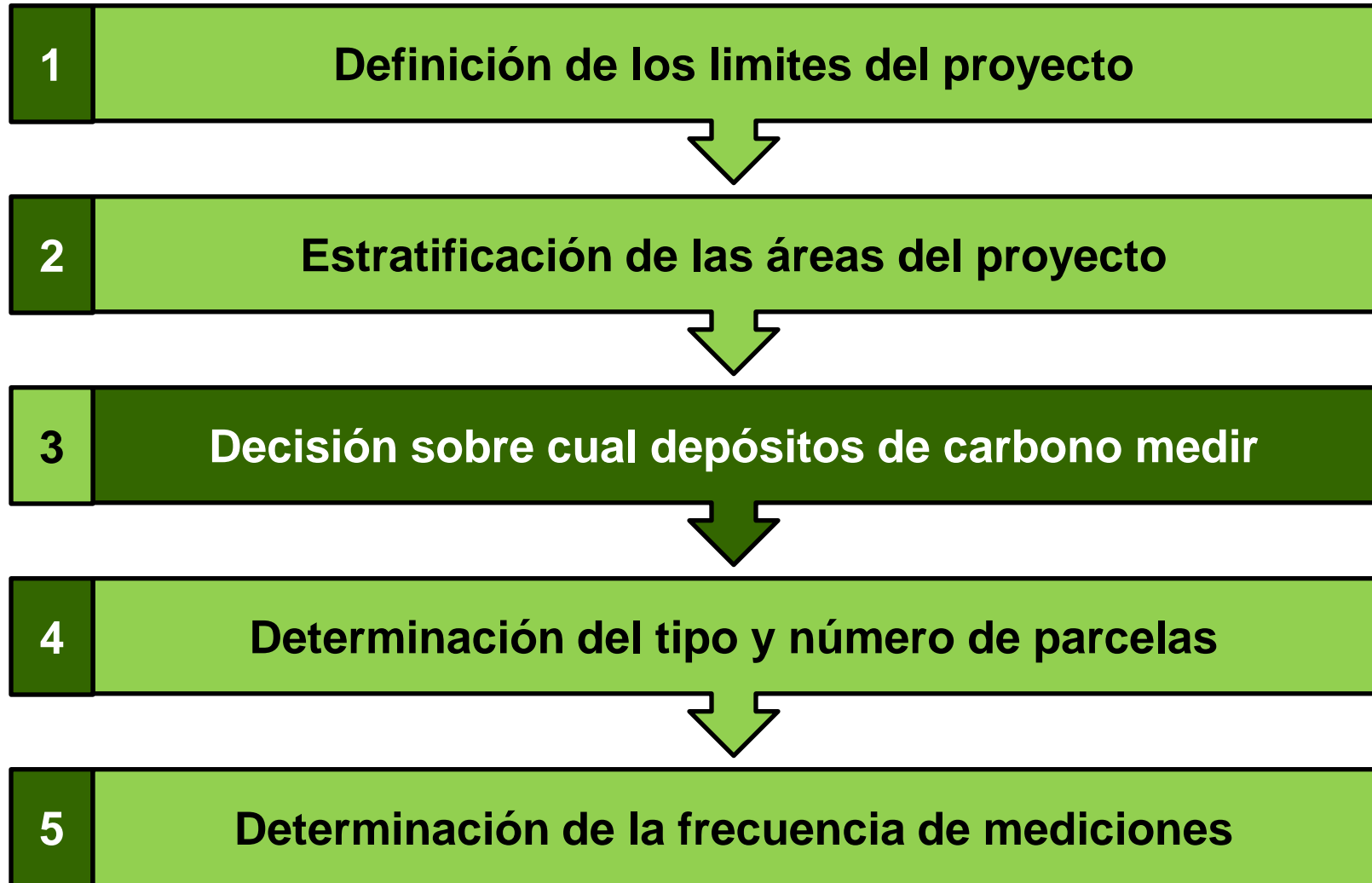
Paso 5: Conducir estratificación adicional con base en las informaciones suplementares

Paso 6: Generar mapa de estratificación del área



Procedimientos para la medición de depósitos de carbono

Desarrollo del plan de medición



Desarrollo del plan de medición

Decisión sobre cual depósitos de carbono medir

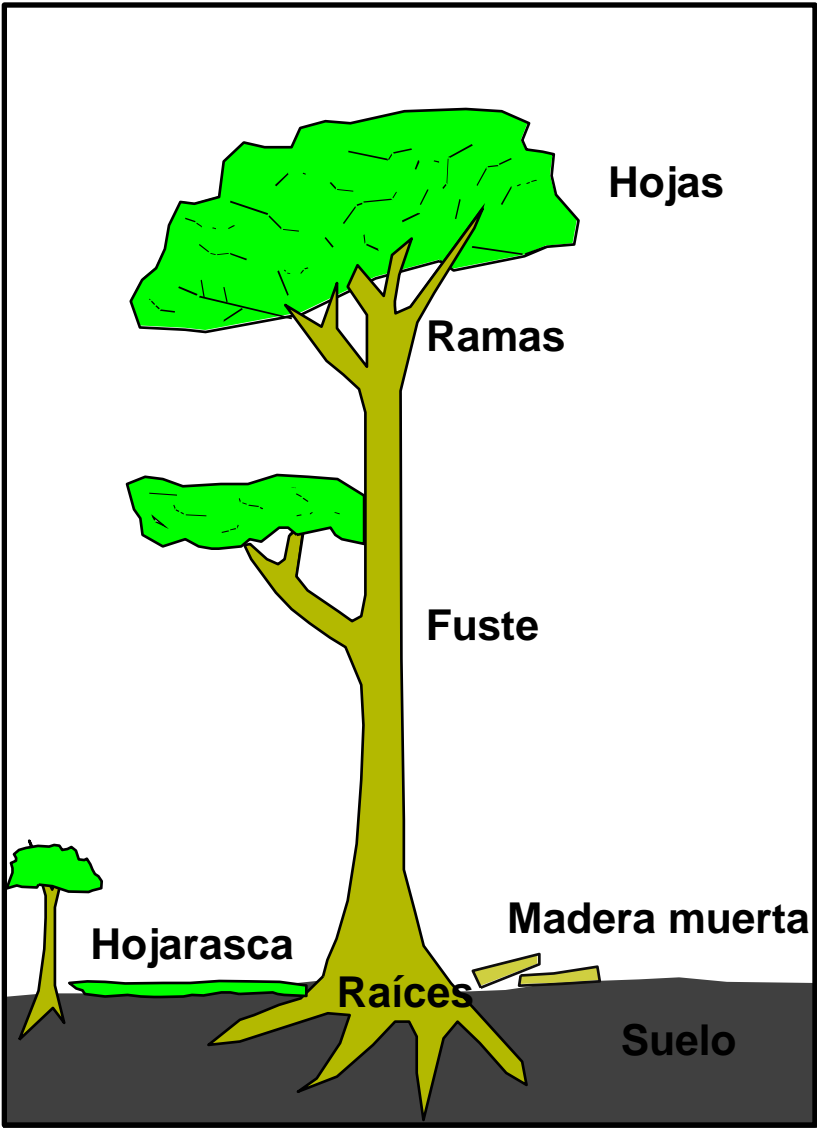
Tipo de Depósito	
Biomasa viva	Biomassa sobre el suelo
	Biomasa Bajo el suelo
Materia orgánica muerta	Madera muerta
	Hojarasca
Suelos	Materia orgánica del solo

No es necesario medir todas las fuentes de carbono, depende del tipo de proyecto.

Un proyecto puede no medir una de las fuentes de carbono, pero deberá ser claro por que no.

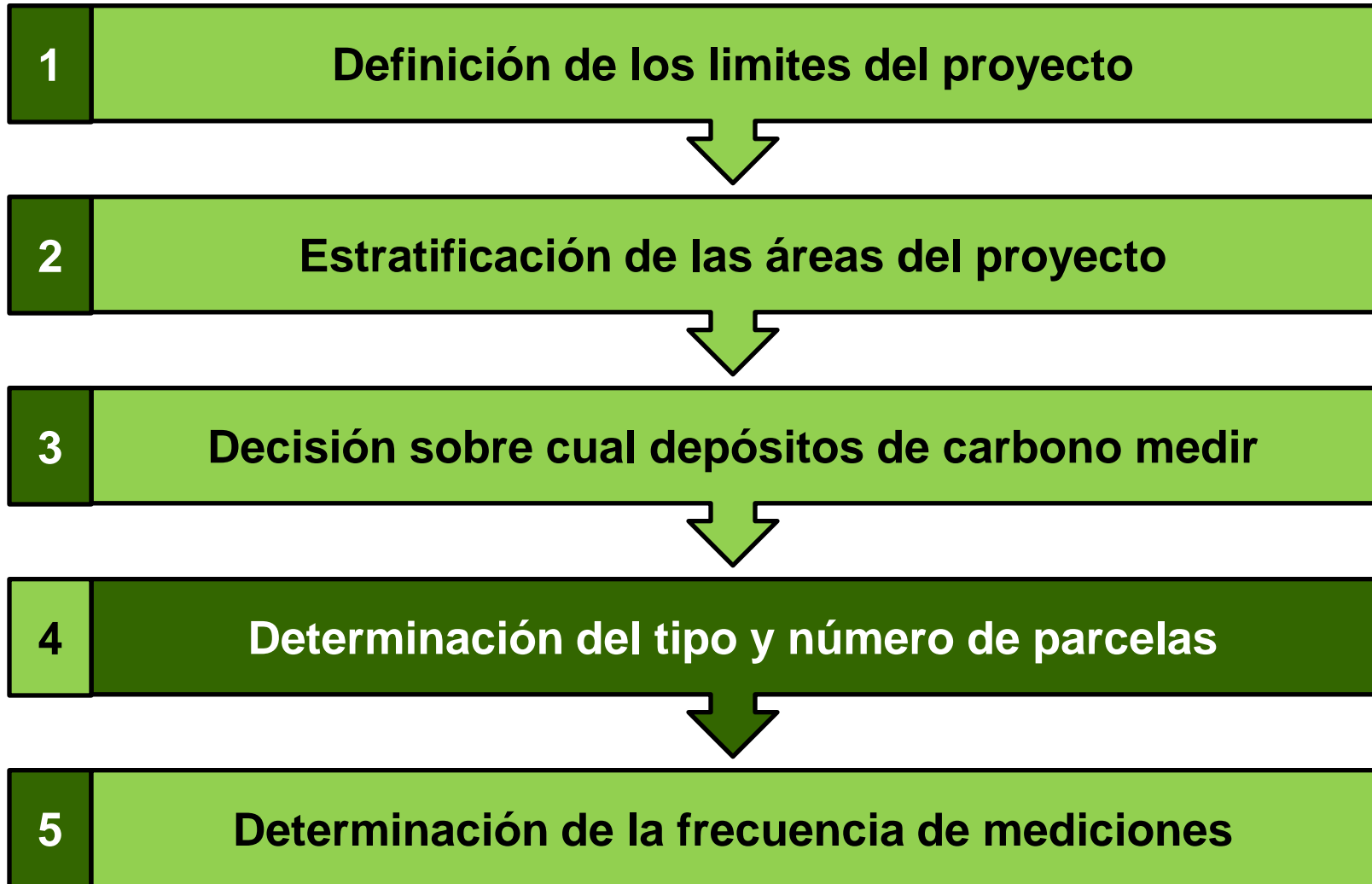
Todas las fuentes de carbono que se esperan cambie por actividades humanas, deberán ser medidas.

Si el cambio es muy poco o nulo, quizás se pueda prescindir de su monitoreo.



Procedimientos para la medición de depósitos de carbono

Desarrollo del plan de medición



Desarrollo del plan de medición

Determinación del tipo y número de parcelas de muestreo

Tipo de parcelas

Temporales o Permanentes

Permanente

Más eficientes las permanentes

Desvantagem manejo diferenciado



Marcadas de manera tal que e no pierda su ubicación en el tiempo. **El uso de GPS es importante.**

Mapear los árboles: determinar tasa de crecimiento, nuevos individuos, cosechas o mortalidad.

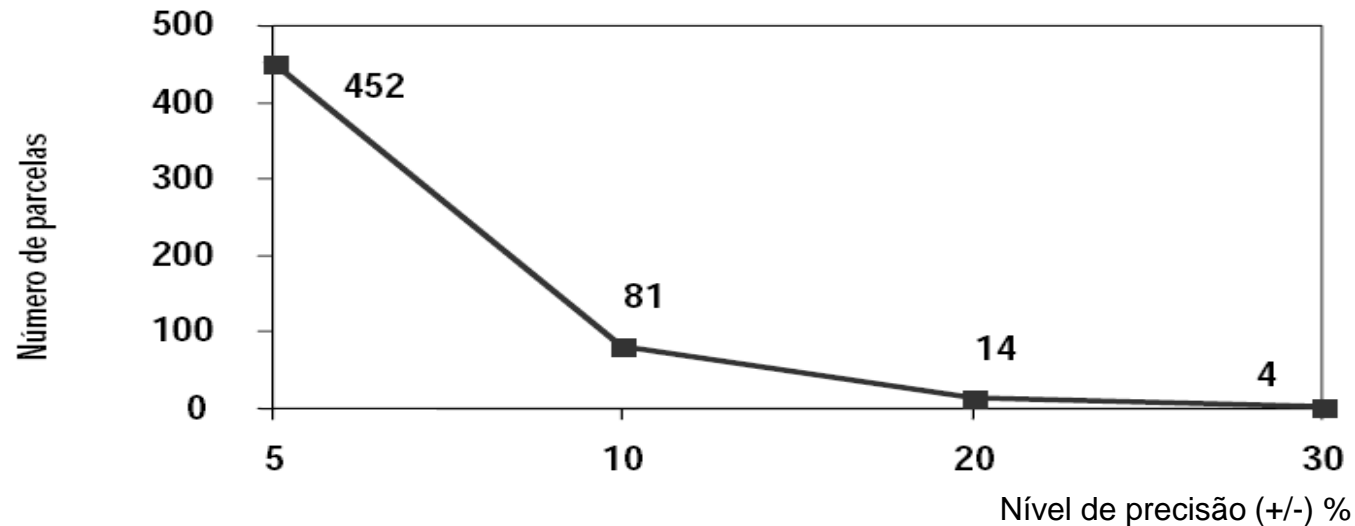
Determinación del tipo y número de parcelas de muestreo

Cálculo para el número de parcelas

Paso 1. Identificar el nivel de precisión deseado

El nivel de precisión esta relacionado con los recursos disponibles.

Un nivel de precisión de 10% del valor verdadero de la media a un nivel de confiabilidad de 95%.



Paso 2. Selección del área para tomar datos preliminares.

La idea es obtener la varianza de la media para luego según el nivel de precisión deseado, calcular el número de parcelas.

Si el proyecto posee varios estratos, habrá que realizar estos pasos para cada estrato.

Determinación del tipo y número de parcelas de muestreo

Cálculo para el número de parcelas

Paso 3. Estimar media, desviación estándar y varianza del stock de carbono de los datos preliminares.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Promedio

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}$$

Variância

$$S \equiv \sqrt{S^2}$$

Desvio Estandar

Paso 4. Calcular el número de parcelas requeridas.

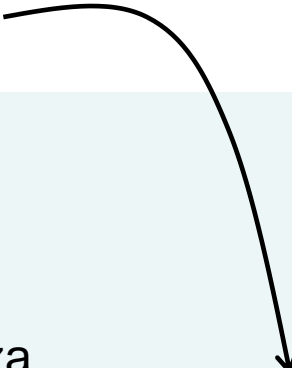
n= número de parcelas

E= error permitido (media x nivel de precisión)

t= muestra estadística de la distribución *t* para un nivel de 95% de confiabilidad (generalmente se utiliza el 2 como número de muestra)

N_h= área del estrato *h* a muestrear
(área del estrato tamaño de la parcela en ha)

s= desviación estándar del estrato *h*


$$n = \frac{\left(\sum_{h=1}^L N_h * S_h \right)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + \left(\sum_{h=1}^L N_h * s_h^2 \right)}$$

Determinación del tipo y número de parcelas de muestreo

Cálculo para el número de parcelas

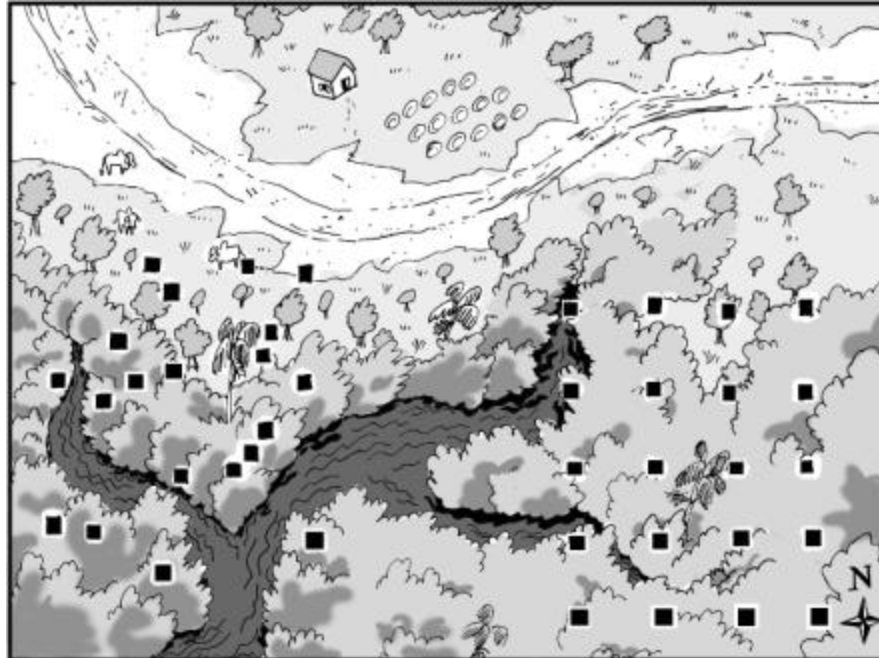
Ubicación de las parcelas

Paso 1. Preparar un mapa del proyecto con sus bordes y sus estratos bien definidos

Paso 2. Decidir si las parcelas serán distribuidas al azar o de manera sistemática

Paso 3. Selección de los sitios específicos para cada parcela

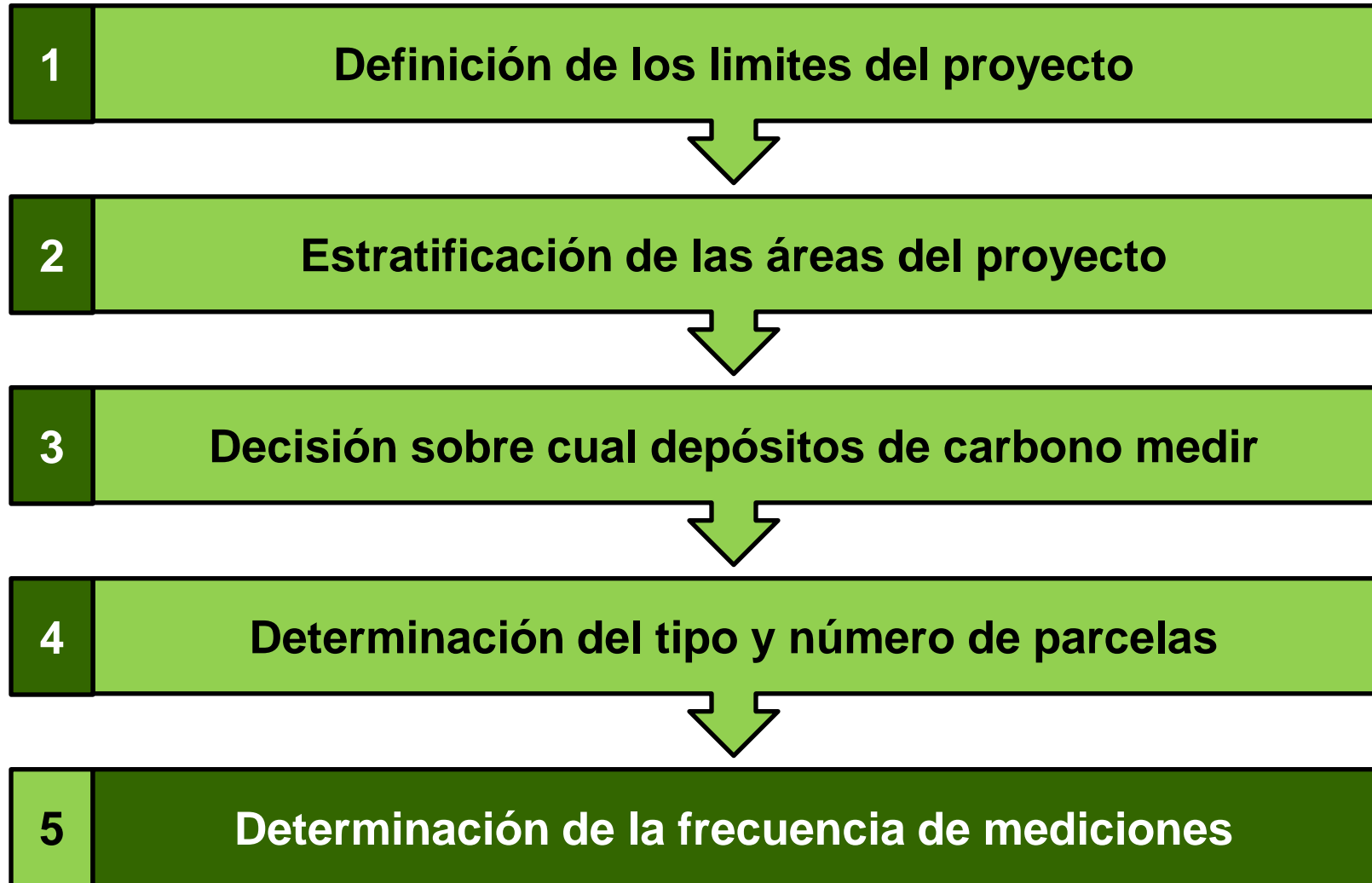
Azar: Dividiendo el mapa en mediante cuadrículas



Sistemático: patrón definido a través del área, por ejemplo según edad del uso de la tierra.

Procedimientos para la medición de depósitos de carbono

Desarrollo del plan de medición



MEDICIÓN DIAMETRO Y ALTURA



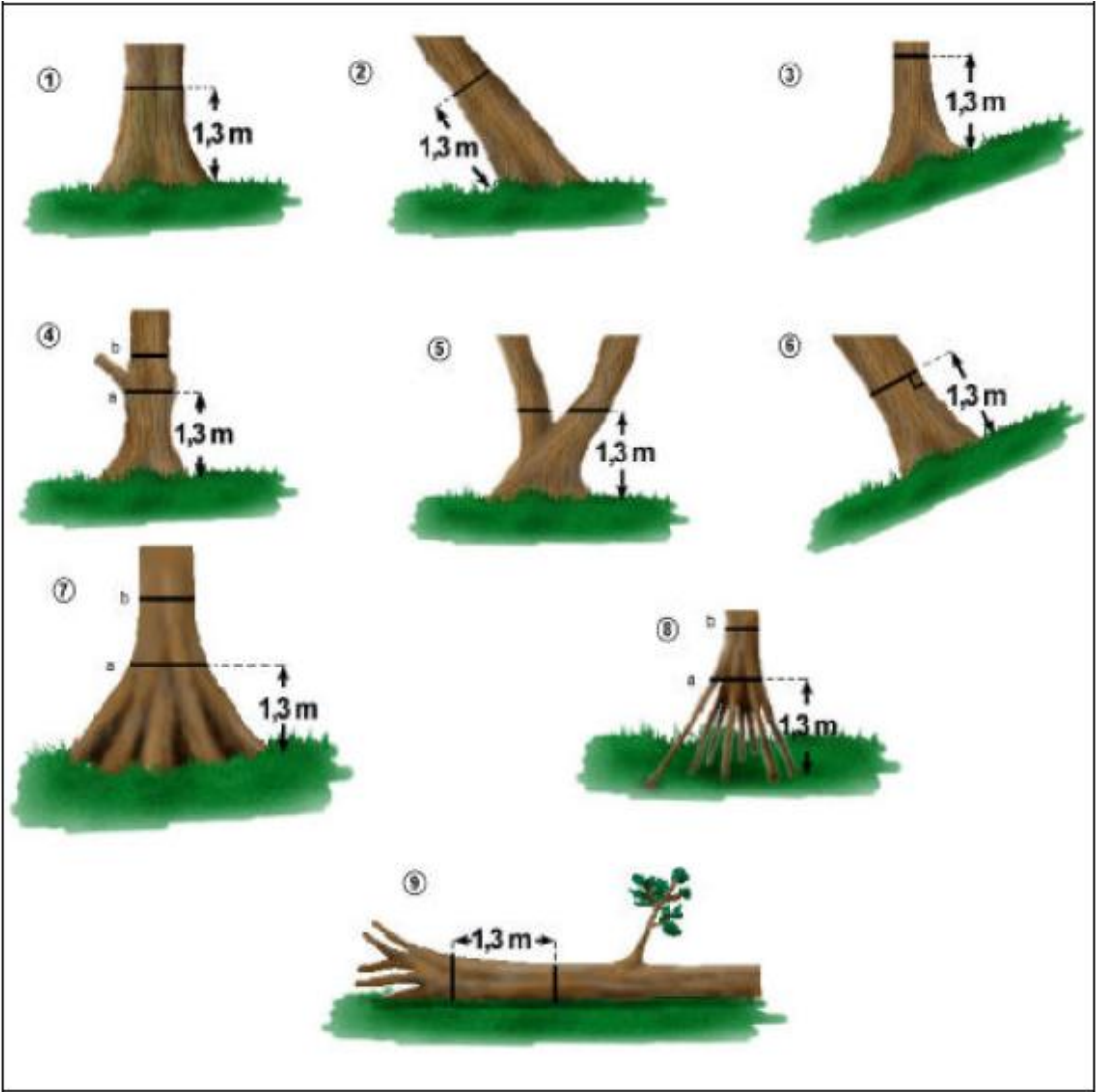
Medición de diámetro y altura de los arboles

Medición de diámetro

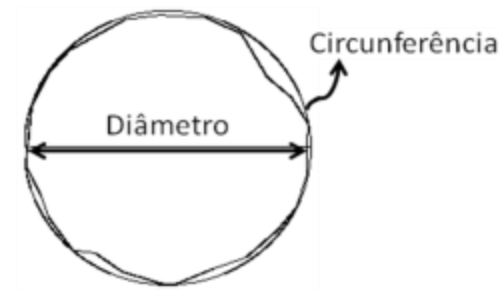


Medición de diámetro y altura de los arboles

Medición de diámetro



Medición cinta normal

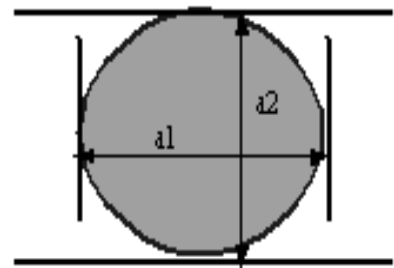


$$D = C / \pi$$

Donde:
D es el diâmetro
C es la circunferência
 π (PI) equivale a 3.1415

Medición con forcípula

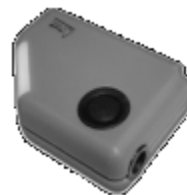
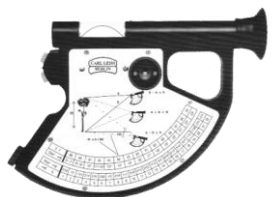
Árbol no circular



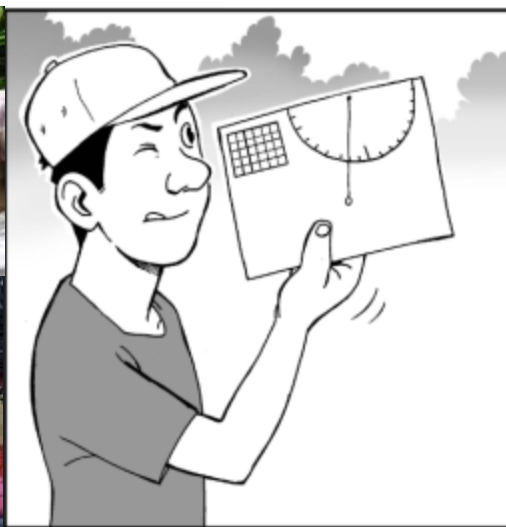
$$d = (d1 + d2) / 2$$

Medición de diámetro y altura de los arboles

Medición de altura



a. Clinômetro Sunnto	b. Hipsômetro Blume-Leiss	c. Clinômetro Eletrônico Haglöf	d. Hipsômetro Vertex.
Equipamientos Manuales		Equipamientos Digitales	

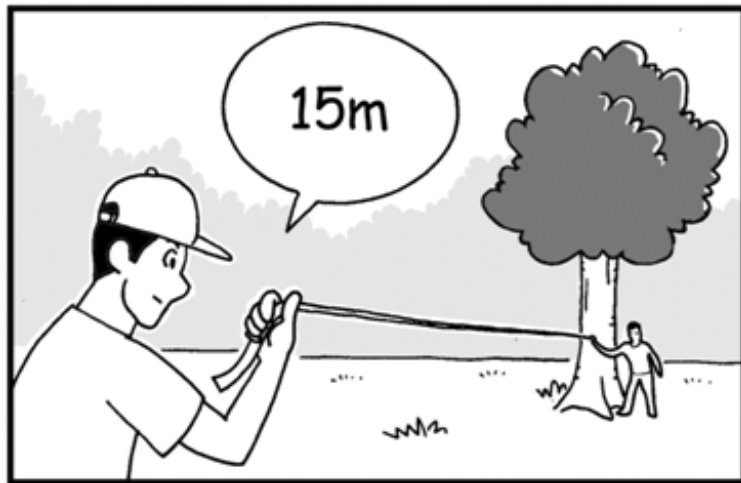


Medición de diámetro y altura de los arboles

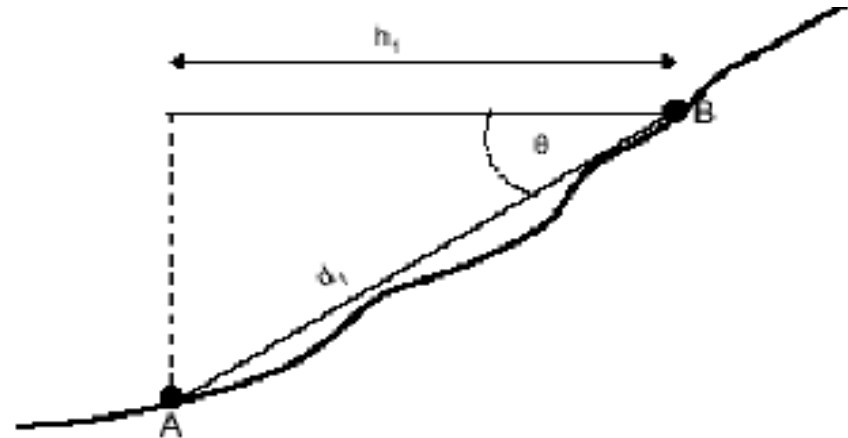
Medición de altura

Procedimientos

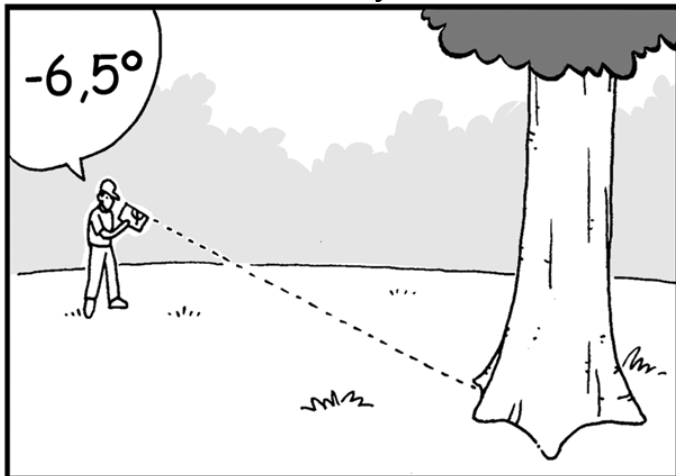
Paso 1. Medir distancia



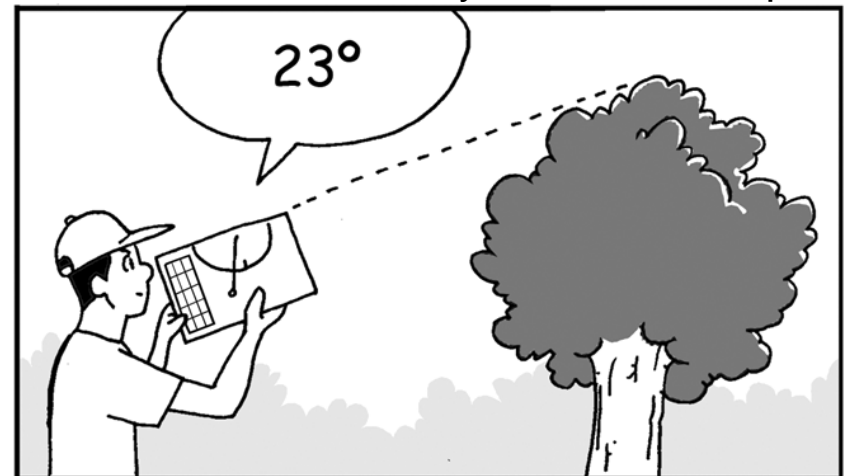
Paso 2. Corrección de la inclinación del terreno



Paso 3. Observación y medición de la base

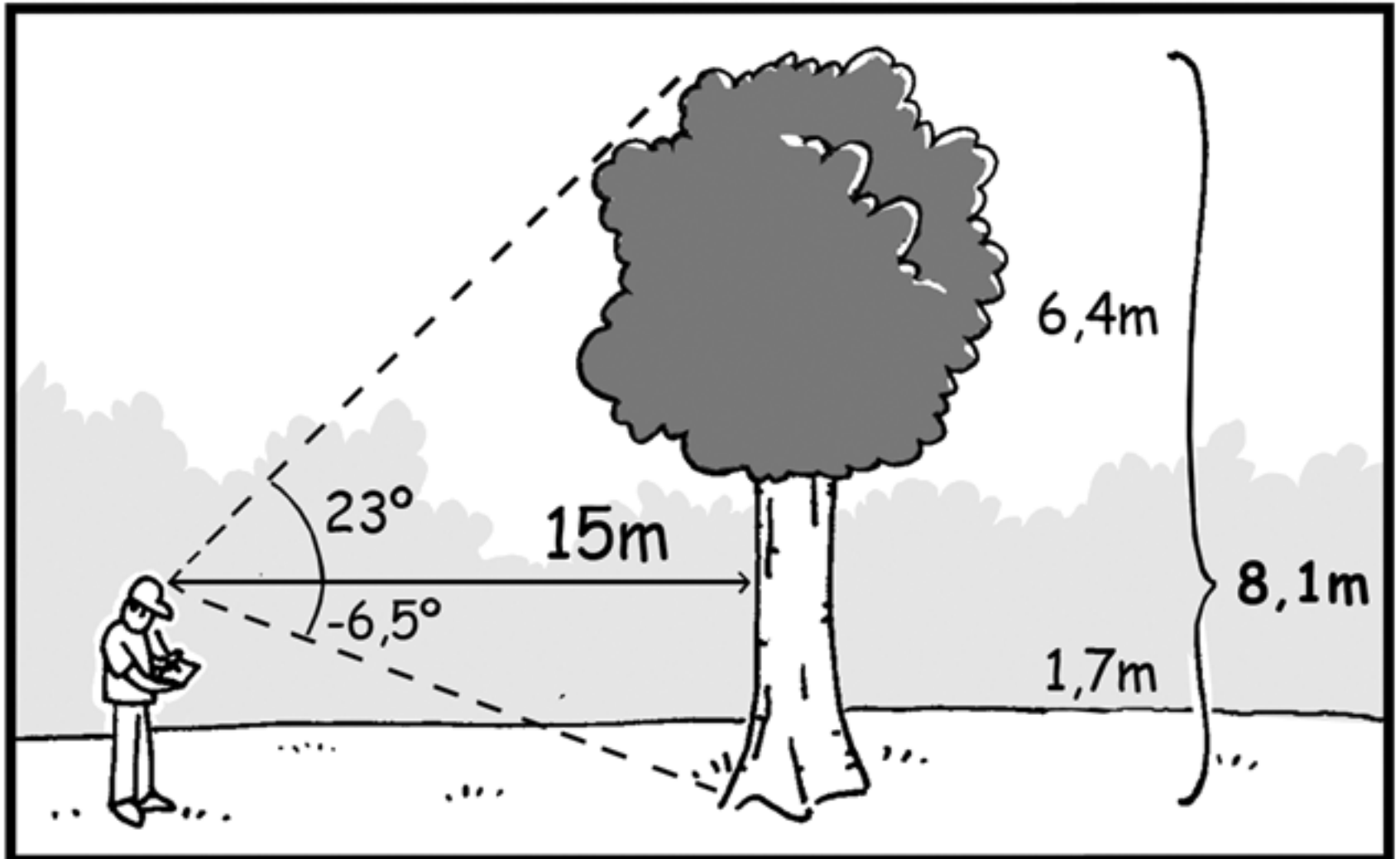


Paso 4. Observación y medición del apice

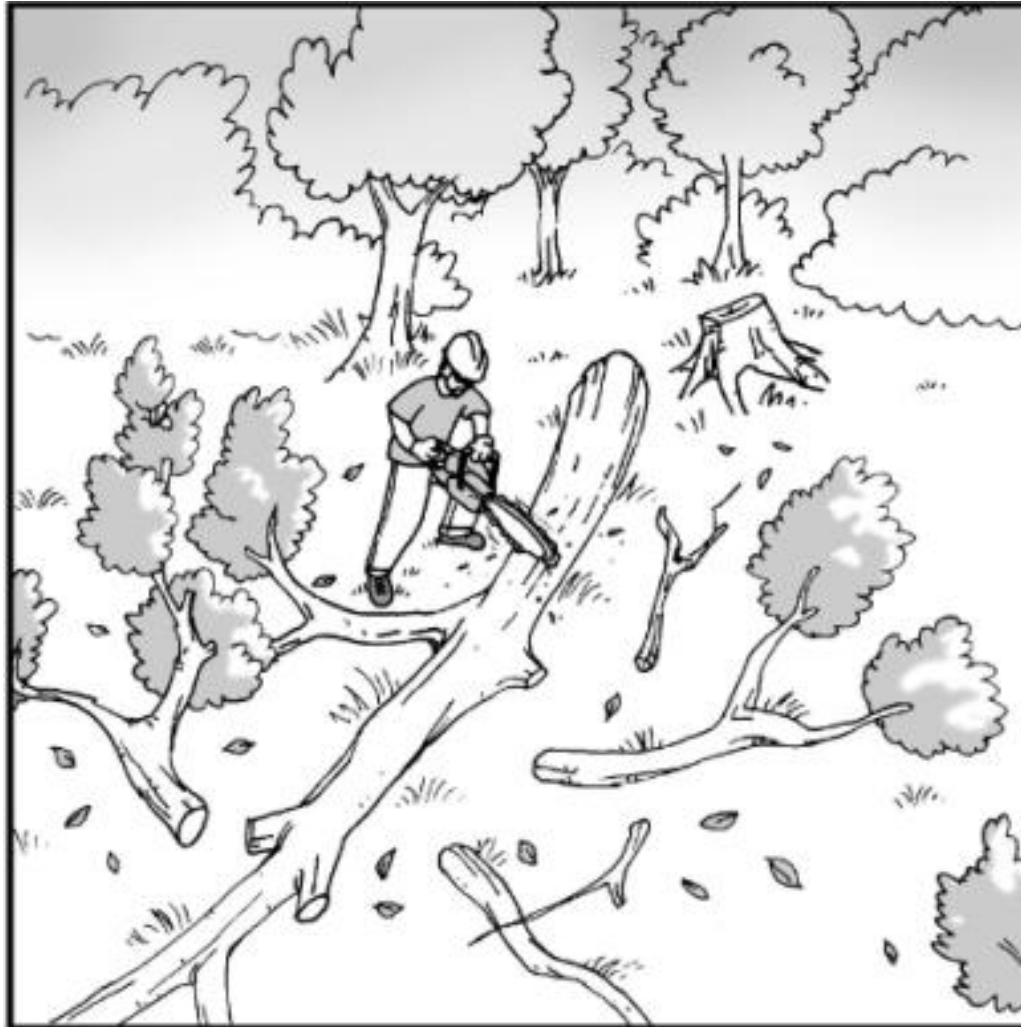


Medición de diámetro y altura de los arboles

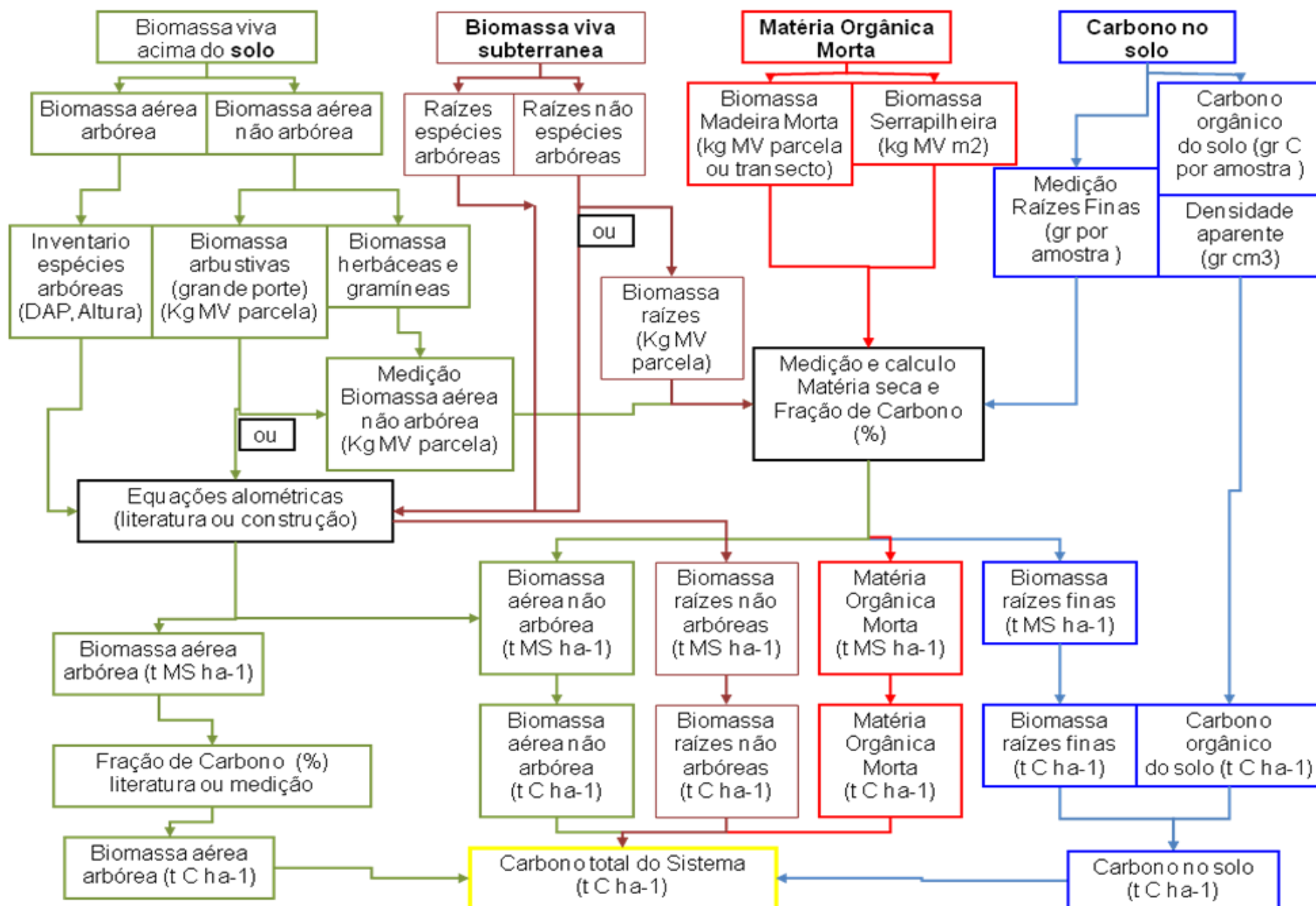
Medición de altura



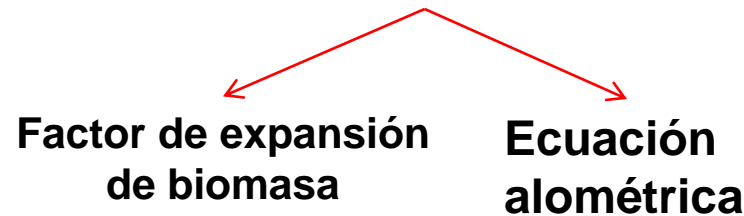
MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE BIOMASA SOBRE EL SUELO



Esquema del proceso metodológico por componentes



Método direto e Método indireto



Factor de expansão de biomasa

El factor de expansión de la biomasa es la proporción directa entre Biomasa aérea total (BT) y Biomasa de fuste (BF).

$$\text{FEB} = \text{BT} / \text{BF}$$

Ecuación alométrica genérica

$$B_{\text{ASU}} = f(\text{dados dimensionais})$$

Onde:

B_{ASU} : é a biomassa arbórea acima do solo de uma unidade, em kilogramas de matéria seca por árvore (Kg. M.S./árvore);

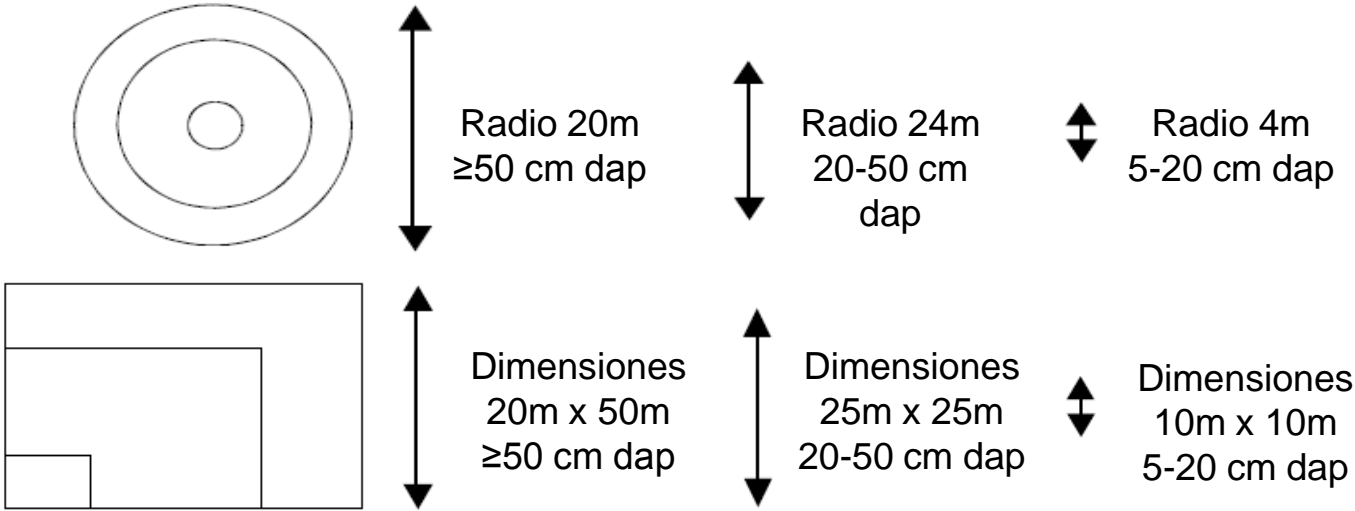
f (dados dimensionais): é uma equação alométrica relacionando a biomassa acima do solo (Kg. M.S./árvore) aos dados dimensionais medidos em campo (ex. diâmetro na altura do peito – dap, e altura total da árvore – ht, etc).

Medición y estimación de biomasa sobre el suelo

Biomasa arbórea

Reglas simples para facilitar la decisión sobre tamaño de la parcela

Diámetro Dap	Radio Parcela circular	Parcela rectángula
≤ 5 cm	1 m	2m x 2m
5-20 cm	4 m	10 m x 10m
20-50 cm	14 m	25m x 25m
≥50 cm	20 m	20m x 50m



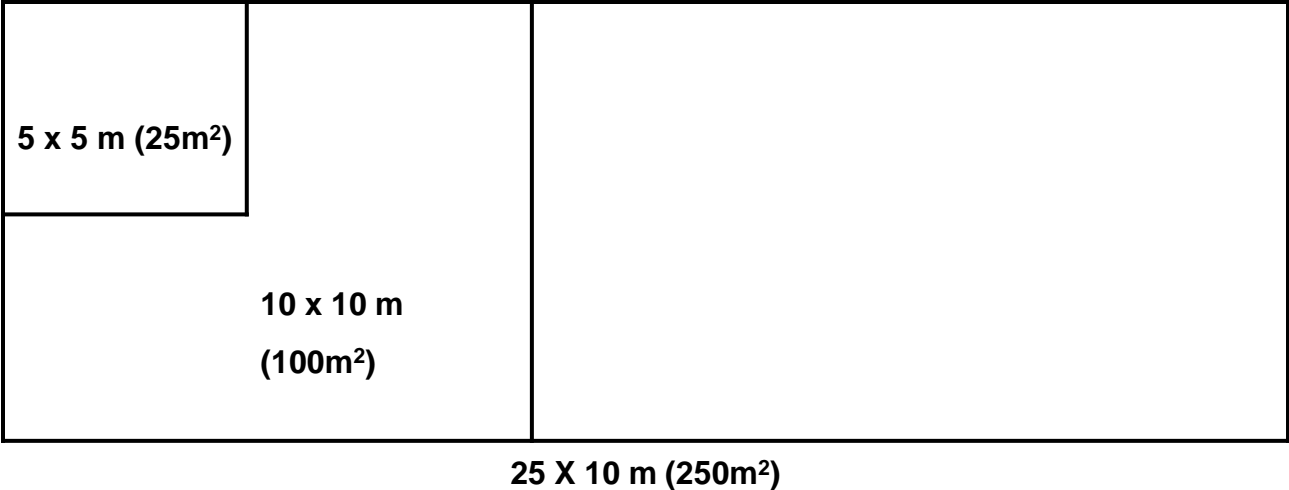
La selección de las dimensiones de las parcelas será acorde al tipo de vegetación a muestrear.

Medición y estimación de biomasa sobre el suelo

Biomasa arbórea

Inventario forestal en bosques secundarios, bosques riparios y sistemas agroforestales

- Parcelas rectangulares de:
- 250 m² (25 x 10 m) para árboles y palmeras con (dap) superior a 10 cm;
 - 100 m² (10 x 10 m) para árboles de 5 a 9.9 cm de dap.
 - 25 m² (5 x 5 m) para especies forestales con diámetros inferiores a 4.9 cm e ≥ a 1.5 m de altura

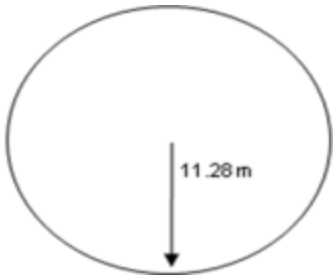


Ecuación Alométrica	Tipo de Bosque	Intervalo de dap medidos
$Y = \exp[-2,289 + 2,649 \cdot \ln(\text{dap}) - 0,021 \cdot (\ln(\text{dap}))^2]$	Maderas duras de zonas tropicales húmedas	5 - 148
Y = materia seca sobre el suelo, en kg de materia seca por árbol dap = diámetro a altura do pecho, en cm ln = logaritmo natural; exp = “elevado a potencia de”		

Medición y estimación de biomasa sobre el suelo

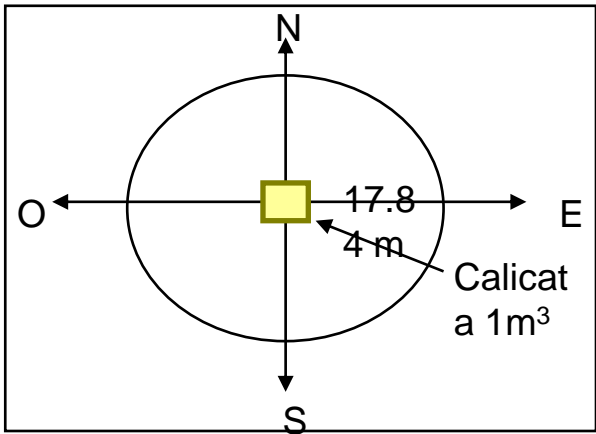
Biomasa arbórea

Inventario de árboles dispersas



400 m² (11,28 m de raio)

Parcela circular (1000 m²) de muestreo para componente arbóreo en pasturas, también se puede censar todo el potrero.



Ecuación Alométrica	Tipo de bosque	Fuente
$\text{Log}_{10} Y = -2.18062 + 0.08012(\text{DAP}) - 0.0006244(\text{DAP}^2)$	Árboles dispersas en pasturas en Centroamérica	1
$Y = 4.5 + 7.7 * H$	Palmeiras	2
<div>Log₁₀ Y = Logaritmo base 10 da materia seca sobre el suelo, en kg de materia seca por árbol</div> <div>Y = materia seca sobre el suelo, en kg de materia seca por árbol</div> <div>H: altura en metros; dap = diámetro a altura del pecho en cm</div> <div>Fuentes: 1) Ruiz 2002; 2) Frangi y Lugo 1985</div>		

Medición y estimación de biomasa sobre el suelo

Biomasa de vegetación no arbórea

Muestro de la vegetación arbustiva de pequeño porte, herbáceas y gramíneas



cuadrado de 0,25 m² (50 cm x 50 cm)

Muestro da vegetación no arbórea de grande porte

Parcela de 4 m² (2m x 2m).

MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE BIOMASA BAJO EL SUELO



Medición y estimación de biomasa bajo el suelo

Biomasa de raíces de vegetación arbórea

En bosques tropicales relación varía de 0.1 a 0.49
Valores conservadores se podría emplear un valor de 0.10 a 0.15.

El uso de ecuaciones alométricas hacen relación entre biomasa área y la cantidad de raíces de la planta en el suelo.

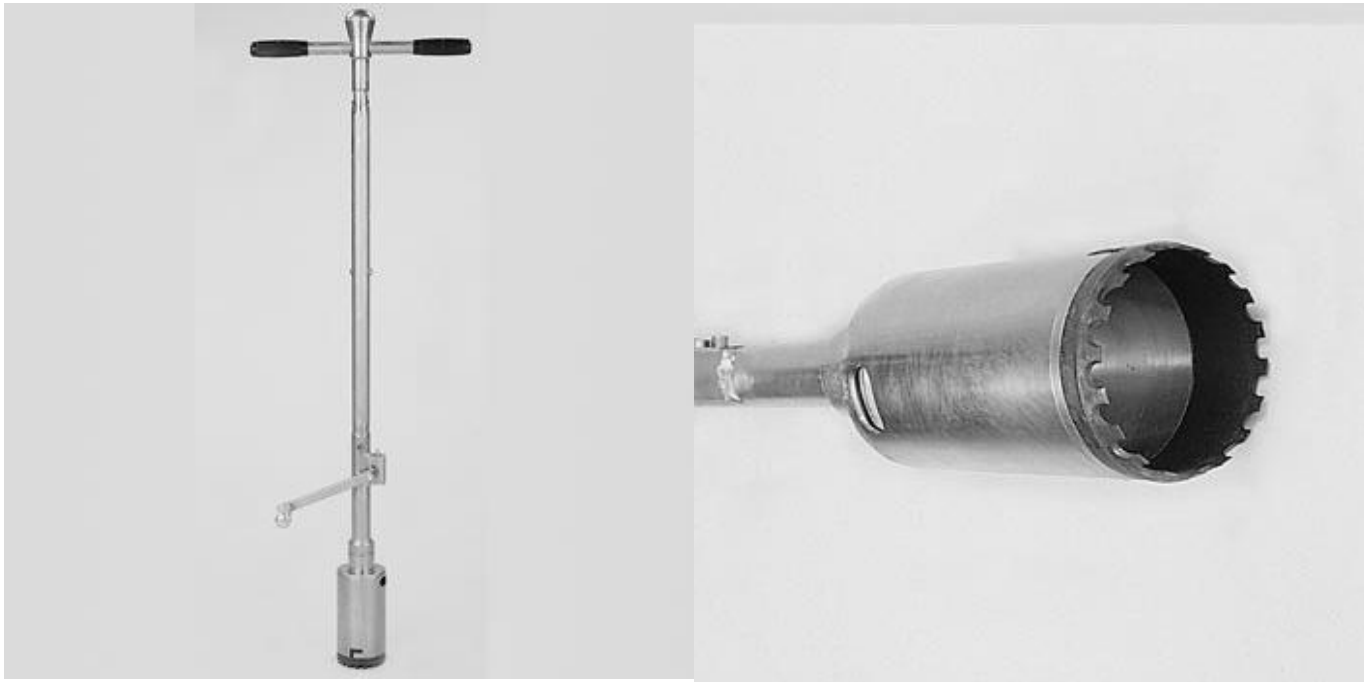
Tipo de especie	Variable a estimar	Modelo
De madera suave	Biomasa de raíces	$BR = 0.231 (BA)$
De madera dura	Biomasa de raíces	$BR = e^{0.359} BA^{0.639}$
Todas	Proporción de raíces finas	$Pf = e^{1.007} BR^{-0.841}$

BR: Biomasa de raíces (Mg ha⁻¹); BA: Biomasa sobre el suelo (Mg ha⁻¹); Pf: Proporción de raíces finas (máximo 0.9); y FRB es la biomasa de raíces finas (Mg ha⁻¹). Fuente: Kurz *et al.* 1996.

Biomassa de raízes de vegetação não arbórea

Método directo

Como a concentração de raízes de vegetação não arbórea é maior na camada superior do solo



Amostragens até 40 cm, estratificadas a quatro profundidades do solo: 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm.

MEDICIÓN Y ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN MATERIA ORGÂNICA MORTA



Hojarasca y detritos

Muestreo de Hojarasca

Al azar, cuando las parcelas son homogéneas.



Estratificado, cuando hay heterogeneidad del área de estudio.

El tamaño de las parcelas dependerá del tipo de hojarasca, puede variar desde 0.5 x 0.5 m o mayores si son hojas muy grandes por ejemplo.



Medición de carbono en el suelo



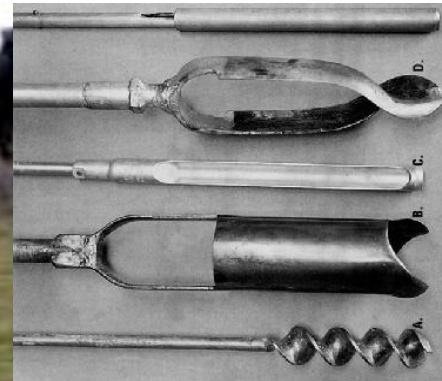
Medición de carbono en el suelo

Método para el muestreo de suelo

Calicatas: alto costos y



Barrenos



Definición de la profundidad del muestreo

Depende del tipo de proyecto, condiciones del área, especies utilizadas, y profundidad prevista en que ocurrirán los cambios en estoque de carbono del suelo.

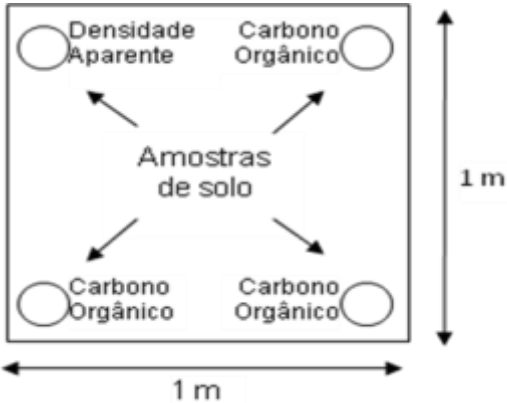
Profundidad: al menos 30 cm

División en horizontes
(ej. 0-10, 10-20, 20-30 cm).

Aspectos de paisaje y pedón	Observaciones		
	Barreno	Microcalicata	Calicata
No de perfil	Hasta 1.20 m de Profundidad	50 x 50 x 50 cm +70 cm con barreno	1 x 1.5 x 1.5 m
Localización			
Clasificación taxonómica			
Elevación m.s.n.m			
Relieve			
Fisiografía			
Actividad agronómica			
Clima			
Material parental			
Drenaje			
Erosión			
Pedregocidad			
Horizontes			
Color			
Textura			
Profundidad horizontes			
Estructura			
Poros			
Raíces			
Análisis químicos			
Análisis físicos			

Colecta de muestras para la medición de carbono orgánico

Colectar tres muestras de solo para cada profundidad de muestra, Utilizar cilindro metálico con volumen conocido (ex. barreno). Homogeneizar muestras en un mismo recipiente, Retirar-se una sub-muestra composta (200 g) - llevar al laboratorio.



Medición de carbono en el suelo

Coleta de muestras para la medición de densidad aparente (Calicatas)



Marcacion de profundidades



Penetración del cilindro



Preparação para extraiccon sin destruir el material



Forma correcta de extraer el cilindro.



Preparación del cilindro



Depositado en un saco.



Cilindro preparado para ser depositado en el saco

Selección y construcción de modelos alométricos



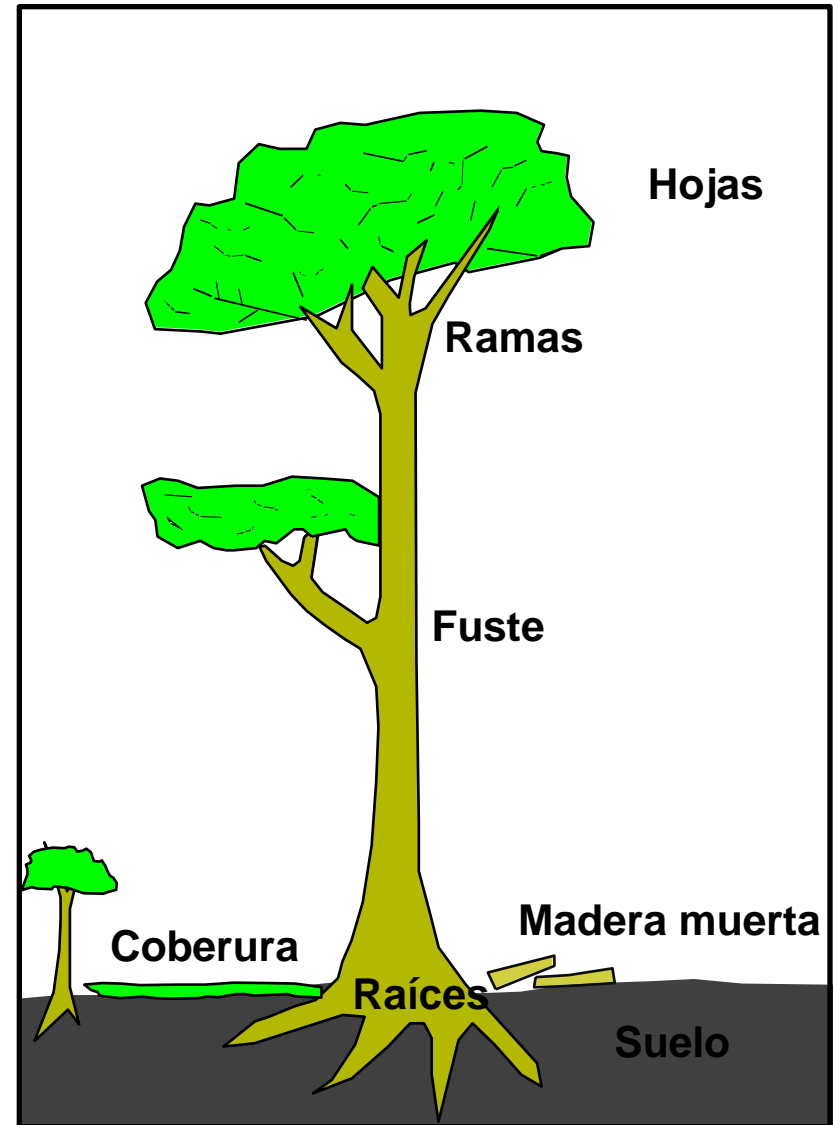
Selección y construcción de modelos alométricos

La alometría

La alometría estudia los padrones de crecimiento

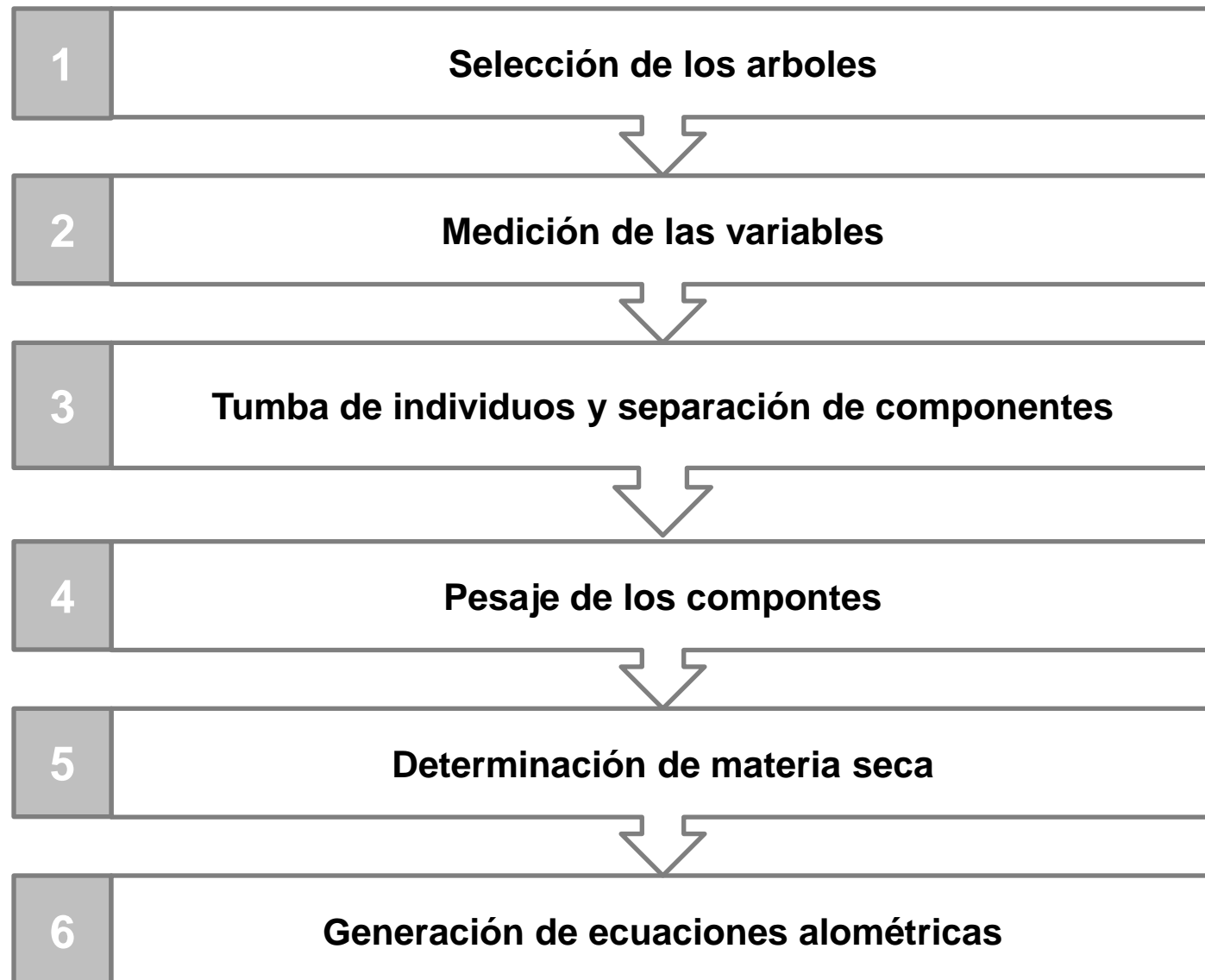
Las hipótesis de alometría sugieren que existe proporcionalidad entre las tasas de crecimiento relativas de dos variables de tamaño.

Estos cambios en tamaño satisfacen una ecuación alométrica.



Selección y construcción de modelos alométricos

Procedimientos para la construcción de modelos alométricos



Selección y construcción de modelos alométricos

Procedimientos para la construcción de modelos alométricos

1. Selección de árboles

Conocer cuales son las especies

Índice de Valor de Importancia (IVI):

Abundancia;

Frecuencia;

Dominancia:



2. Medición de variables (árbol en pie)

Dap

Altura (comercial, total)



Selección y construcción de modelos alométricos

Procedimientos para la construcción de modelos alométricos

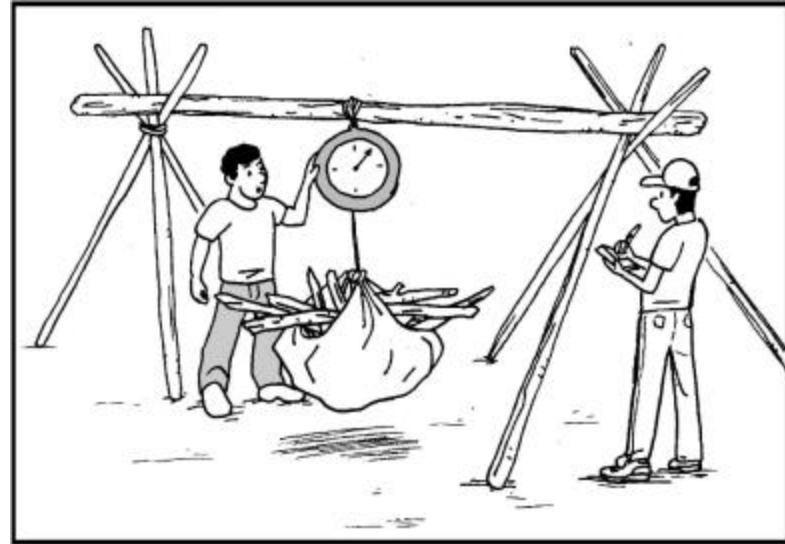
3. Tala de los árboles, separación y medición de partes



Selección y construcción de modelos alométricos

Procedimientos para la construcción de modelos alométricos

4. Pesado de las partes



5. Secado en laboratorio

Temperaturas dependiendo del tipo de componente

6. Determinación de biomasa seca

$$BS_{\text{componente}} = (PS_{\text{muestra}} / PH_{\text{muestra}}) * BH_{\text{componente}}$$

Donde:

BS = Biomasa seca del componente (Kg);

PS = Peso seco de la muestra (g);

PH = Peso húmedo la muestra (g);

BS = Biomasa húmeda del componente (Kg).

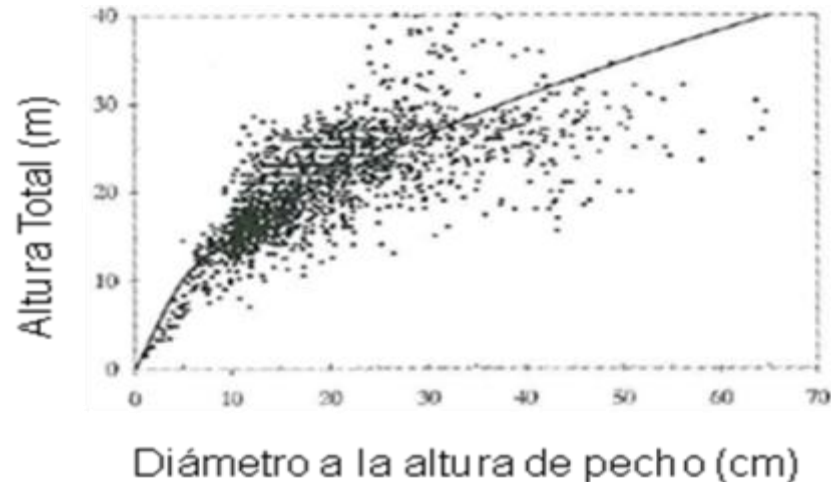


7. Generación de la ecuación de biomasa

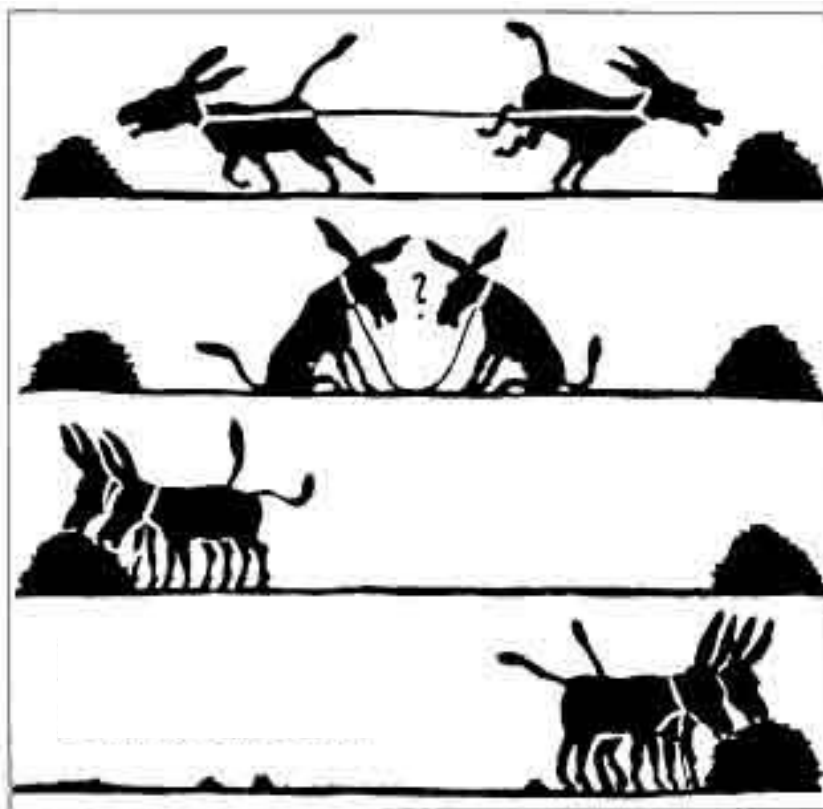
Paso 1. Selección de apoyo técnico y programa estadístico
R, SAS, Minitab, Infostat etc.

Paso 2. Definición de variables independientes

Análisis de la correlación de Pearson (r) entre las variables dimensionales



Obrigado!



Marcos Rügnitz Tito (ICRAF)

m.tito@cgiar.org