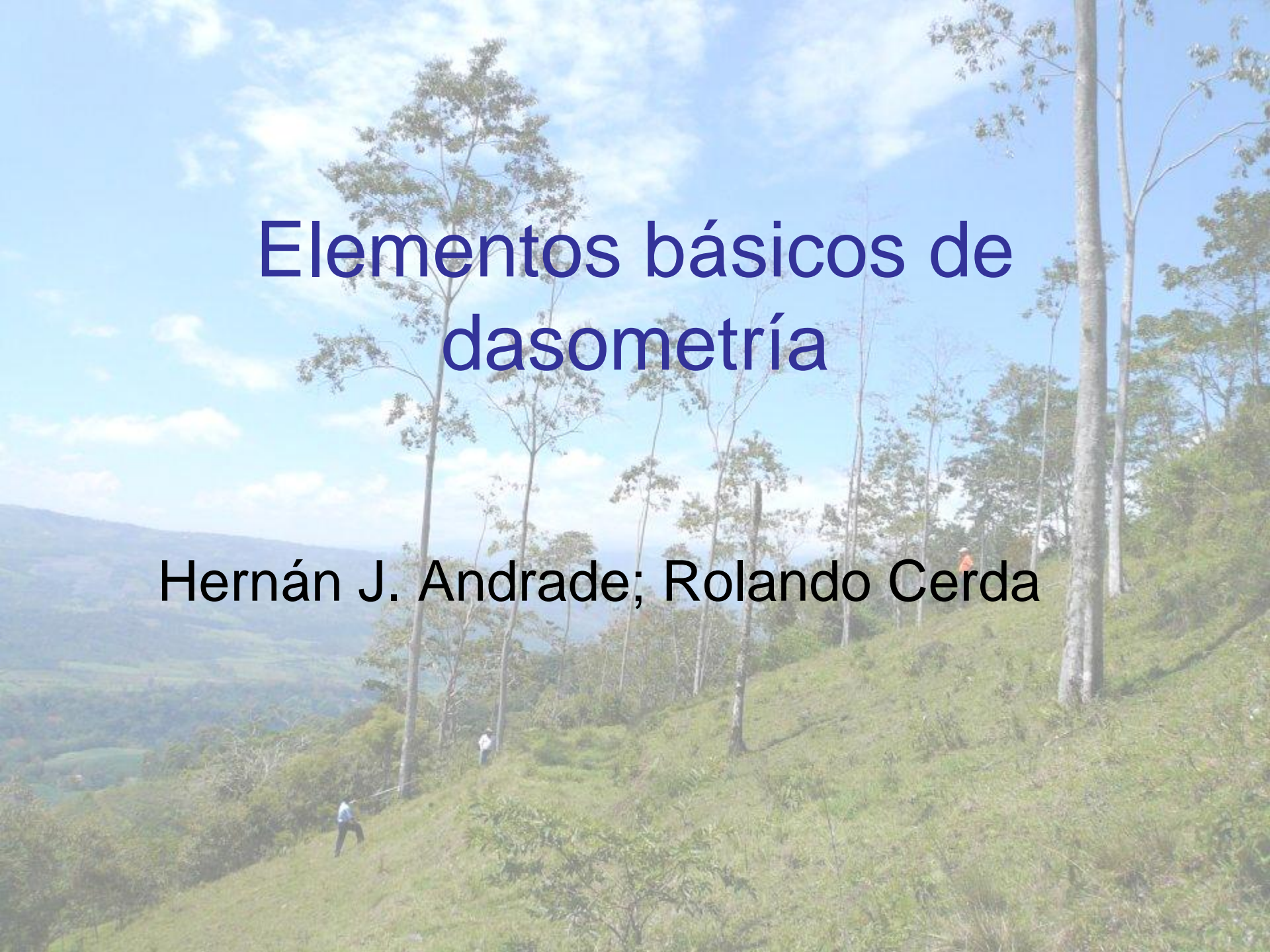


Elementos básicos de dasometría

Hernán J. Andrade; Rolando Cerda



Dasometría

Definición: ciencia que se ocupa de la medición y estimación de las dimensiones de árboles y bosques, de su crecimiento y de sus productos.

Objetivo: medir y estimar variables, además de servir de instrumento para generar la información necesaria para el manejo del recurso de interés.

Se requiere conocimientos básicos de álgebra y trigonometría para su aplicación

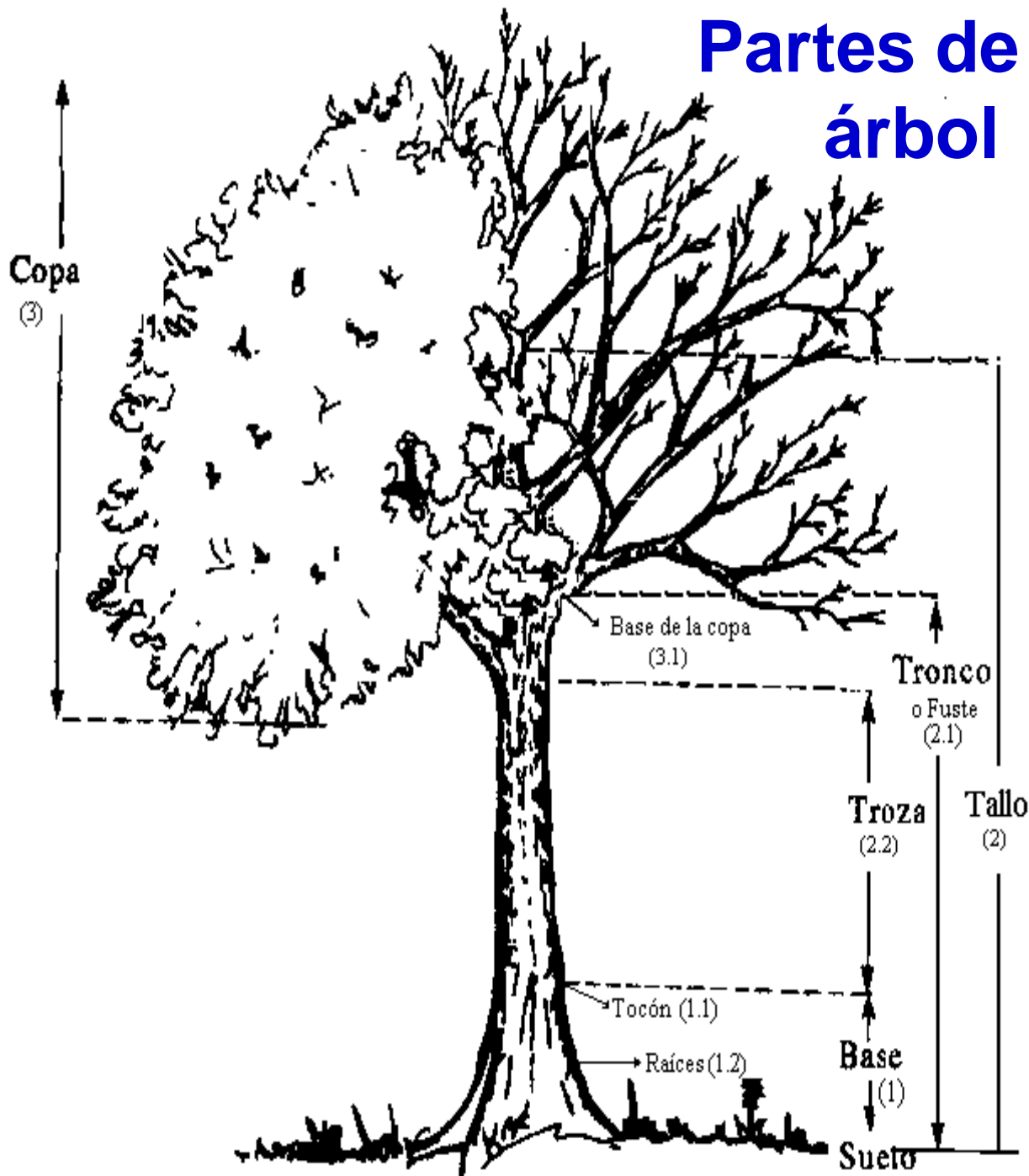
Dasometría

Objeto de estudio

En la Agroforestería: las dimensiones y productos de las especies leñosas perennes, especialmente árboles, presentes en sistemas agroforestales.

Es necesario conocer bien las partes de un árbol para la aplicación de procedimientos dasométricos.

Partes de un árbol





Copa

Fuste

¿Qué podríamos medir/estimar en árboles?

- Diámetro a la altura del pecho
- Área basal
- Altura total, comercial y de copa
- Volumen total y comercial de madera
- Biomasa arriba del suelo
- Biomasa de raíces
- Carbono en biomasa

Resumen de las principales variables dendrométricas

PARTE DEL ÁRBOL	ATRIBUTO	SIMBOLOGÍA (IUFRO ¹)	UNIDAD DE MEDIDA (sistema métrico decimal)	INSTRUMENTO / MÉTODO DE MEDICIÓN
Fuste	Diámetro	<i>d</i>	cm	Cinta diamétrica
	Circunferencia o perímetro	<i>c</i>	cm	Cinta métrica
	Altura	<i>h</i>	m	Clinómetro
	Volumen	<i>v</i>	m ³	Modelos, tablas, factor de forma
	Área transversal	<i>g</i>	m ²	$g = \pi / 4 \cdot DAP^2$
	Área Basal	<i>G</i>	m ² árbol ⁻¹ ó m ² ha ⁻¹	$G = \sum g$
Copa	Biomasa	<i>B</i>	t o Mg	Modelos, tablas, factor de forma
	Diámetro	<i>d</i>	cm	Métodos Indirectos
	Altura	<i>h</i>	m	Clinómetro
	Biomasa	<i>B</i>	t o Mg	Modelos, tablas, factor de forma

IUFRO (UNIÓN INTERNACIONAL DE ORGANIZACIONES DE INVESTIGACIÓN FORESTAL). 1969. La normalización de los símbolos en Dasonometría. Doc.

Diámetro a la altura del pecho

- Diámetro o circunferencia – es una medida básica de cualquier árbol
- En árboles en pie, la altura de medición del diámetro es 1,3 m desde el nivel del suelo, denominada “diámetro a la altura del pecho” = *DAP*, o “circunferencia a la altura del pecho” = *CAP*
- Existe una relación matemática entre estas dos variables.

Pasos para medir el dap

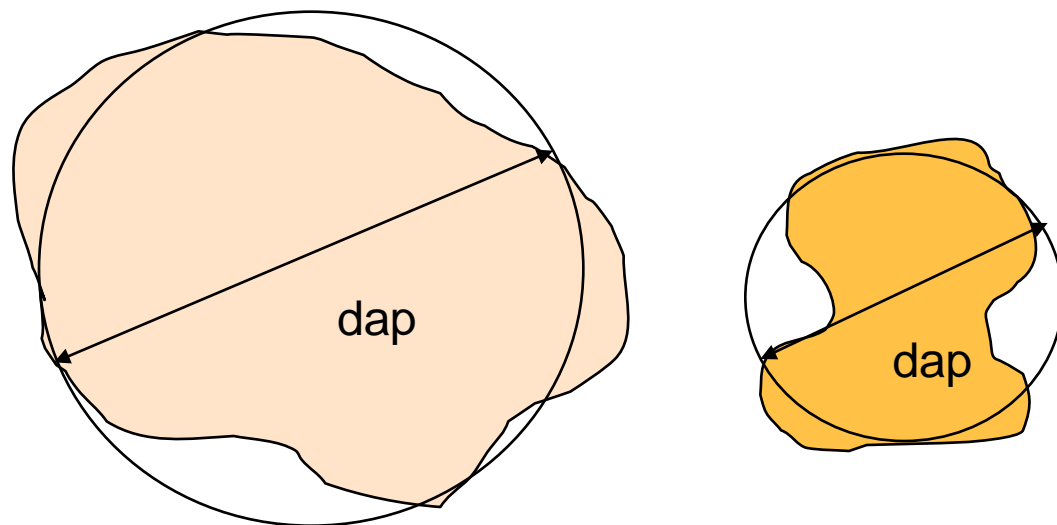
1. Ubicar el árbol a medir
2. Limpiar de parásitas y animales el tronco a 1,3 m de altura
3. Medir con cinta métrica, diamétrica o forcípula
4. Anotar en formulario
5. Si se mide el diámetro a otra altura de referencia se debe anotar la altura de medición



Cinta métrica

Cinta diamétrica

Estimación del dap



Uso de cinta
métrica o
diamétrica

El dap es el diámetro del círculo que se aproxima a la forma de la figura transversal del tronco de un árbol

$$dap = \frac{C}{\pi}$$

dap: Diámetro a la altura del pecho (cm)

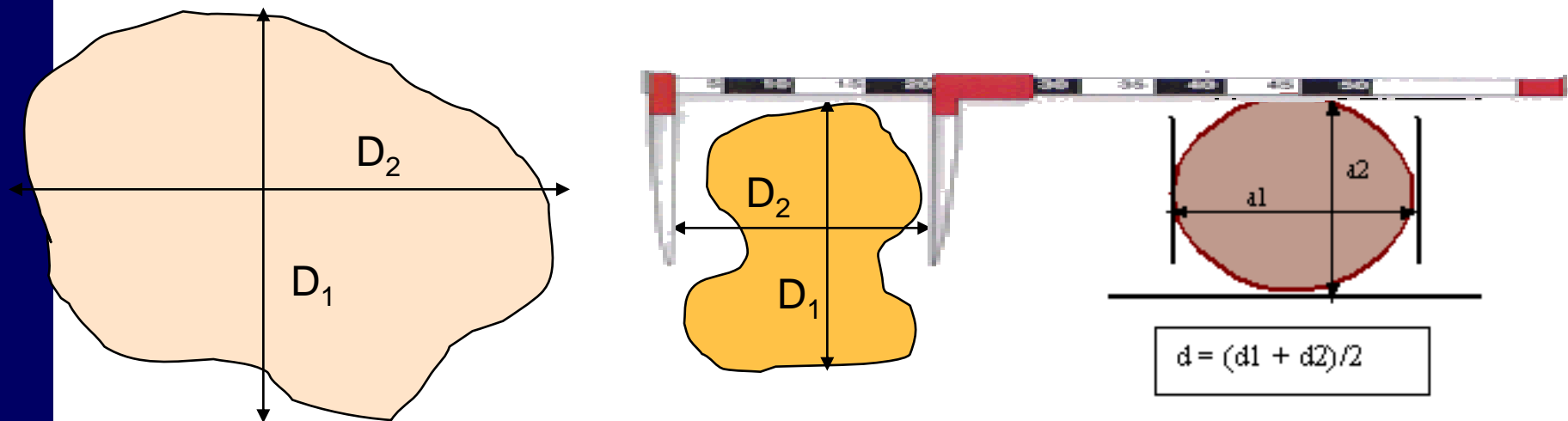
C: Circunferencia (cm)

Uso de forcípula



- Se deben realizar al menos dos mediciones de diámetros
- Cuando se hacen dos se recomienda que las mediciones sean transversales

Estimación del dap: Uso de forcípula



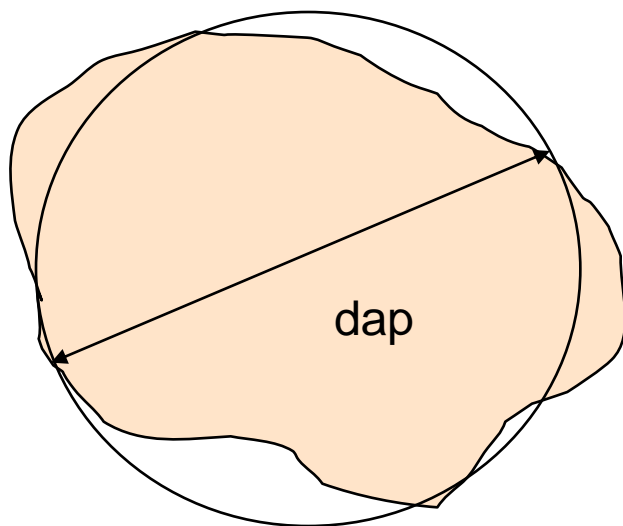
El dap es el promedio de al menos dos medidas de diámetro del tronco de un árbol

$$dap = \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)$$

dap: Diámetro a la altura del pecho (cm)

D_1 y D_2 : Diámetros del tronco del árbol

Estimación del área basal



Área basal es una aproximación del área de la sección transversal de un árbol. Se deduce de la ecuación del círculo.

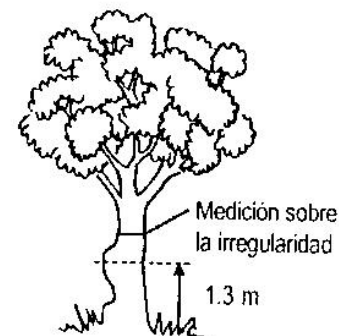
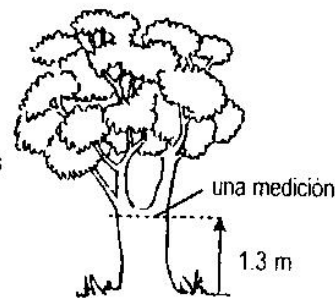
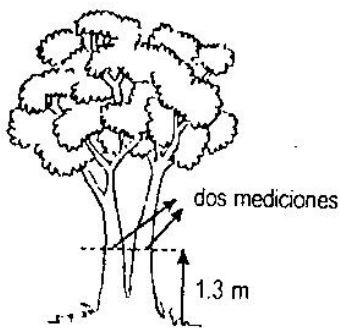
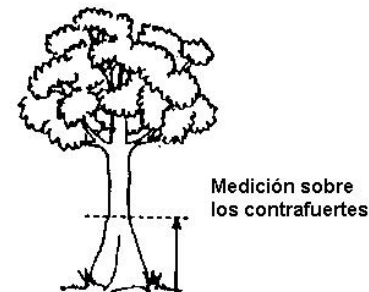
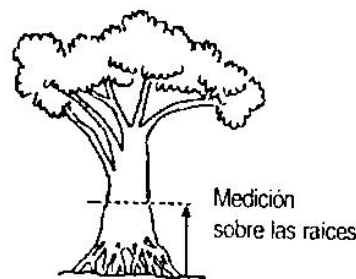
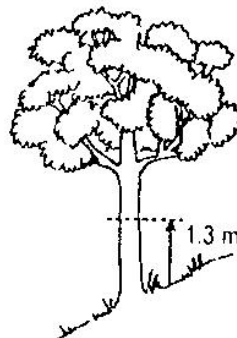
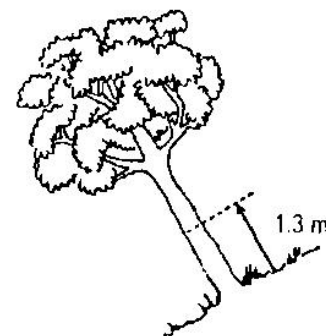
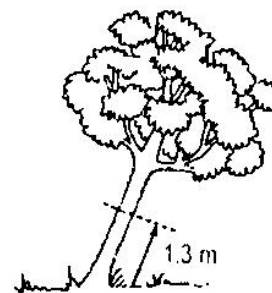
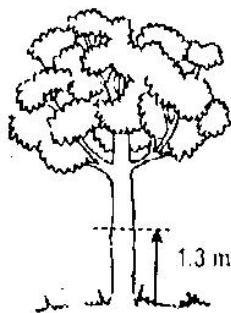
$$g = \frac{\pi}{4} \text{dap}^2$$

g: Área basal ($\text{m}^2 \text{árbol}^{-1}$)
dap: Diámetro a la altura del pecho (m)
G: Área basal de un rodal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)

$$G = \sum g$$

Algunos casos especiales:

Medición del dap en árboles atípicos



Un caso especial: árbol bifurcado abajo del dap



- ¿ y ahora qué hacemos con estos dos datos?
- ¡Sugerencias!

Diámetro cuadrático medio (DCM)

DCM: es el dap que correspondería a un área resultante de la suma del área de los troncos medidos

$$DCM = \sqrt{\sum_{i=1}^n dap_i^2}$$

DCM: Diámetro cuadrático medio (m)

dap_i: Dap de cada uno de los troncos medidos (m)

Estimación de alturas

- Vara graduada
- Métodos trigonométricos (clinómetro e hipsómetro)
- Métodos geométricos (relación de triángulos)

Uso de vara telescópica

Pasos

1. Ubicar el árbol a medir
2. Ir sacando las partes de la vara graduada, iniciando desde la más interna (más delgada) a la más externa
3. Desplegar la vara hasta que llegue a la altura deseada
4. Leer directamente la altura en la vara
5. Anotar



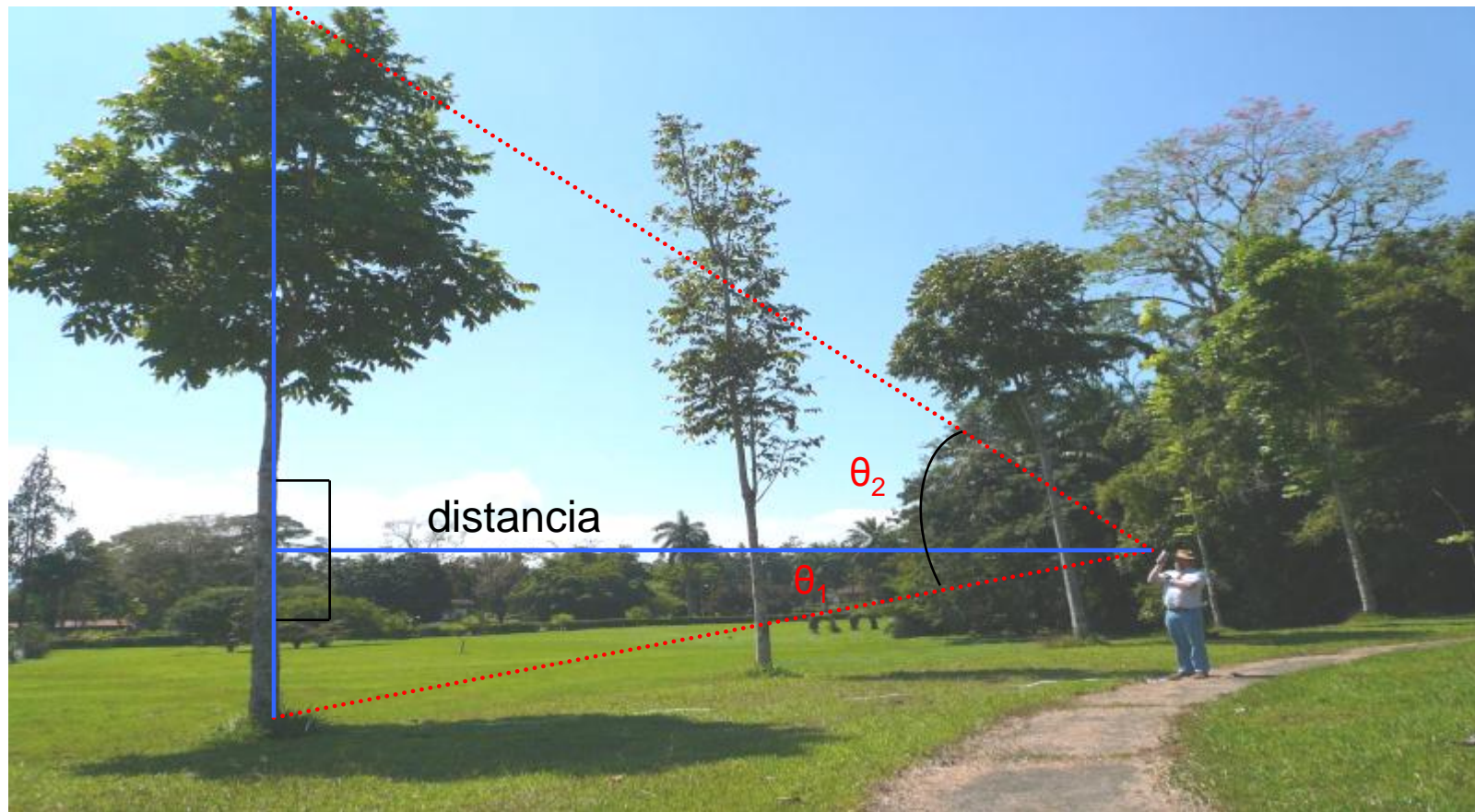
Clinómetro

- Instrumento para medir inclinaciones (pendientes)
- Usualmente mide % y ángulos



Estimación de alturas de leñosas perennes

Altura total: uso de clinómetro y cinta métrica

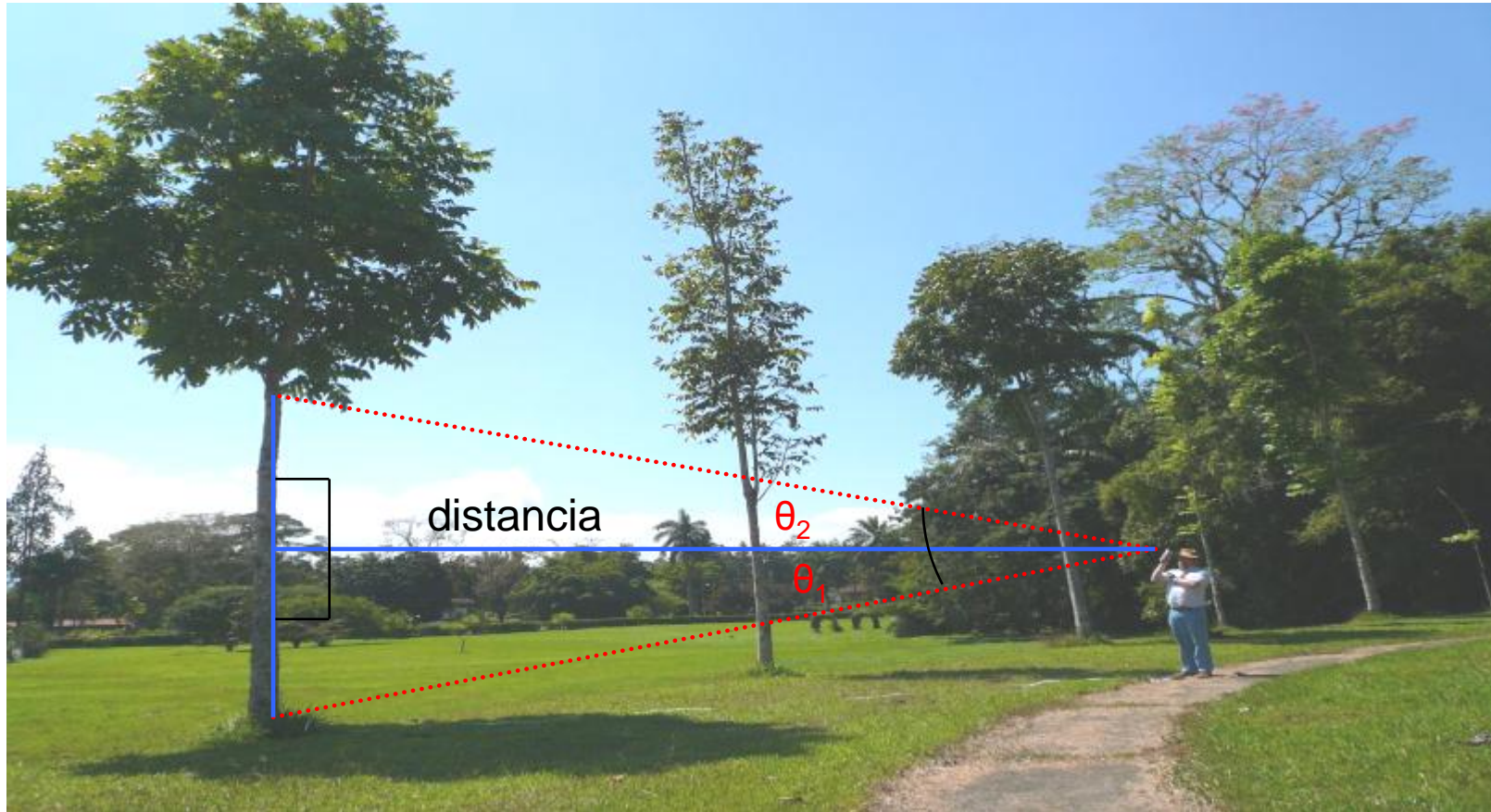


$$h = \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{100} \times D$$

- h: Altura total (m)
- θ_1 : Pendiente a la base (%)
- θ_2 : Pendiente al ápice (%)
- D: Distancia (m)

Estimación de alturas de leñosas perennes

Altura comercial: uso de clinómetro y cinta métrica



$$h = \frac{(\theta_2 - \theta_1)}{100} x D$$

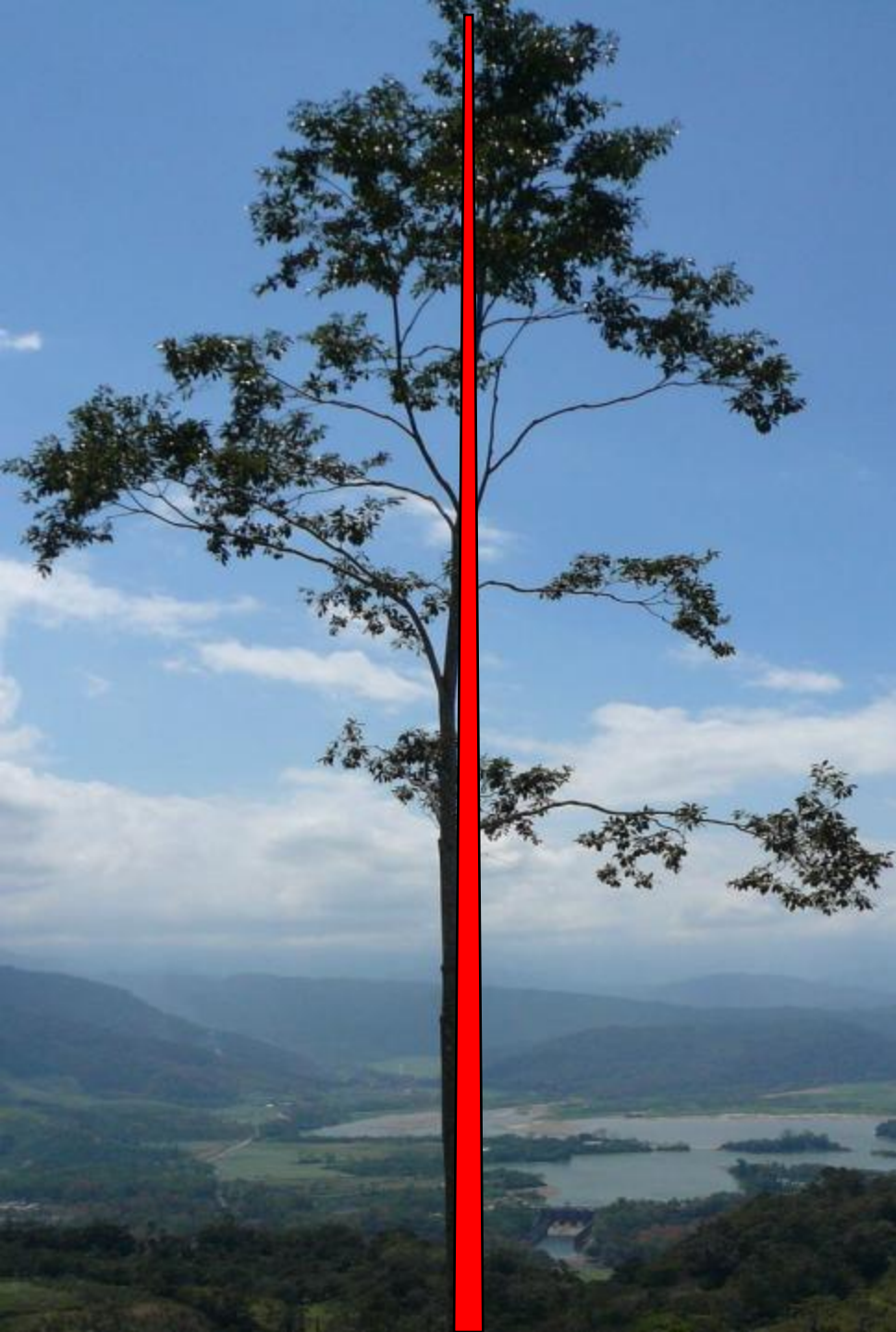
- h: Altura total (m)
 θ_1 : Pendiente a la base (%)
 θ_2 : Pendiente a la altura comercial (%)
D: Distancia (m)

¿Cómo estimar alturas en terrenos con alta pendiente?



¿ Propuestas de otro método?
Sugerencias!





Estimación del volumen de madera: uso de factores de forma

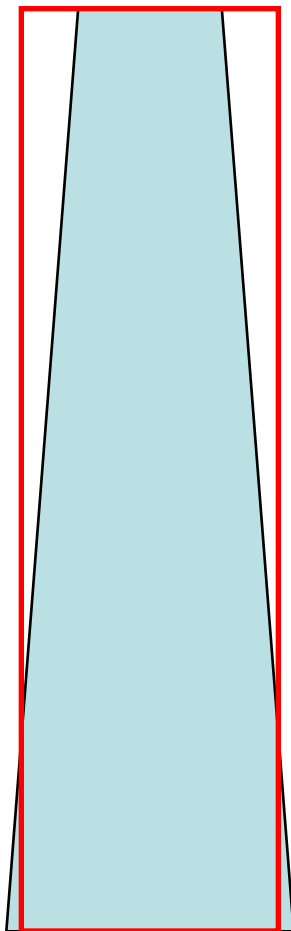
$$Vol = \frac{\Pi}{4} x dap^2 x h x f$$

Donde:

- f: factor de forma del árbol
- Vol: Volumen (m³)
- h: Altura (m)
- dap: Diámetro (m)

¿Los factores de forma para volumen total y volumen comercial serán iguales?

Factor de forma



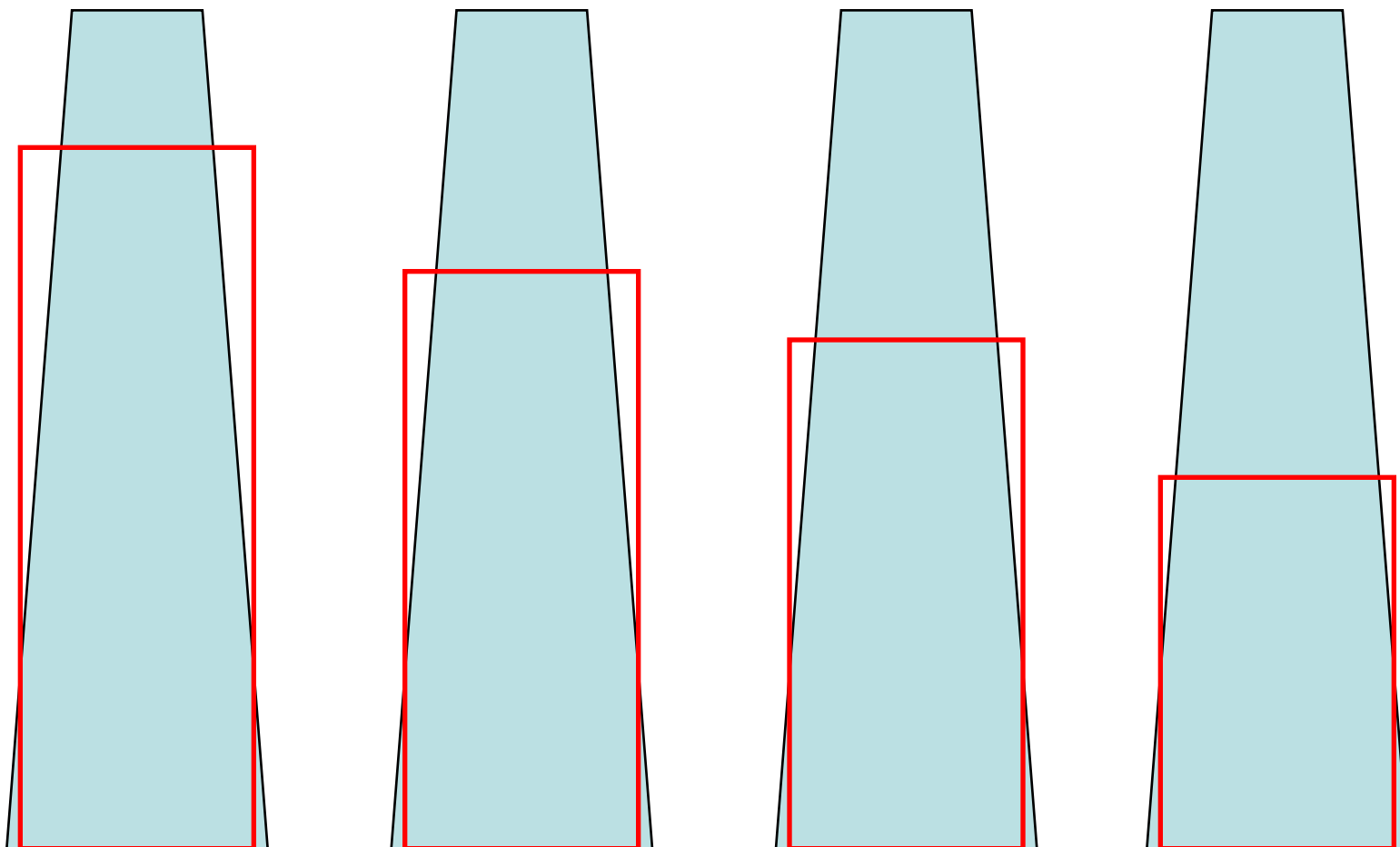
$$f = \frac{Vmadera(cono)}{Vcilindro}$$

$$f = \frac{Vol}{\pi / 4 * dap^2 * h}$$

Donde;

- f: Factor de forma del árbol
- Vol: Volumen de la troza (m³)
- h: Altura total (m)

Factor de forma



¿Cambia el factor de forma al variar la altura comercial?, Cómo?

Ejemplo de tabla de volumen. Tabla de volumen total para *Cordia alliodora* con corteza ($m^3 \text{ árbol}^{-1}$)

Se busca las dimensiones del árbol a estimar en cada entrada (fila o columna) y el valor de la celda donde interceptan es el volumen total

Ejemplo:

Un árbol de 20 cm de dap y 26 m de altura tiene 0,451 m^3 de madera

Fuente: Somarriba y Beer (1987)

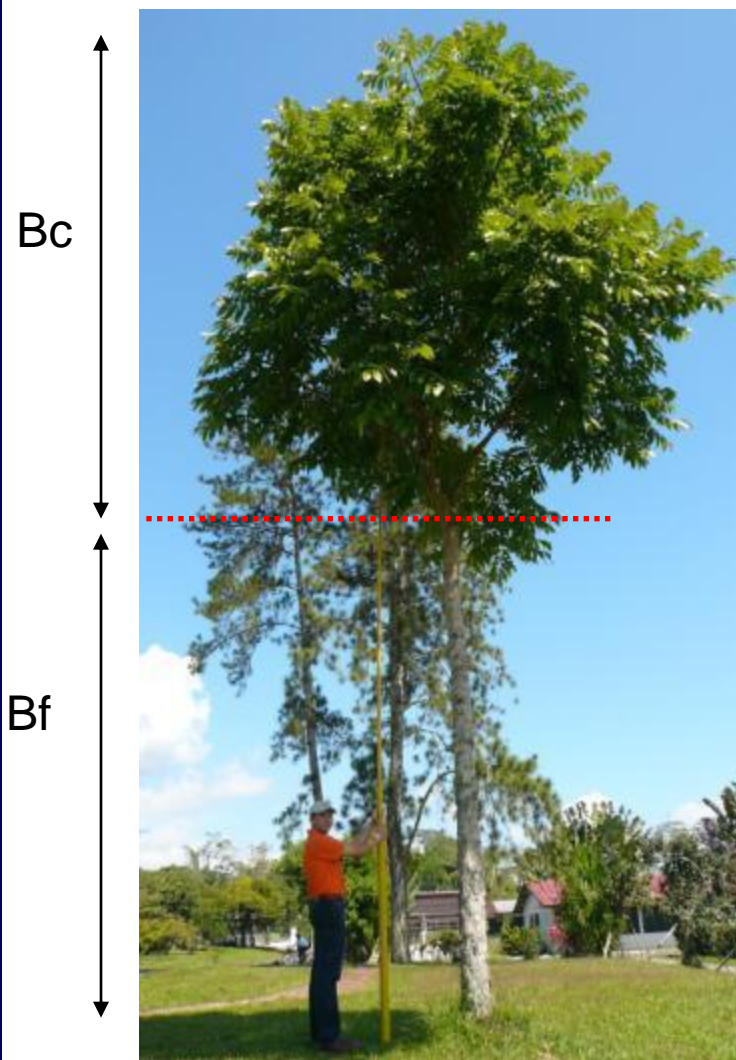
Altura (m)													
dap (cm)	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
10	0,041	0,055											
12	0,053	0,069	0,086										
14	0,066	0,086	0,106	0,126									
16	0,081	0,105	0,129	0,153	0,177	0,202							
18		0,127	0,156	0,185	0,213	0,242	0,271						
20			0,185	0,219	0,253	0,287	0,321	0,355					
22			0,218	0,258	0,297	0,337	0,377	0,416	0,456	496			
24				0,300	0,346	0,392	0,438	0,483	0,529	0,575	0,621	0,667	
26				0,346	0,398	0,451	0,504	0,556	0,609	0,662	0,715	0,767	0,820
28					0,455	0,515	0,575	0,635	0,695	0,755	0,815	0,875	0,935
30					0,516	0,584	0,652	0,720	0,788	0,856	0,924	0,992	1,060
32						0,658	0,734	0,810	0,887	0,963	1,040	1,116	1,192
34							0,822	0,907	0,992	1,078	1,163	1,248	1,333
36								1,009	1,104	1,199	1,294	1,388	1,483
38									1,122	1,327	1,432	1,537	1,642
40										1,462	1,578	1,693	1,809
42										1,604	1,731	1,857	1,984
44											1,891	2,030	2,168
46											2,059	2,210	2,361
48												2,398	2,562
50													2,772

$$\text{Volumen total (m}^3\text{)} = - 0,017615 + 0,000034 (d^2h) - 0,000086 (d^2) + 0,003358 (h)$$

Donde: d = dap (cm); h = altura (m)

Estimación de biomasa:

uso de factor de expansión de biomasa (FEB)



$$B_t = V_f \times DM \times FEB$$

$$FEB = \frac{B_t}{B_f}$$

$$B_t = B_f + B_c$$

Donde;

Bt: Biomasa total arriba del suelo (t)

Vf: Volumen del fuste (m³)

DM: Densidad de la madera (t m⁻³)

FEB: Factor de expansión de biomasa

Bf: Biomasa de fuste

Bc: Biomasa de copa

Modelos de biomasa: ejemplos de modelos alométricos

País	Especie	Modelo	R ² - ajustado	Fuente
Sistemas silvopastoriles				
Costa Rica				
	<i>Acacia mangium</i>	$B = 3,4 + 0,064*dap^2 + 1,0*h$	0,99	Andrade 1999
	<i>Eucalyptus deglupta</i>	$B = 4,2 + 0,052*dap^2 + 1,1*h$	0,99	Andrade 1999
	<i>Pithecellobium saman,</i> <i>Dalbergia retusa y</i> <i>Diphysa robinoides</i>	$B = 10^{-1,54 + 2,05 \text{ Log (dcm) + 1,18 Log (h)}}$	0,92	Andrade 2007
Plantación pura				
Costa Rica				
	<i>Tectona grandis</i>	$B = 10^{-0,82 + 2,38*\text{Log}(dap)}$	0,97	Pérez y Kanninen 2003
Sistemas agroforestales				
Costa Rica				
	Frutales	$B = 10^{-1,11 + 2,64*\text{Log}(dap)}$	0,95	Andrade <i>et al.</i> en preparación.
	<i>Theobroma cacao</i>	$B = 10^{-1,625 + 2,63*\text{Log}(d_{30})}$	0,98	
	<i>Cordia alliodora</i>	$B = 10^{-0,51 + 2,08*\text{Log}(dap)}$	0,92	
	Latizales (dap < 10 cm)	$B = 10^{-1,27 + 2,20*\text{Log}(dap)}$	0,88	
Nicaragua				
	<i>Coffea arabica</i>	$B = 10^{-1,0 + 2*\text{Log}(d_{15}) + 0,54*\text{Log}(h)}$	0,95	Segura et al. 2006
	<i>Inga punctata, I.</i> <i>tonduzzi, Cordia</i> <i>alliodora, Juglans</i> <i>olanchana</i>	$B = 10^{-1,2 + 2,1*\text{Log}(d_{15})}$	0,94	
		$B = 10^{-1,0 + 2,3*\text{Log}(dap)}$	0,94	
Bosque				
Costa Rica				
	Siete especies	$B = e^{-7,3 + 2,1*\text{Ln}(dap)} * 1000$	0,71	Segura y Kanninen 2005

Áreas de copas

1. Medición de áreas de copa:

A mayor número de diámetros medidos menor el error de la estimación

$$D_c = \frac{\sum_{i=1}^n D_{ci}}{n}$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} D_c^2$$

D_c: Diámetro de copa promedio (m)

D_{ci}: Diámetros de copa medidos (m)

A_c: Área de copa (m²)

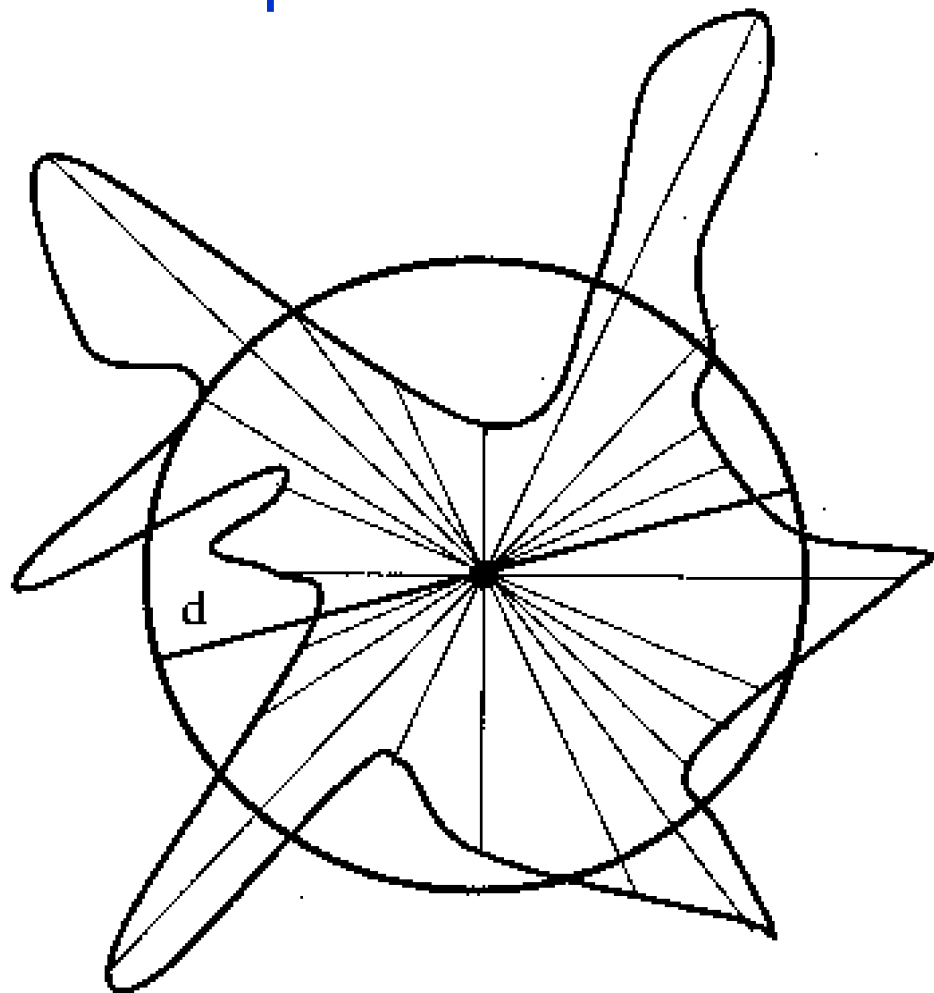


Figura 2. Error de estimación del área de copa usando un número variable de ejes de medición para estimar diámetro promedio de la copa (d)

Área de copa

- Cómo estimar el área de copa de este árbol?



Estimación de biomasa de raíces (estructurales; diámetro > 2 cm)

- Excavación de sistemas radiculares
- Uso de modelos de biomasa
 - Basados en biomasa arriba del suelo
 - Tipo de madera de la especie

Excavación de raíces



Uso de modelos de biomasa

Cuadro 3. Modelos alométricos para la estimación de biomasa de raíces.

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.

¿Preguntas?

Ejercicios