



PROGRAMA
ONU-REDD



Ministerio
del Ambiente

PROCESO METODOLÓGICO PARA EL DESARROLLO DE MODELOS ALOMETRICOS PARA ESPECIES, GRUPO DE ESPECIES Y ESTRATOS DE BOSQUES DEL ECUADOR

Métodos de estimación de biomasa forestal



Ministerio del Ambiente

Método directo - destructivo



Método indirecto – modelos matemáticos y factores de expansión

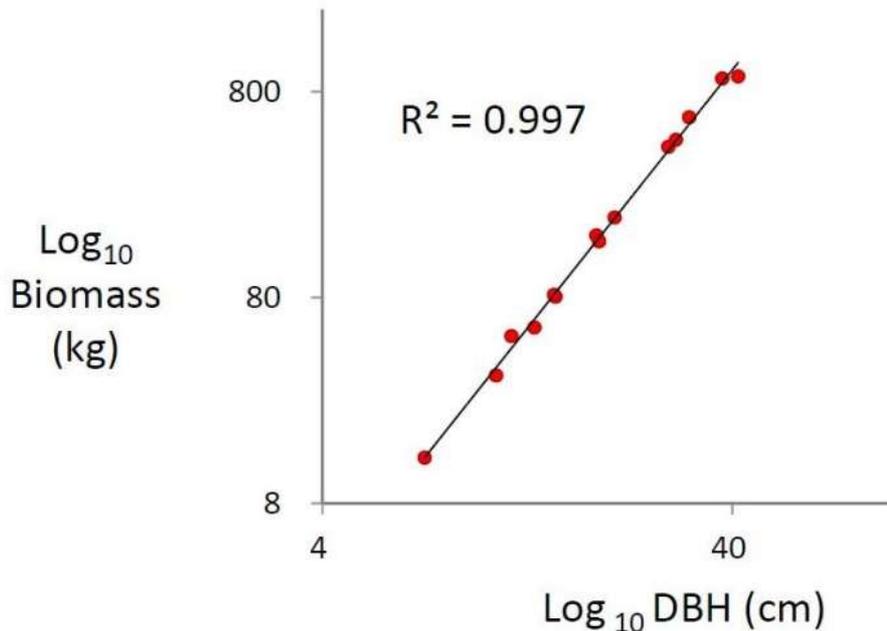
Biomasa aérea = volumen x densidad básica x Factor de expansión





Que son los modelos alométricos?

Son **ecuaciones matemáticas** que permiten estimar el volumen, biomasa o el carbono (VBC) de los árboles en función de variables de fácil medición como el DAP



Análisis de regresión.
Dependiendo del número de variables independientes (datos dimensionales) la ecuación puede ser una regresión lineal simple (una única variable, ej. DAP) o una regresión lineal múltiple (más de dos variables, ej. DAP, altura total)

Justificación método destructivo de baja intensidad



 Ministerio del Ambiente

- Elevada diversidad arbórea y de tipos de bosques en el Ecuador
- Alta inversión en recursos económicos, tiempo y de personal, adscrito a una unidad operativa, infraestructura básica y procesos de mediano y largo plazo de investigación, tal como disponen otros países de trayectoria forestal.
- La capacidad institucional, aún es incipiente o está en plena gestación
- La presente propuesta alternativa de medición destructiva de baja intensidad, que a más de cumplir con los requisitos necesarios de alta precisión, se evidencia como altamente práctica en su aplicación y muy respetuosa ambientalmente.

(Ejemplo, para el estrato bosque seco andino, donde se ha determinado la presencia de **115 especies arbóreas** en el inventario piloto, se requeriría aprovechar aproximadamente **entre 200 a 300 individuos** de las **especies más frecuentes** para generar modelos a nivel de especie, y más de **100 individuos** para generar modelos alométricos por **grupos de especie**.)
- El método destructivo alternativo, que combinará la tala de individuos para su pesaje en secciones, y el uso de instrumentos electrónicos de alta precisión para la medición de los árboles complementarios en pie, **constituye una fase inicial de investigación y dotación de información altamente viable**



Tipos de modelo alométricos

1. Modelos alométricos por especie, gracias al peso estadístico de una medición de una muestra mayor a 8 individuos por especie,
2. Modelos alométricos por grupos de especies, integradas por la combinación de variables de densidad de la madera y morfología general de las especies, y
3. Modelos alométricos por estrato de bosque, al incluir todas las especies e individuos medidos en las unidades de muestreo (preliminarmente cuatro conglomerados – 12 parcelas anidadas).

Pasos generales para la generación de los MA



 **Ministerio
del Ambiente**

Paso 1.
Depositos de carbono a considerar para los modelos alométricos

Paso 2.
Estratificación de los bosques del Ecuador

Paso 3.
Determinación del número de UM a medir por estrato

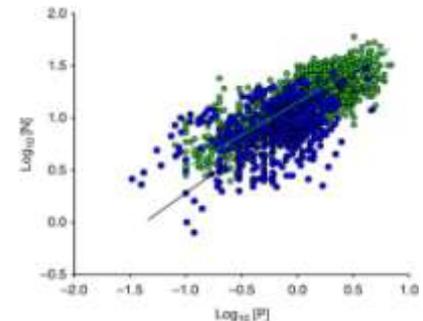
Paso 4
Identificación de las especies

Paso 5.
Medición de las variables en árboles en pie y toma de las muestras

Paso 6.
Secado en laboratorio y determinación de materia seca

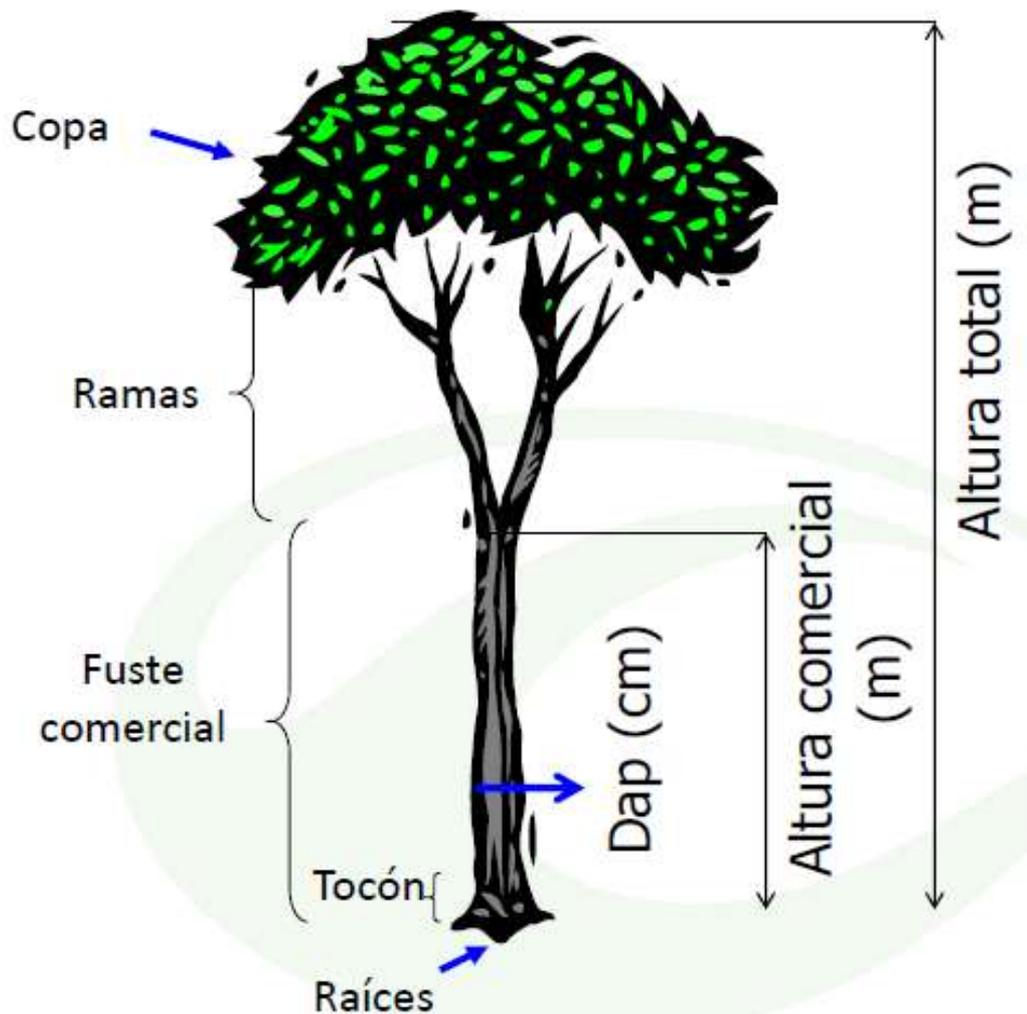
Paso 7.
Medición destructiva de los individuos

Paso 8.
Generación de ecuaciones alométricas

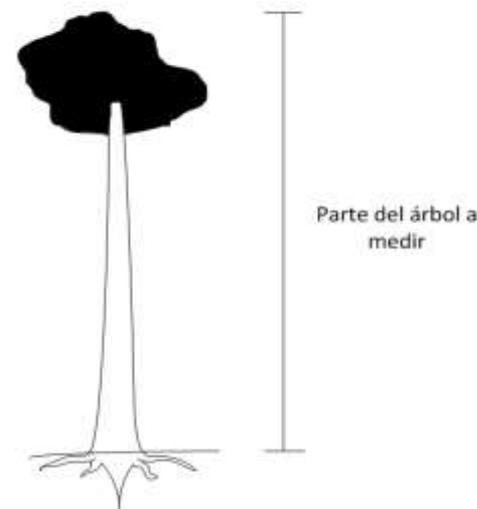




Paso 1. Depósito de carbono a considerar para el cálculo de los MA.

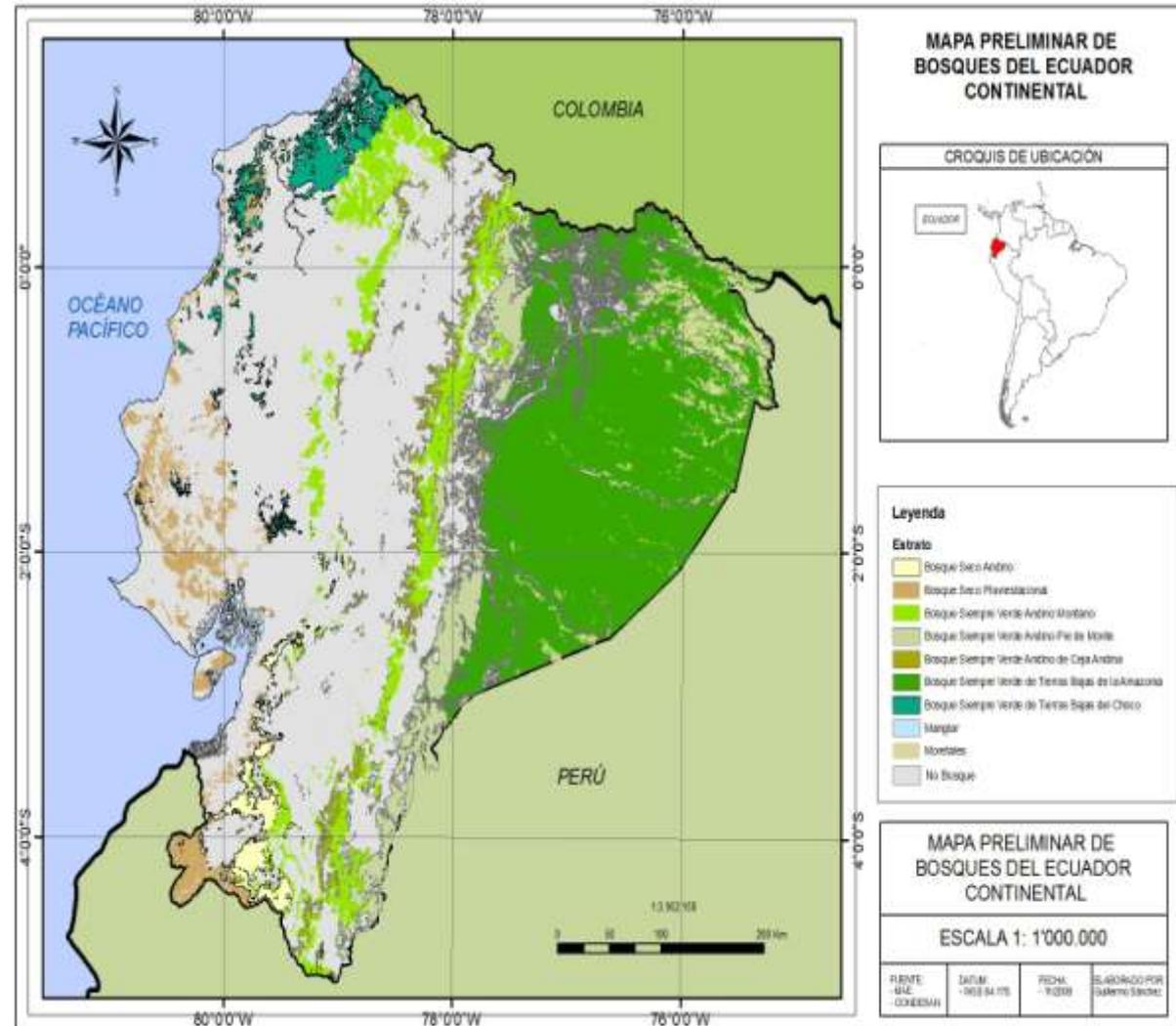


Biomasa arriba del suelo





Paso 2. Estratificación de los bosques del Ecuador



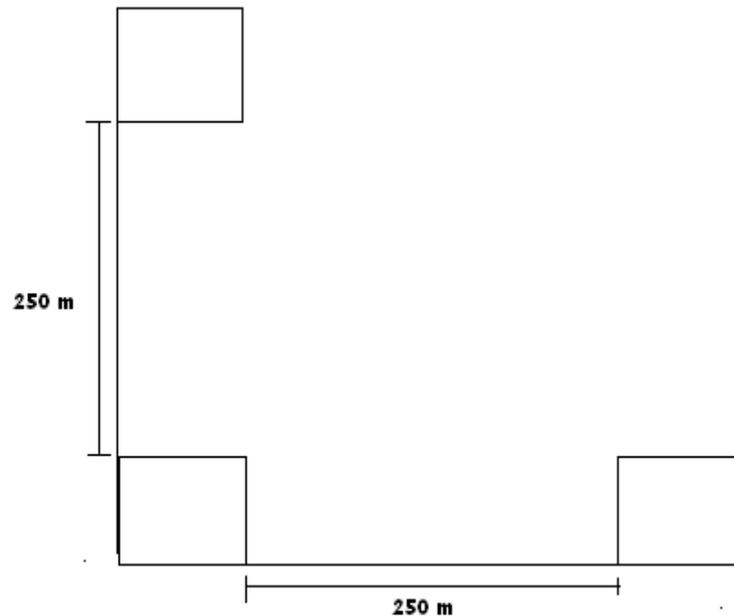
- Definido nueve tipos de estratos de carbonos
- Criterios bioclimáticos
- Recomendaciones de expertos
- Diferenciados en función de:
 - a) características climáticas
 - b) fisionómicas y
- Ho: contenido de carbono varia en función del estrato de carbono

Paso 3. Diseño de muestreo y determinación del número de UM a medir



Ministerio
del Ambiente

Diseño de muestreo: SISTEMÁTICO basado en resultados preliminares de la ENF – análisis de variación (tamaño y forma de las UM de la ENF)



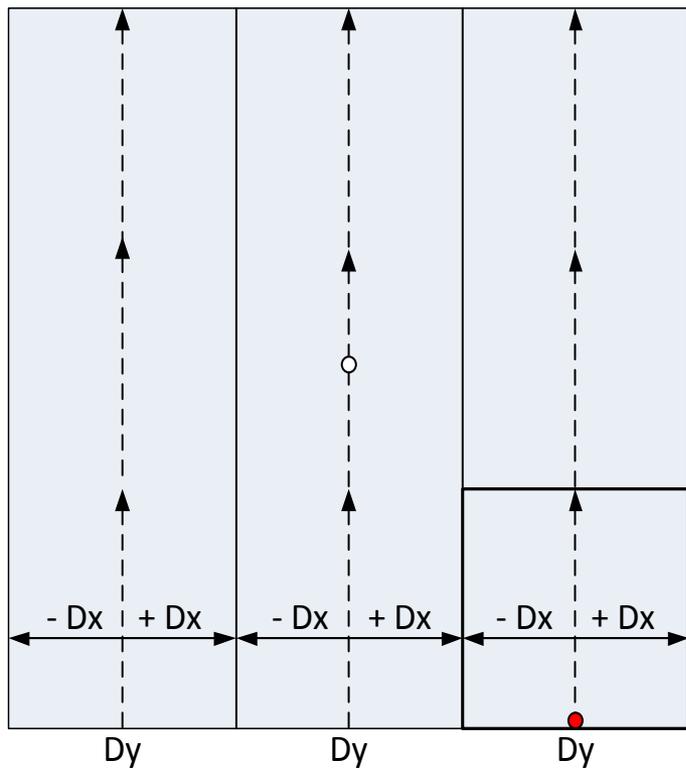


(a)

Faja 3

Faja 2

Faja 1

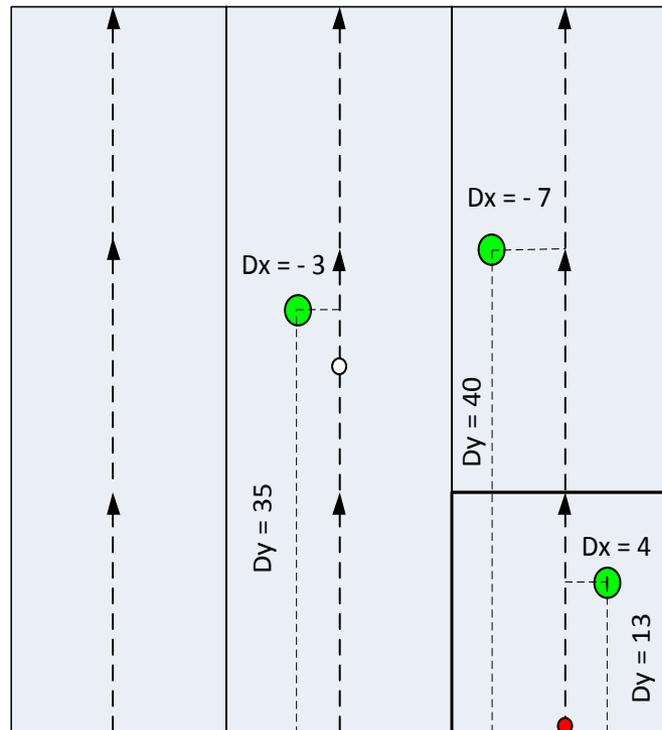


(b)

Faja 3

Faja 2

Faja 1





- En cada estrato de bosque del Ecuador se seleccionarán como muestreo preliminar 4 conglomerados (12 parcelas)
- Área de muestreo total por estrato de 4,32 ha
- Resultados preliminares aplicados confirmarán el número de conglomerados mínimos requeridos o permitirán hacer ajustes (proceso metodológico adaptativo)
- La correlación se considerará como aceptable cuando el coeficiente de determinación R^2 será $> a 0,8$ (sin corrección).
- En caso que R^2 sea $< a 0,8$, se procederá a calcular el número requerido de la muestra (n), con base en el Coeficiente de Variación (CV) del VBC de las especies agrupadas, aplicando un error del 10% y un nivel de confiabilidad del 95%.

$$n = \frac{t^2 (CV\%)^2}{(E\%)^2}$$

Paso 4. Identificación de las especies

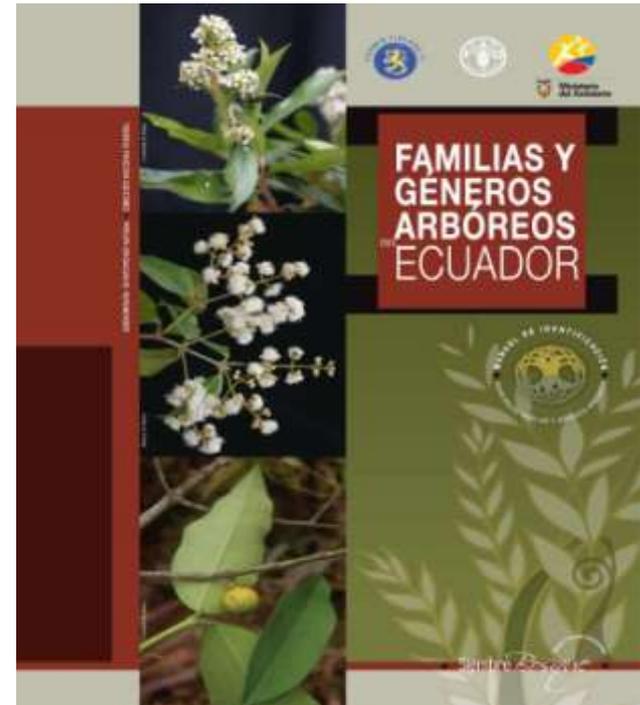


 Ministerio
del Ambiente

Para las especies más frecuentes y que alcancen un número superior a los 8 individuos en las 12 parcelas de muestro se deben identificar a nivel de especie, para lo cual es necesario recoger muestras botánicas en campo para verificar su certeza en el herbario o con expertos.

Las especies que no alcancen este número podrán ser identificadas a nivel de género ó mínimo de familia.

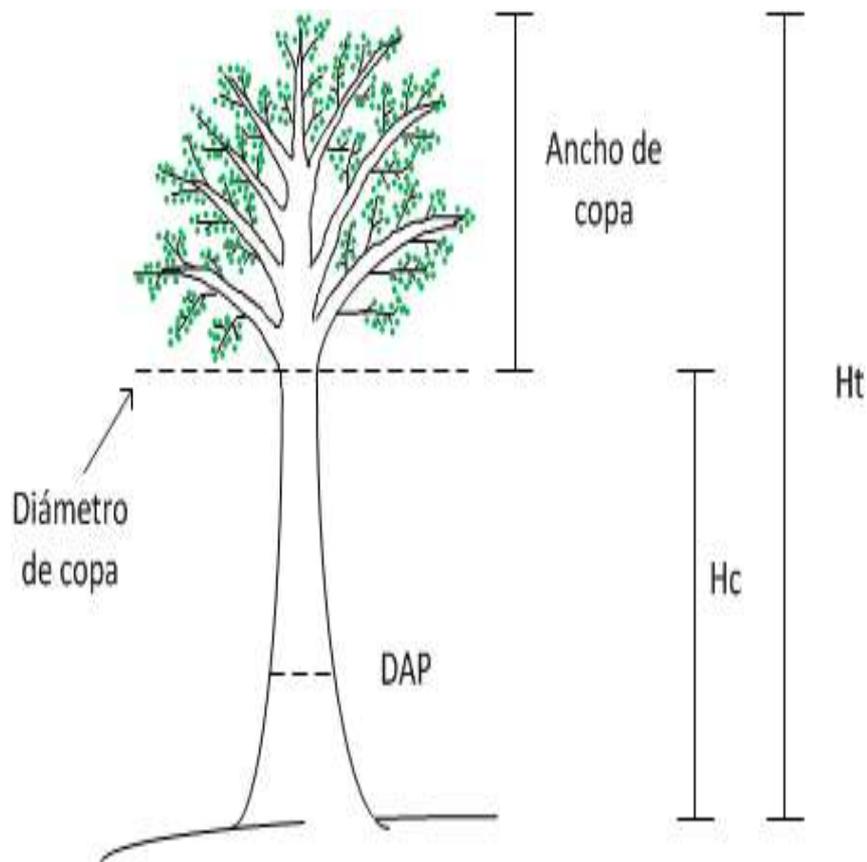
Para facilitar este proceso, los equipos de campo deben contar con un técnico/a con experticia en identificación de especies arbóreas, perteneciente al Herbario de la Universidad correspondiente.



Paso 5. Medición de las variables en árboles en pie y toma de muestras

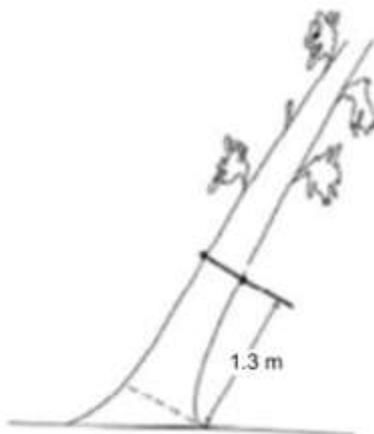
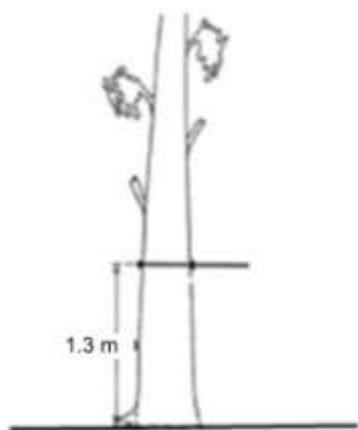


Ministerio
del Ambiente

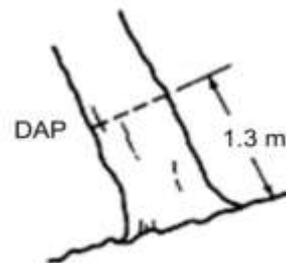
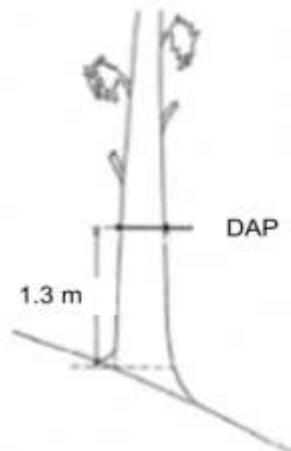




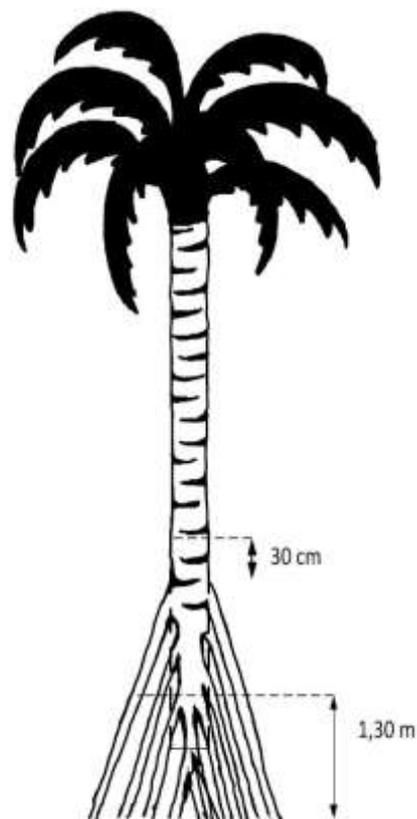
Diámetros



Medición en terrenos planos



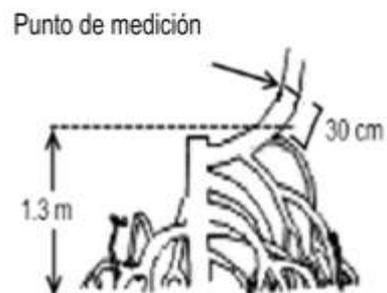
Medición en terrenos inclinados



a) Proyección
del DAP



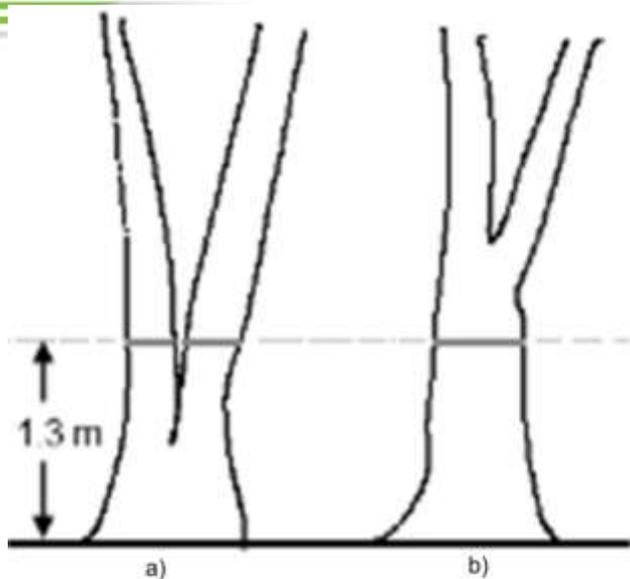
b) árbol con raíces
aéreas (mangle)



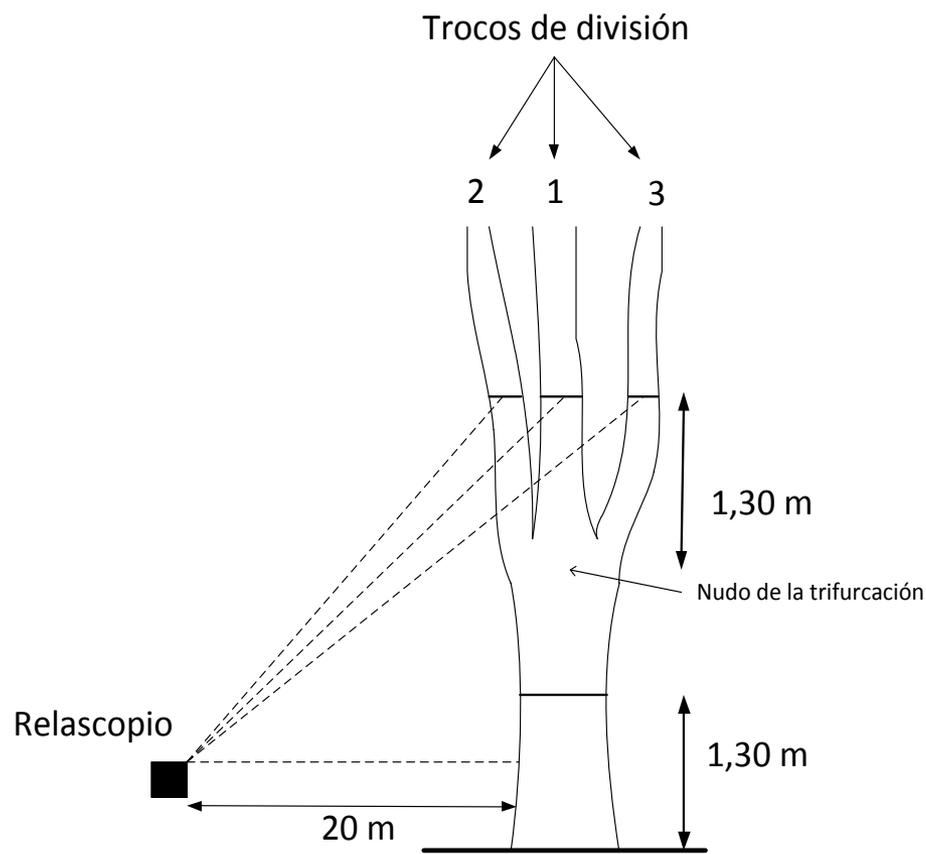
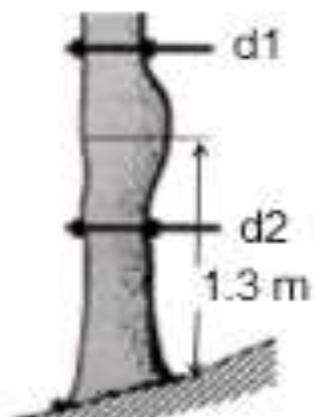
c) árbol con raíces
aéreas y tallo cortado
(mangle)



(d) Proyección del DAP



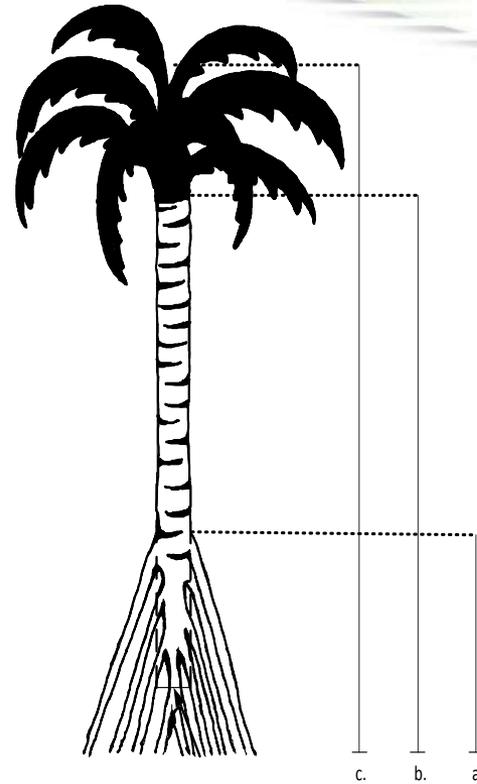
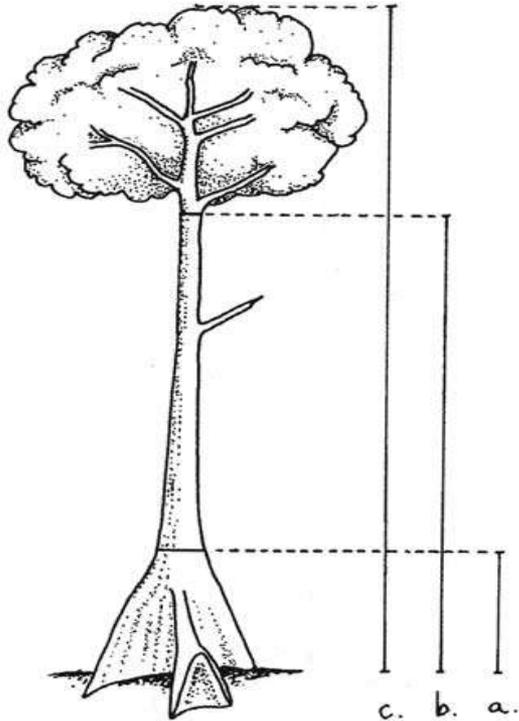
Medición del diámetro de árboles bifurcados



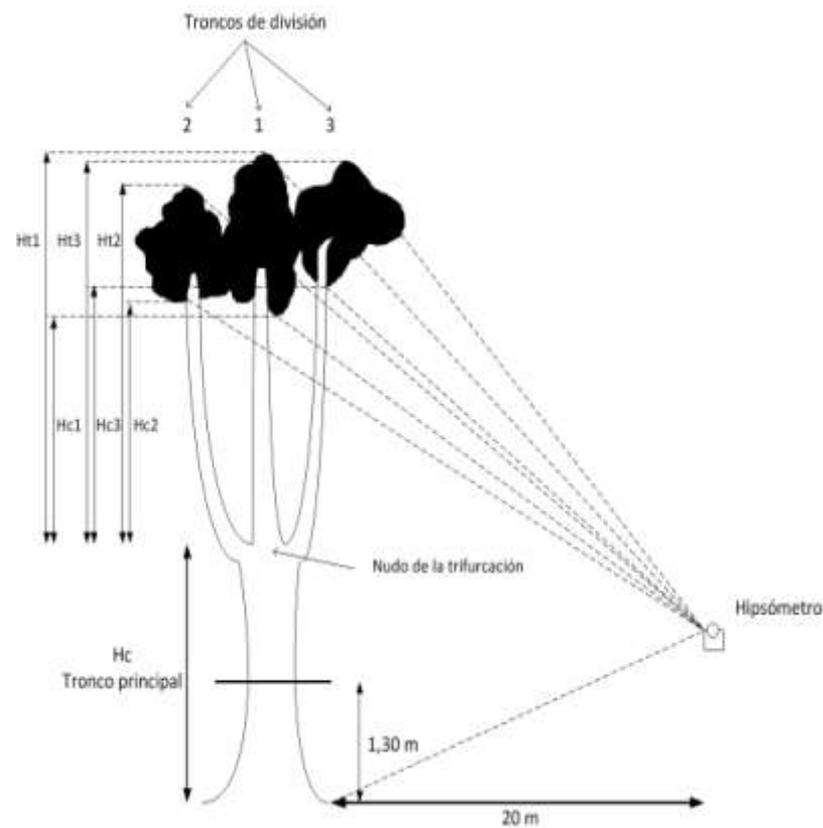
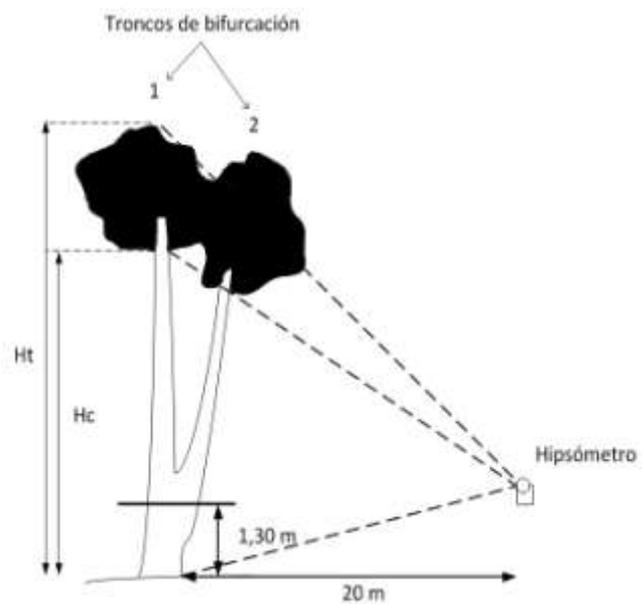
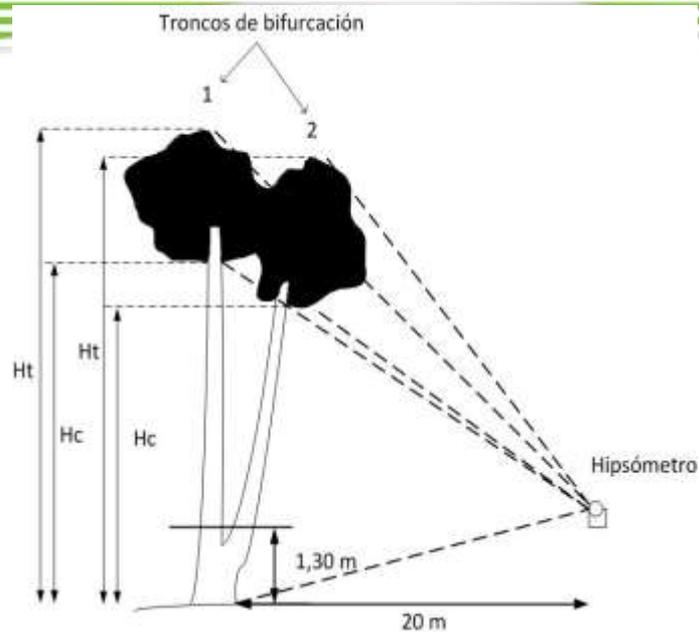
Alturas

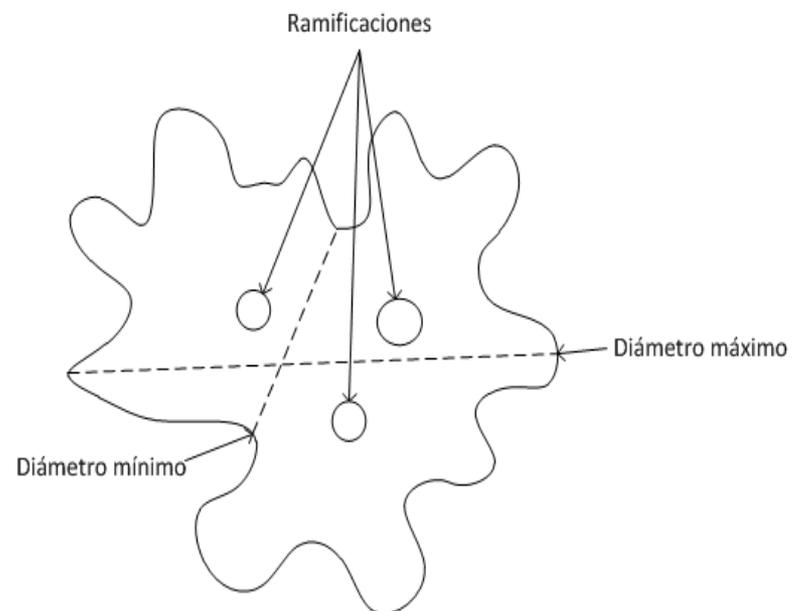
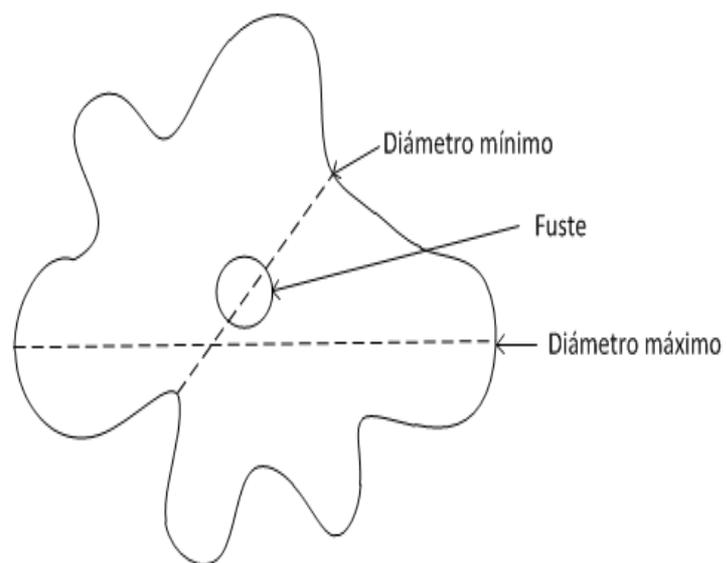


 Ministerio del Ambiente



Diferentes tipos de altura de los árboles que serán medidas: (a) altura de la modificación de la raíz, desde el nivel de suelo hasta la parte superior de la modificación; (b) altura comercial desde el nivel del suelo hasta el punto donde se inician las ramificaciones, y (c) altura total desde el nivel del suelo hasta el punto superior del árbol.

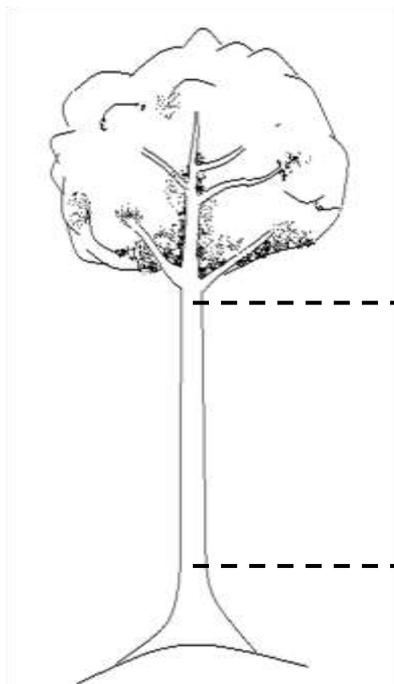




Cálculo de la densidad del fuste



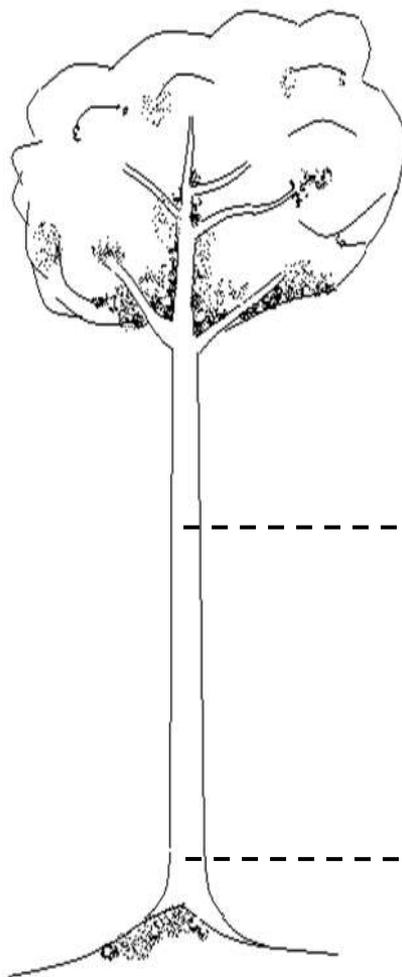
Ministerio del Ambiente



a.

Final de la altura comercial (< 8 m)

1,10 m



b.

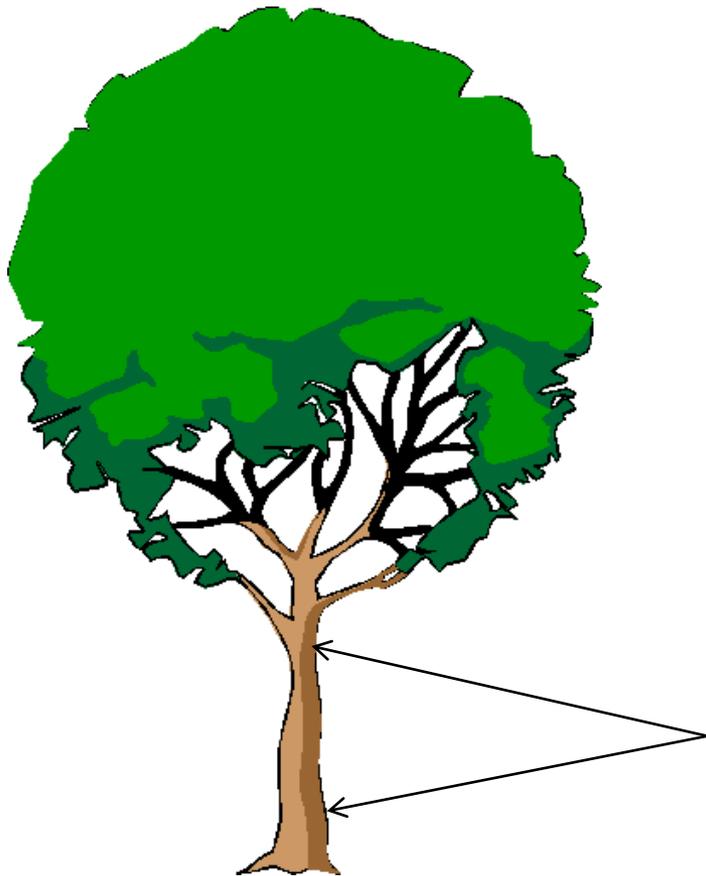
8 m

1,10 m



Ministerio
del Ambiente

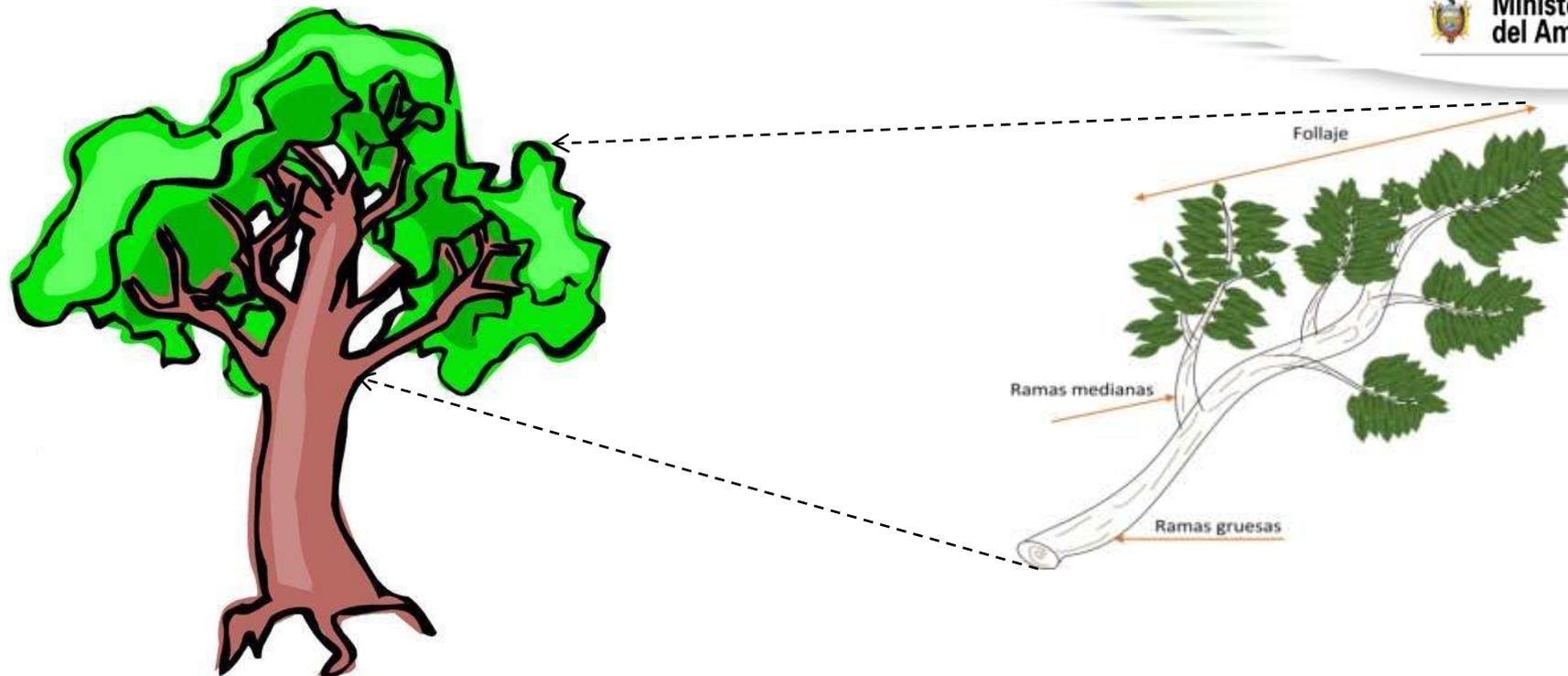
Agrupación de individuos en tres clases diamétricas, proponiéndose las siguientes: **10 a 20 cm**, **20 a 30 y > 30 cm**, distribución observada para bosques tropicales



Cálculo de la densidad de copa



Ministerio
del Ambiente

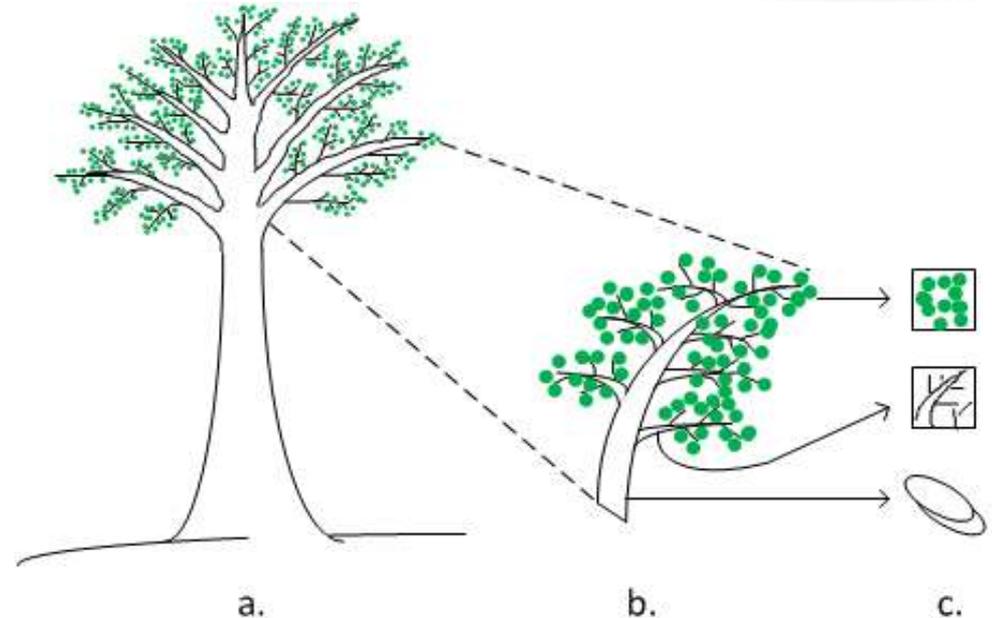


- Para los árboles con presencia de ramas a una altura \leq a 8 m
- Selección de la primera rama viva representativa inserta en el fuste
- Se dividirá (cortará) en secciones: ramas gruesas $>$ 7 cm de diámetro, ramas finas $<$ 7 cm de diámetro y hojas, para pesar cada sección en fresco

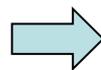


- Se toman tres sub-muestras para el cálculo de la densidades de madera de copa

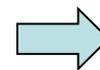
- ✓ una rodaja de madera de la parte gruesa
- ✓ una porción de ramas finas
- ✓ una porción de hojas



Tres datos de densidad de madera por individuo: a **1,10 m**, ≤ 8 m de altura del fuste y de la **copa**



Tendencias de cambios en la densidad en el árbol



Mayor aproximación para el cálculo de la BAT



Volumen de rama

$$V \text{ (m}^3\text{)} = L * A * H * f$$

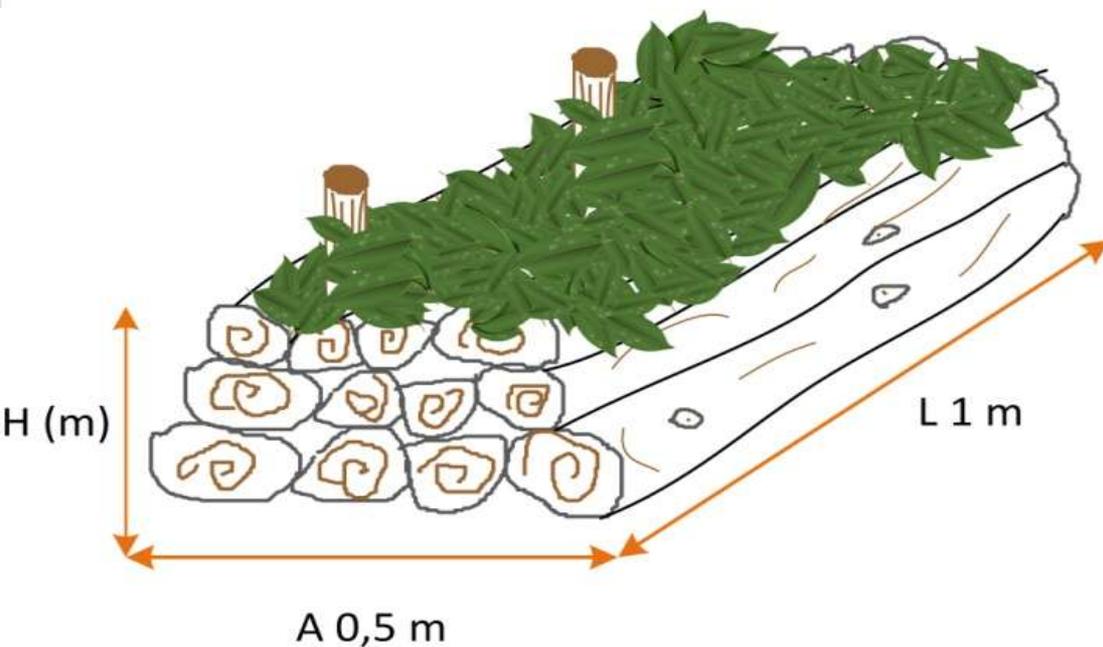
En donde:

L : largo 1 m

A : ancho 0,5 m

H : altura en m

F : factor de corrección 0,5



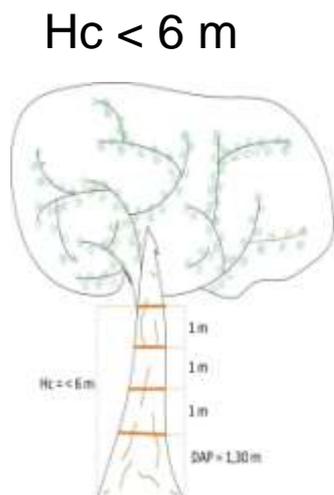


Cálculo del factor de forma fustal (Ff)

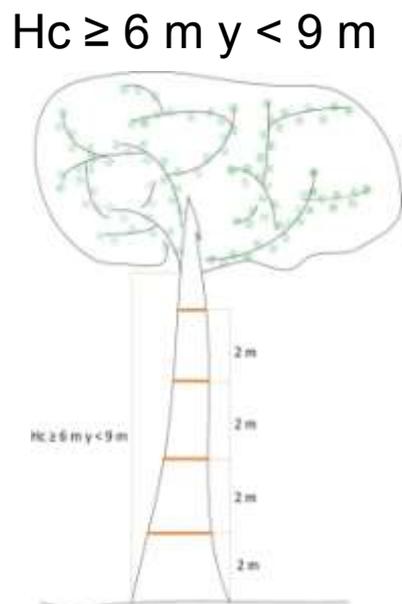
- Los Ff son razones entre el volumen del fuste y el volumen de cierto cilindro (cilindro, paraboloide, cono o neiloide)
- Mínimo 3 diámetros del fuste (acercamiento al volumen real)
- Uso del relascopeo electrónico (lectura del diámetro y la altura en árboles en pie)
- Medición de mínimo 8 individuos/especie en los 4 conglomerados (muestra)



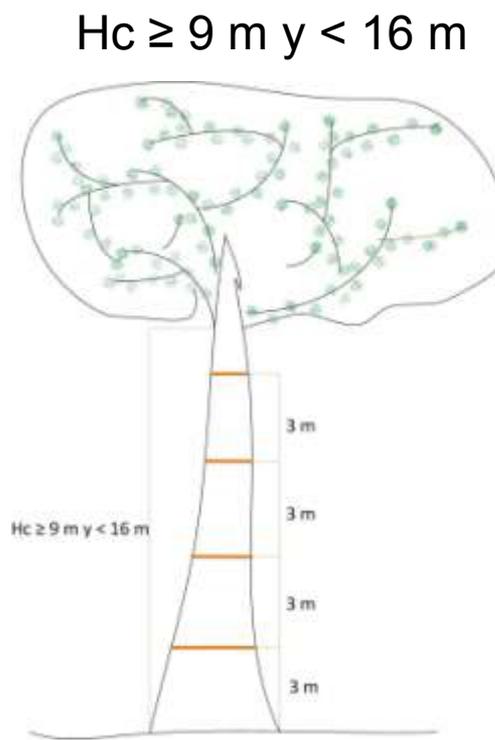
La forma del fuste de los árboles varía ampliamente (especie, edad, tamaño, manejo y condiciones de sitio, etc.)



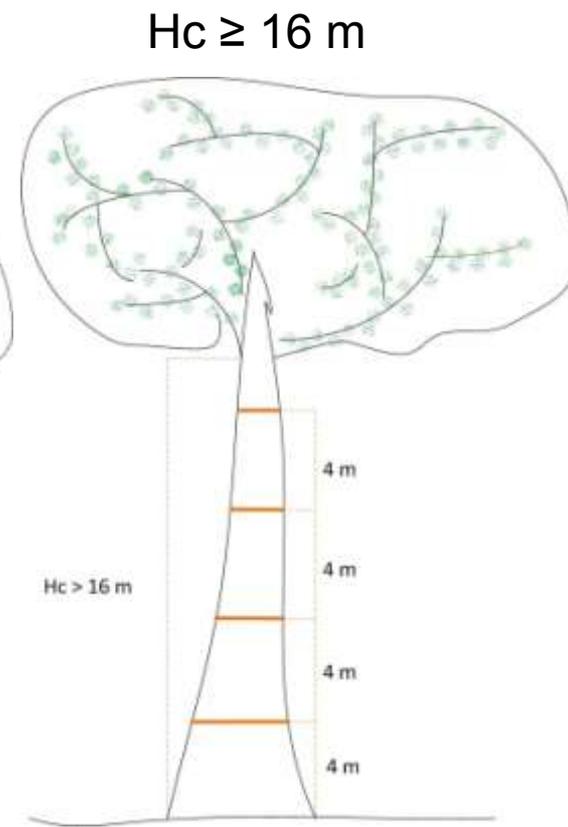
cada 1 m de altura a partir del DAP



cada 2 m de altura a partir de la base



cada 3 m de altura a partir de la base



cada 4 m de altura a partir de la base



- Cubicación de árboles por secciones usando la formula de Smalian

En donde:

V: volumen en metros cúbicos

A_1 : Área basal mayor de la sección

A_2 : Área basal menor de la sección

d_1 : Diámetro mayor de la sección

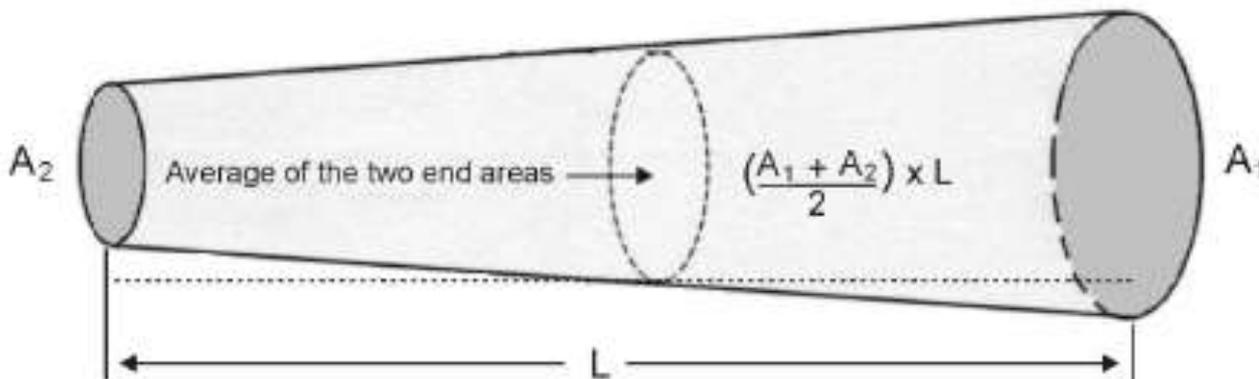
d_2 : Diámetro menor de la sección

L: Longitud de la sección

$$V (m^3) = ((A_1 + A_2) / 2) * L$$

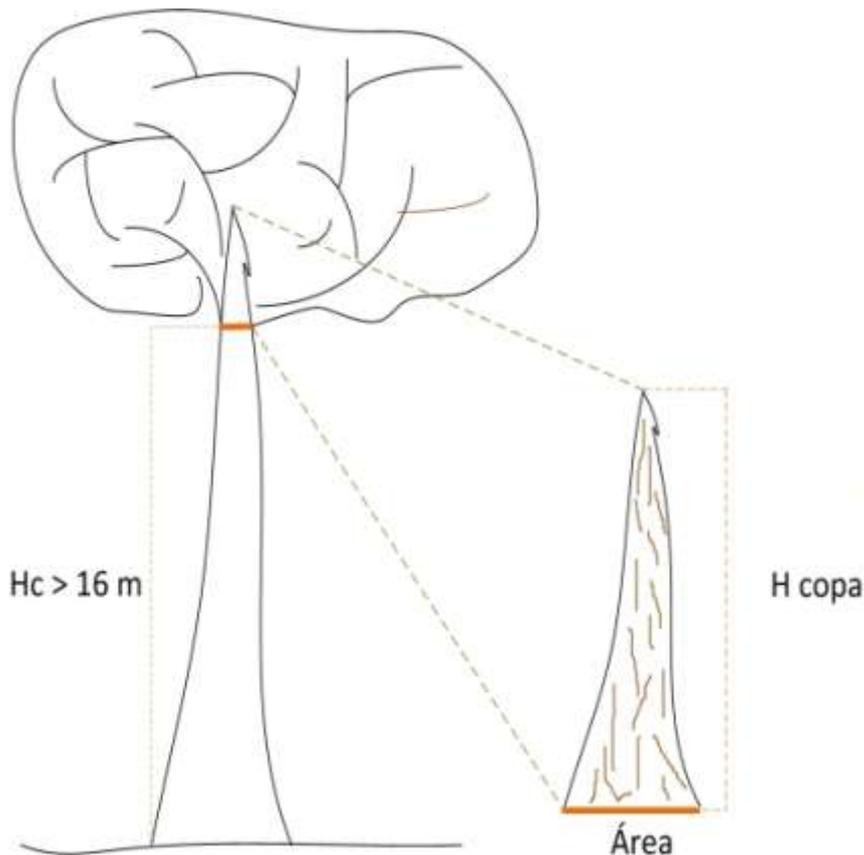
o

$$V (m^3) = \pi / 8 * L * (d_1^2 + d_2^2)$$





La última sección constituirá un cono, donde el volumen se obtendrá a partir del **área basal** calculada con el último diámetro medido por **altura restante** del árbol.



$$V \text{ (m}^3\text{)} = G \times Ac$$

$$VT \text{ fuste} = V1 + V2... + Vn$$

V1: Volumen sección 1

V2: Volumen sección 2

Vn: Volumen expresado a la n



Ministerio
del Ambiente

Con el volumen total del fuste (de las especies muestreadas), se procede a calcular el factor de forma a través de la siguiente fórmula:

$$V = AB * H * F$$

En donde:

V = Volumen del árbol en m³

AB = Área basal en m²

H = Altura o longitud del árbol en m

F = Factor o coeficiente de forma

Despejando el factor de forma F, la formula es la siguiente:

$$F = V / AB * H$$

Cálculo del volumen de copa



- Variabilidad de las formas de copas de los árboles de una especie a otra e incluso
- Propiedades geométricas dependiendo de la forma de la copa para su estimación

Cuadro 2. Estimación del volumen de copa como una función de la forma de la copa

Forma aproximada de la copa	Formula FAO / volumen de copa	Figura
Cónico	$V_c(m^3) = \pi \cdot \frac{Dc^2 \cdot Hc}{12}$	
Parabólico	$V_c(m^3) = \pi \cdot \frac{Dc^2 \cdot Hc}{8}$	
Hemisférica	$V_c(m^3) = \frac{\pi \cdot Dc^2}{12}$	

Paso 6. Secado en laboratorio y determinación de materia seca (biomasa)



 Ministerio del Ambiente

Secado en laboratorio

- Las muestras obtenidas (de fuste y copa), serán secadas en horno a una temperatura de 75° a 90° C.
- El tiempo de secado se extenderá hasta que la muestra alcance un peso constante, (48 horas aprox.)

Cálculo de la biomasa seca del fuste

La biomasa seca (o materia seca) del fuste se determinará mediante el cálculo de la densidad de la madera y su relación con el volumen (parámetros calculados previamente), con la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa del fuste} = ((\text{Densidad muestra 1} + \text{Densidad muestra 2})/2) * \text{Volumen de fuste}$$



Cálculo de la biomasa de la copa

La biomasa seca de la rama representativa de copa se determinará por la sumatoria de su biomasa seca en cada componente así:

$$\text{BS de rama} = \text{BS parte gruesa} + \text{BS ramas finas} + \text{Bs hojas}$$

La ecuación para el cálculo de la biomasa de cada componente (ramas y hojas) será la propuesta por Rüginitz et al (2009):

$$\text{BScomponente} = (\text{PSmuestra} / \text{PHmuestra}) * \text{BHcomponente}$$

Donde:

BS = Biomasa seca del componente (kg);

PS = Peso seco de la muestra (g);

PH = Peso húmedo de la muestra (g);

BH = Biomasa húmeda del componente (kg).

BT de la copa se calculará relacionando la BS de la rama con el volumen total de la copa

Cálculo de la biomasa aérea total



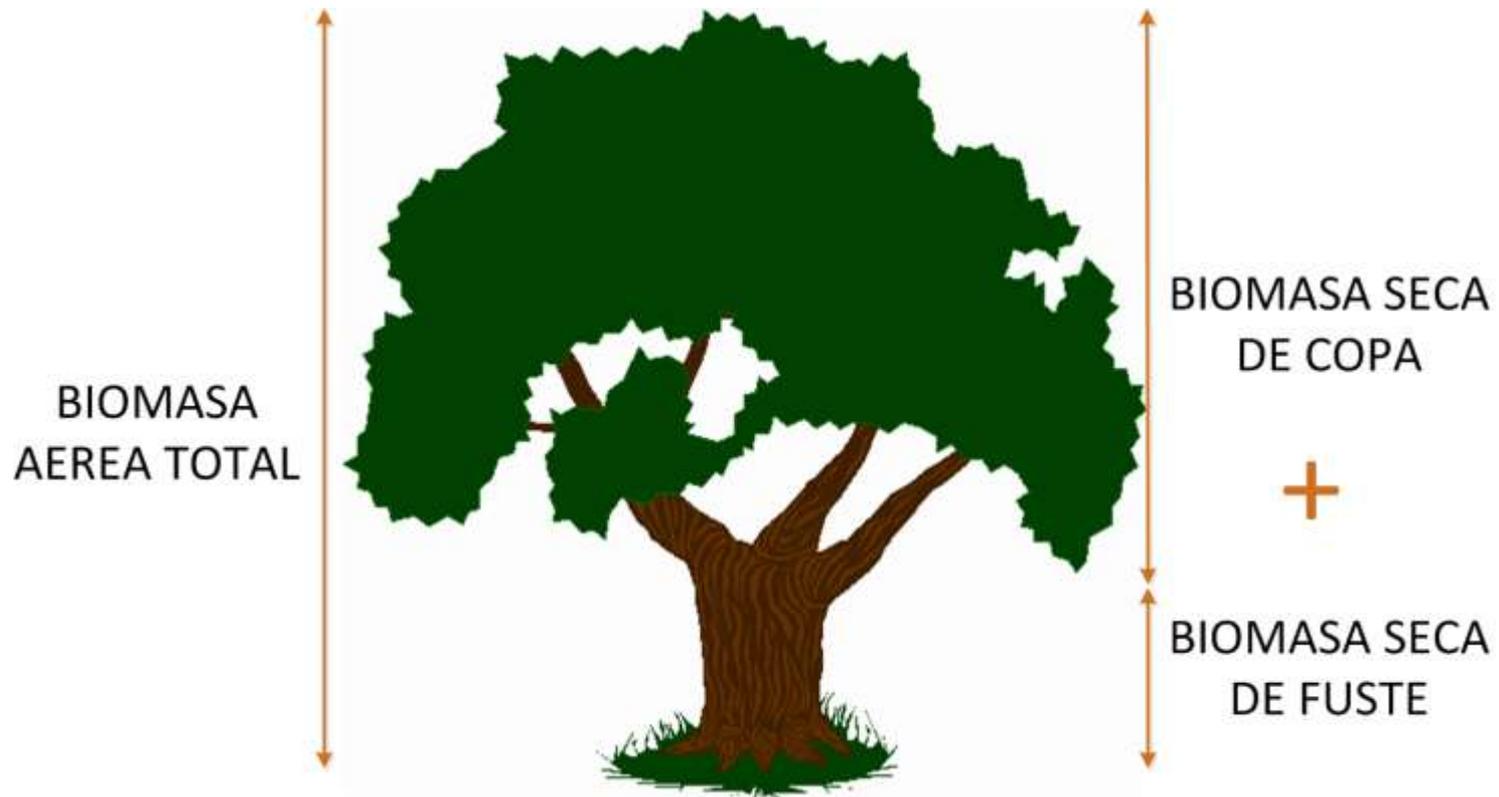
Ministerio
del Ambiente

$$BAT = BSF + BSC$$

En donde:

BSF: biomasa seca del fuste

BSC= biomasa seca de la copa





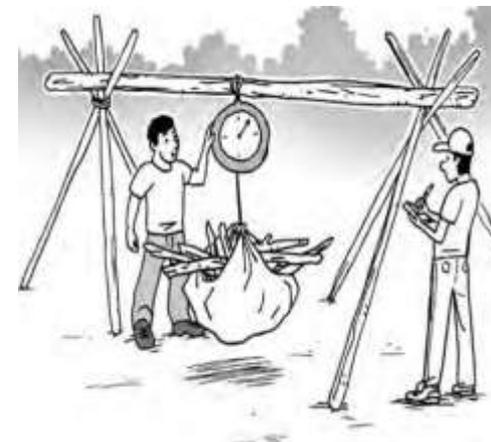
Paso 7. Medición destructiva de los individuos

SELECCIÓN DE ARBOLES

Medir dimensiones básicas: DAP (cm), alturas (m)

Cortar y pesar por componentes: fuste, tocon, ramas y follaje

Muestras para materia seca





a. Selección de árboles a ser cortados

- Procedimiento esencial para calcular el factor de corrección de los MA
- Se seleccionará dos árboles por cada grupo de especies encontradas en los 4 conglomerados (hasta 18 individuos a ser talados por estrato de bosque)
- Medidas las variables dasométricas en pie de DAP, HC, HT y diámetro promedio y ancho de copa de los árboles, se procede con la corta
- Para una mejor representatividad los árboles deben estar distribuidos en las tres clases diamétricas propuestas



b. Tala de árboles y separación de partes

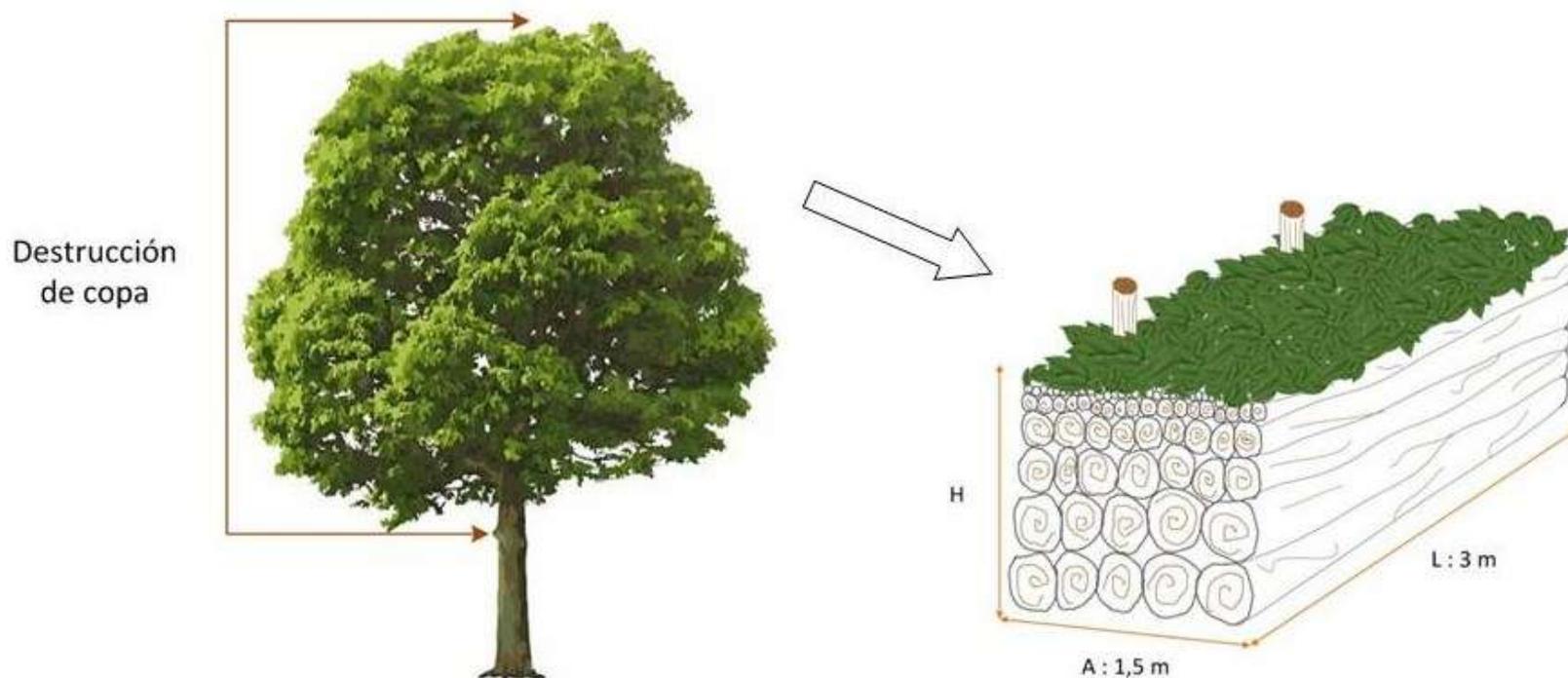
- La corta se hace a ras del suelo y se divide en partes: tronco (fuste), ramas gruesas, ramas finas y hojas (copa)
- Con base en la HC del fuste, se mide diferentes diámetros para cubicar el fuste con mayor precisión (calculo del Ff)





c. Cálculo del volumen de copa

- Se procederá de la misma manera que en la cubicación de ramas **VTC = L * A * H * Ff de apilado** (posterior a la separación y pesaje de parte de la copa)
- Se segmentará toda la copa y se apilará los segmentos en dimensiones preestablecidas de largo (1,5 m) y ancho (3 m), y por la altura (H en m)



d. Pesado de las partes



Ministerio
del Ambiente

- Se realiza el pesado de todas las partes del árbol para conocer su peso fresco
- Se extraerá de cada una de las partes (tronco, ramas gruesas, ramas finas y hojas) una submuestra para el cálculo de su densidad



d. Pesado de las partes

En la HC del fuste, se extraerán 2 ó 3 cubos (probetas) de madera como submuestras (***densidad promedio*** de la madera) - Normas INEN

- Primera probeta a 1,10 m
- Segunda probeta al límite de la altura comercial o hasta 8 m (altura del fuste \leq 8 m)
- Tercera probeta a 14 m (altura del fuste \geq 14 m)

Por facilidad de pesaje, el fuste se aserrará en trozas de 1 a 2 m

$$\mathbf{PTF \text{ (kg)} = pt1 + pt2 + \dots + ptn + pv}$$

PTF: peso total del fuste

pt: peso de troza

pv: peso de viruta generada



Ministerio
del Ambiente



d. Pesado de las partes



 Ministerio
del Ambiente

- La copa será desramada y separada en partes: ramas gruesas, ramas medias y ramas finas, ramillas y hojas
- Cada componente será pesado, siendo el **peso total de copa la suma de los pesos de cada componente**
- Para los procedimiento en laboratorio:
 - Se recogerá una rodaja como submuestra de ramas gruesas (de 7 cm de ancho) y se pesará
 - Para las ramas finas y hojas se extraerá una muestra de 1,5 y 1 kg respectivamente
 - En las hojas se incluirá aquellas ramillas ≤ 5 mm
 - Todas las submuestras se depositarán en una funda plástica cerrada herméticamente, y serán enviadas inmediatamente al laboratorio para su pesaje y secado

Paso 8. Generación de ecuaciones alométricas



 Ministerio
del Ambiente

1. MODELOS ALOMÉTRICOS POR ESPECIE

Los modelos alométricos se podrán generar para aquellas especies que sumen más de 8 árboles observados (peso estadístico)

2. MODELOS ALOMÉTRICOS POR GRUPO DE ESPECIE

Se considerarán las siguientes clases de densidades de madera y de morfología general de los individuos:

Clases de densidades (kg/m^3): $< 0,5$, de $0,51$ a $0,7$ y $> 0,71$

Clases de morfología:

- Árboles de altura comercial < 8 m
- Árboles de altura comercial > 8 m
- Bifurcación y ramificaciones gruesas hasta 5 m

Estos rangos permiten agrupar los individuos en **árboles bifurcados y pequeños, arboles medianos y árboles altos.**

Paso 8. Generación de ecuaciones alométricas



 **Ministerio
del Ambiente**

2. MODELOS ALOMÉTRICOS POR GRUPO DE ESPECIE

Cada una de estas clases de morfología será considerada como habitual para la especie, gracias a la frecuencia observada en los árboles $>$ a 20 cm de DAP

Bajo la combinación de las clases de densidades y morfologías propuestas se podrán obtener modelos alométricos hasta para 9 grupos de especies

3. MODELOS ALOMÉTRICOS POR ESTRATO DE BOSQUE

Para la generación del MA por estrato de bosque se considerarán los datos de todos los individuos medidos en los 4 conglomerados (12 parcelas)

Paso 8. Generación de ecuaciones alométricos



 Ministerio
del Ambiente

Pasos para la generación de ecuaciones

Paso 1. Selección de apoyo técnico y programa estadístico

- R, SAS, Minitab, Infostat, EViews, etc.
- Apoyo técnico y capacitación de un especialista en estadística y manejo del software

Paso 2. Definición de variables independientes

- Análisis de la correlación de Pearson (R) entre las variables dimensionales observadas: independientes (**DAP, Ht, Hc, área de copa**) y dependientes (**volumen, biomasa y carbono VBC**)
- Tabular y organizar la información en un cuadro, con una fila por individuo, detallando en las columnas las mediciones de todas las variables (Microsoft Excel)

Paso 8. Generación de ecuaciones alométricas



 Ministerio
del Ambiente

Organización de datos

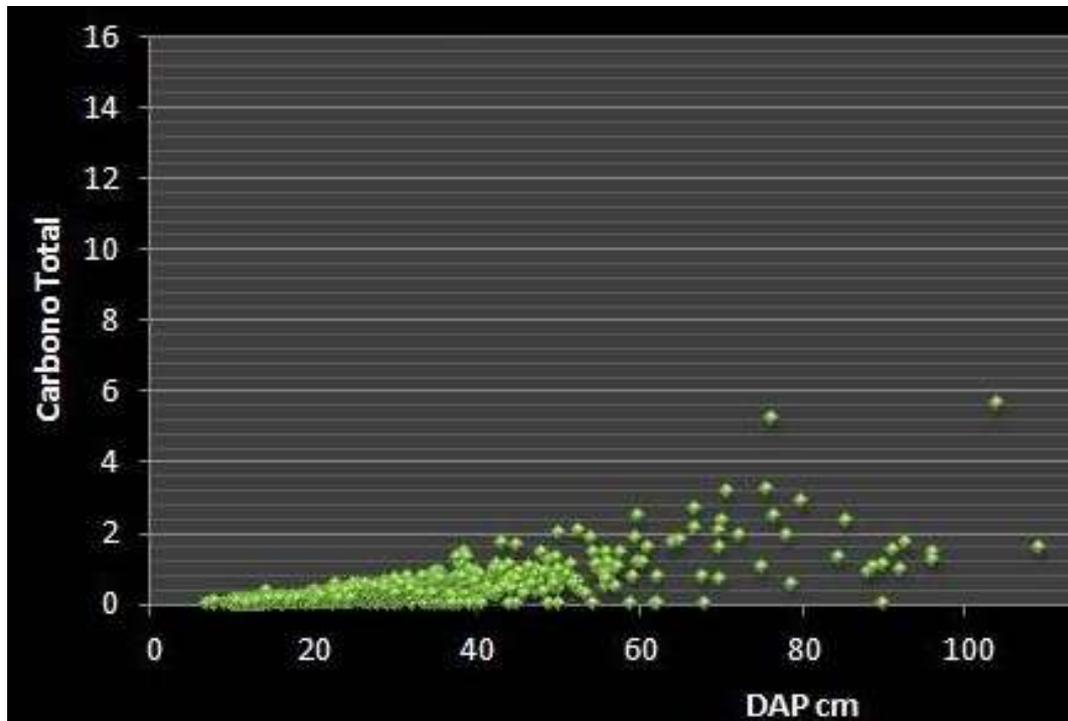
No. Arbol	DAP (cm)	Alt. Total (m)	Alt/Dap	Alt. ccial (m)	Bfuste (kg/arbol)	BTotal (kg/arbol)
1	15.0	14.8	1.2	12.7	112.5	143.5
2	27.0	22.3	1.0	17.1	263.7	303.1
3	18.2	16.6	1.1		63.2	90.8
4	26.7	21.2	1.0	11.1	269.9	301.9
5	19.5	13.9	0.9	10.1	93.2	126.3
6	22.8	18.3	1.0	16.4	179.9	218.7
7	15.7	15.7	1.2	12.5	56.9	94.1
8	15.6	16.2	1.3	12.7	68.9	105.7
9	10.3	11.8	1.4	10.2	22.4	52.0
10	14.8	15.3	1.3	11.5	39.2	76.0
11	9.7	8.6	1.1	7.6	10.5	34.7
12	7.9	8.7	1.4	6.9	9.0	31.4
13	45.8	31.9	0.9	23.2	1217.3	1208.9
14	60.6	34.9	0.7	27.6	1852.5	1811.3
15	62.3	34.3	0.7	25.1	1384.8	1382.5
16	47.9	35.0	0.9	26.2	1112.1	1121.8

Paso 3. Graficar datos



Ministerio
del Ambiente

Se grafica el VBC contra cada variable independiente (diagramas de dispersión) para ver las tendencias de los datos



- Análisis de la correlación de Pearson(R) entre las variables dimensionales
- Las variables independientes se seleccionan con base en los mas altos coeficientes de correlación con VBC
- Los valores de 1 y -1 indican una perfecta correlación lineal o una perfecta relación funcional

Paso 4. Probar modelos de regresión



Ecuaciones alométricas genéricas más empleadas para la estimación de volumen, biomasa o carbono (VBC)

Nombre	Ecuación
<u>Berkhout</u>	$VBC = a + b * \text{dap}$
<u>Kopezky</u>	$VBC = a + b * \text{dap}^2$
<u>Hohenadl - Krenn</u>	$VBC = a + b * \text{dap} + c * \text{dap}^2$
<u>Husch</u>	$\ln VBC = a + b * \ln \text{dap}$
<u>Spurr</u>	$VBC = a + b * \text{dap}^2 * h$
<u>Stoate</u>	$VBC = a + b * \text{dap}^2 + c * \text{dap}^2 * h + d * h$
<u>Meyer</u>	$VBC = a + b * \text{dap}^2 + c * \text{dap} * h + d * \text{dap}^2 * h$
<u>Schumacher-Hall</u>	$\ln VBC = a + b * \ln \text{dap} + c * \ln h$

Fuente: Loetsch et ál. (1973), citado por Segura y Andrade (2008).

Notas: VBC = volumen (m³ árbol-1), biomasa (kg árbol-1) o carbono (kg árbol-1); dap = diámetro a la altura de pecho (o a otra altura de referencia; cm); h = altura total o comercial (m); a, b, c, d = parámetros del modelo; ln = logaritmo base e.



Paso 5. Selección de los modelos alométricos

- Lógica biológica del modelo
- Coeficiente de determinación (R^2)
- Coeficiente de determinación ajustado (R^2 - aj)
- Coeficiente de variación (CV%)
- Prueba F (análisis de varianza) para el modelo



ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO

Para cada estrato se recomienda conformar los equipos de campo con los siguientes integrantes:

- 4 estudiantes/tesis para el desarrollo de la investigación,
- 1 técnico/a con experticia en identificación de especies arbóreas y,
- 1 guía local con conocimiento de las especies



EQUIPOS Y MATERIALES REQUERIDOS




**Ministerio
del Ambiente**

Instrumentos/material	Cantidad	Adquisición
GPS (geoposicionador)	1	Préstamo UT-ENF
Cargador GPS	1	Préstamo UT-ENF
Brújula (360°)	1	Préstamo UT-ENF
Cinta métrica (50 m)	1	Préstamo UT-ENF
Cinta métrica (20 m)	2	Préstamo UT-ENF
Cinta diamétrica (10 m)	1	Préstamo UT-ENF
Hipsómetro Suunto (15-20 m y escalas en %)	1	Préstamo UT-ENF
Hipsómetro vertex laser	1	Préstamo UT-ENF
Relascopeo laser	1	Préstamo UT-ENF
Binoculares	1	Préstamo UT-ENF
Cámara fotográfica digital (mayor a 8 megapíxeles).	1	Estudiantes
Baterías para cámara fotográfica y GPS	16/conglomerado	Estudiantes
Machete	2	Líder/guía
Calculadora de mano	1	Líder
Mapas con la ubicación de	1	UT-ENF



EQUIPOS Y MATERIALES REQUERIDOS

erío
biente

Instrumentos/material	Cantidad	Adquisición
Conglomerados y parcelas (puntos de inicio de parcela)		
Formularios		UT-ENF
Tablero para portar formularios	1	UT-ENF
Anillado con papel resistente para a humedad	1	UT-ENF
Equipo para trepar en los árboles (arnés)	1	UT-ENF
Barreno de incremento y accesorios	2	UT-ENF
Cinta vinílica fluorescente	Las necesarias	UT-ENF
Prensa para recolectar muestras botánicas	2	Estudiantes
Tijera de podar	2	Estudiantes
Sierra aérea	1	UT-ENF
Podadora aérea	1	Estudiantes
Guía dendrología	1	UT-ENF
Mochilas para los instrumentos de medición y formularios	1	UT-ENF
Linterna	2	Estudiantes
Equipo de camping	El necesario	Estudiantes
Teléfono celular	al menos 1	Estudiantes
Lápices y lapiceros	3	Estudiantes
Balanza portátil (precisión en kg)	1	Estudiantes
Balanza portátil (precisión gramos)	1	UT-ENF
Botiquín de primeros auxilios	1	UT-ENF

BIBLIOGRAFÍA



 Ministerio
del Ambiente

- Caillez, F. 1980. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con referencia especial a los trópicos. Roma, IT, FAO. v. 1, 33 p.
- Etchevers, J., J. Vargas, M. Acosta, y A. Velázquez. 2002. Estimación de la Biomasa Aérea Mediante el Uso de Relaciones Alométricas en Seis Especies Arbóreas en Oaxaca, México. Agrociencia Vol. 36 N° 006. pp. 725 – 736
- Husch, B; Miller, CI; Beers, TW. 1982. Forest mensuration. New York, US, John Willey and Sons. 402 p.
- Loetsch, F; Zohrer, F; Haller, KE. 1973. Forest inventory. Munich, DE, BLV Verlagsgesellschaft. 469 p.



BIBLIOGRAFÍA

- Montero, G., R. Ruiz-Peinado y M. Muñoz. 2005. Producción de Biomasa y Fijación de CO² por los Bosques Españoles. Monografías INIA; Serie Forestal N° 13-2005. Madrid.
- Overman J., Witte H., J. Saldarviaga. 1994. Evaluation of regression models for above-ground biomass determination in Amazon rainforest. *Journal of Tropical Ecology* pp. 218 – 297.
- Parresol BR. 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science* 45(4): 573–593.
- Ponce-Hernández R. 2004. Assessing carbon stocks and modelling win-win scenarios of carbon sequestration through land-use changes. FAO. Roma, IT. 166 p.



BIBLIOGRAFÍA

- Rüginitz, M. T.; Chacón, M. L.; Porro R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales -- 1. ed. -- Lima, Perú.: Centro Mundial Agroflorestral (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.
- Segura, M. y H. Andrade. 2008. ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono en especies leñosas perennes?. Agroforesteria de las Américas N° 46. pp 89 – 96.
- Steel, RGD; Torrie, JH. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. México, McGraw-Hill. 613 p.
- Walpole, R; Myers, R. 1992. Probabilidad y estadística. 4 ed. México, McGraw-Hill. 797 p.



Ministerio
del Ambiente

PÁGINAS WEB

http://www.uach.cl/procarbono/paneles/muestreo_destrutivo_aereo.jpg

GRACIAS!!



Ministerio
del Ambiente



2012

AÑO INTERNACIONAL DE LA
ENERGÍA SOSTENIBLE
PARA TODOS

kelvin.cueva@fao.org
daniel.segura@fao.org