

dendröflexómetro

el todo en uno de bolsillo
para medir el bosque



Manual de usuario

DOCUMENTO:

Manual de usuario del dendröflexómetro

FECHA:

21/06/2022



föra
forest technologies



Contenido

1. ¿Qué es el dendróflexómetro?	4
2. ¿Cómo medir alturas?	7
2.1. Escala Christen	7
2.2. Escala de Daalder	9
2.3. Escala 1/10 y 1/20	11
3. Medir el grosor	12
3.1. Circunferencia normal	13
3.2. Diámetro con la vara de Biltmore	14
3.3. Medición de árboles apeados	15
4. ¿Cómo medir variables dasométricas?	15
4.1. Área basimétrica	15
4.2. Distribución diamétrica por muestreo angular	18
4.3. Densidad (pies/ha)	19

Este instrumento ha sido desarrollado por REQUE y FERNÁNDEZ-MANSO (2003). La explotación comercial del dendróflexómetro está protegida por patente de la Universidad de Valladolid (número P-200100767).

1. ¿Qué es el dendróflexómetro?

El **dendróflexómetro** es un instrumento utilizado para medir las principales variables dimensionales de un árbol y de una masa forestal. Está compuesto por una carcasa plástica en la que se recoge una cinta metálica flexible y autoenrollable de 3 metros con diferentes escalas en el haz y envés de la cinta original. Combina, en un único instrumento de pequeño tamaño y económico, distintas técnicas clásicas de medición forestal (muestreo angular, vara de Biltmore, regla de Christen).

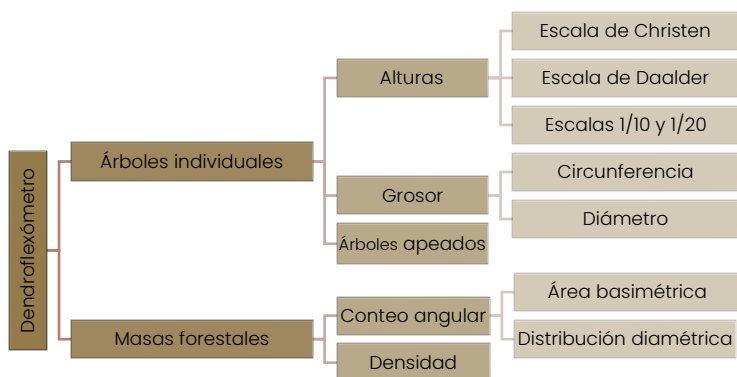
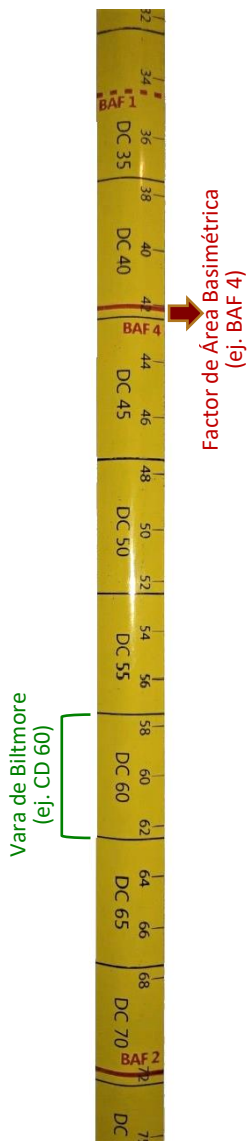


Ilustración 1. Variables que es posible medir con el dendróflexómetro

A continuación, se comparan los aparatos más utilizados en inventariación forestal, basándose, por una parte, en la variable a medir, y por otra, en los factores precio, precisión, compacidad y robustez, y rapidez de medición. Cada prestación se valora de 1 a 10.

Variable	Aparato	Precio	Precisión	Compacidad	Rapidez
Diámetro	Criterion RD1000	6	8	5	6
	Forcípula Tradicional	8	10	8	7
	Forcípula electrónica	5	10	8	9
	Dendróflexómetro	10	9	10	8
Altura	Blume Leiss	8	4	5	5
	Suunto	8	4	8	3
	Vertex III	6	8	8	7
	Dendróflexómetro	10	4	8	5
Área basimétrica	Criterion RD1000	6	7	5	8
	Relascopio	6	7	7	8
	Kramer	9	6	10	8
	Dendróflexómetro	10	6	10	8



Haz del dendróflexómetro:

Se sitúan las escalas graduadas para la medición del diámetro y el área basimétrica:

- **Escala Stick de Biltmore:** permite medir el diámetro del tronco a la altura normal o a cualquier otra. Devuelve dos datos, el diámetro del árbol (medido a 1,30 m) y la clase diamétrica a la que pertenece (5 cm de ancho de clase).
- **Escala conteo angular:** permite aplicar el principio estadístico de conteo angular de Bitterlich para determinación del área basimétrica. La escala ha sido graduada para constantes 1, 2 y 4 teniendo en cuenta el exterior de la chapa tope del flexómetro y el interior.

Escala Daalder con punto de referencia a 10m



Escala 1/10
y 1/20

Escala Christen con pértiga de 2 metros

Envés del dendróflexómetro

En el envés de la cinta aparecen las escalas graduadas necesarias para la medición de la altura de los árboles con distintas técnicas:

- **Escala Christen:** situada a la derecha. Permite medir las alturas de los árboles utilizando una mira o marca de referencia de **dos** metros. Útil para pies menores de 12 m.
- **Escala Daalder:** situada a la izquierda. Permite medir las alturas de los árboles según Christen utilizando una marca (pértiga ficticia) de referencia de **diez** metros
- **Escalas 1/10 y 1/20:** situadas en la parte inferior. Permite localizar sobre el árbol una señal equivalente a 1/10 (o 1/20) de su altura; así, multiplicando la altura señalada por 10 (o 20, respectivamente) se determina la altura del árbol.
- **Escala original del flexómetro:** situada posteriormente al resto de escalas. Graduada en centímetros y milímetros, y que permite medir directamente el perímetro del tronco de árbol o cualquier otra medición de longitud (ej., determinar la altura normal, medición de trozas, etc...).

2. ¿Cómo medir alturas?

Se proponen tres métodos para medir alturas basados en principios geométricos, los cuales tienen las siguientes ventajas: permiten medir la altura del árbol desde una distancia cualquiera, son fáciles de utilizar, independientes de la pendiente del terreno y tienen una precisión suficiente para muchas aplicaciones.

2.1. Escala Christen

Consta de una regla graduada de 33 cm de longitud. La utilización de una referencia de 2 metros hace que la escala diseñada pierda precisión para árboles mayores de 12 m. Para árboles que superen esa altura se recomienda utilizar la escala o regla hipsométrica de Daalder.

procedimiento

Medir sobre el tronco del árbol, con la cinta métrica del dendróflexómetro, una altura de 2 metros de longitud y señalar su posición. Una vez obtenida la altura de 2 metros, el operador debe alejarse hasta una distancia similar a la altura del árbol, donde sea cómodamente visible su base y cima. Se sitúa la escala Christen paralela al eje del árbol y delante del ojo, alejándola o acercándola a éste hasta que se visualice la altura total del árbol dentro de los límites de la regla. Una vez logrado, **se lanza una visual a la altura de 2 metros** señalada anteriormente y se lee en la escala Christen el valor en que dicha visual lo corta, y que será la altura del árbol en metros.

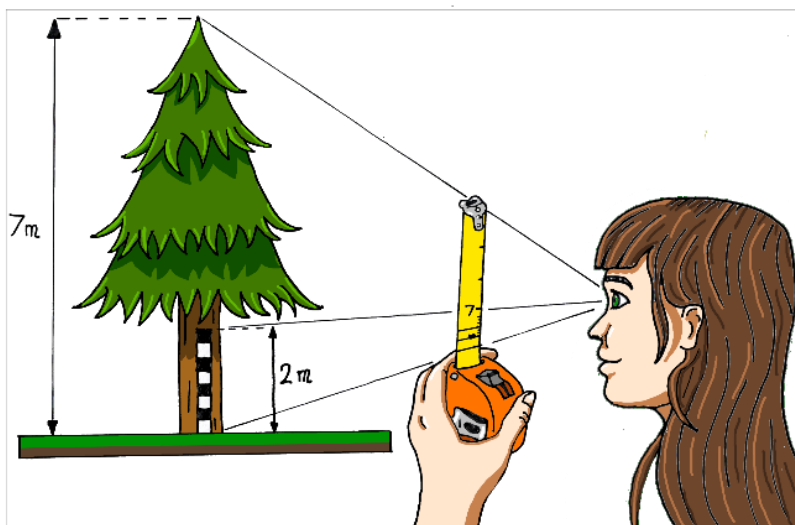


Ilustración 2. Medición de altura con la escala de Christen. Árbol de 7 m de alto

Algunas de las ventajas de este método son:

- No es necesario tener en cuenta la distancia entre árbol y operador.
- No es necesario tener en cuenta la inclinación del terreno.
- La altura del árbol se obtiene con una sola lectura.

2.2. Escala de Daalder

Regla hipsométrica basada en el principio de la regla de Christen y que evita el inconveniente de la falta de precisión cuando se miden árboles de gran altura, como consecuencia de la cercanía de las marcas de la escala. Se recomienda su uso para árboles de más de 12 m de altura.

Se puede considerar como dos reglas de Christen complementarias y consecutivas, una para jalón de 2 m y otra para jalón de 10 m.

procedimiento Medir sobre el tronco del árbol, con la cinta métrica del dendróflexómetro, una altura de 2 metros de longitud y señalar su posición. Una vez obtenida la altura a 2 metros, el operador debe alejarse hasta una distancia similar a la altura del árbol, donde sea cómodamente visible su base y cima. El procedimiento se realiza en dos pasos:

El primer paso es localizar sobre el árbol un punto a 10 m de altura que nos servirá de referencia para el paso posterior. **Para ello, utilizando la escala de Christen**, se aleja o acerca el dendróflexómetro al ojo hasta que el inicio de la regla de Christen coincida con la base del árbol y además la marca de 2m con la marca de 10 m de la regla. El punto buscado se situará en el extremo superior de la regla. Se memoriza la ubicación de ese punto sobre el árbol.

En la segunda fase se utiliza la escala de Daalder, con el jalón ficticio de 10 m localizado en el paso anterior. Ajustamos el ápice y base del árbol con las visuales extremas de la escala de Daalder (situada a la izquierda), y **la visual al punto a 10 m de altura nos dará la altura total del árbol.**

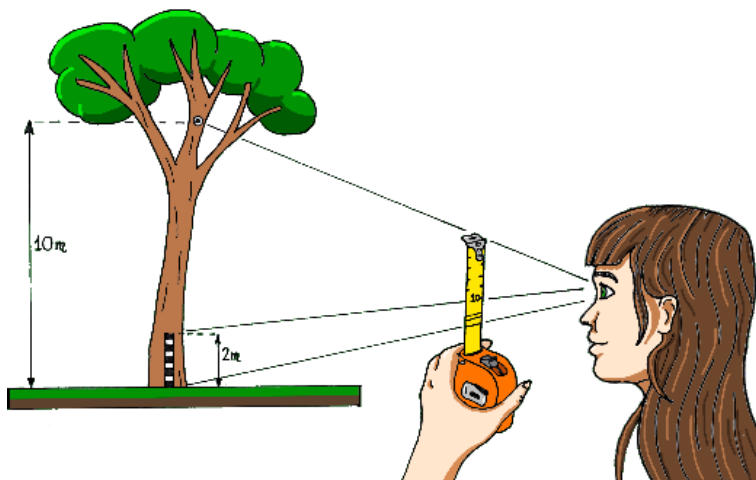


Ilustración 3. Localización de un punto a 10 m

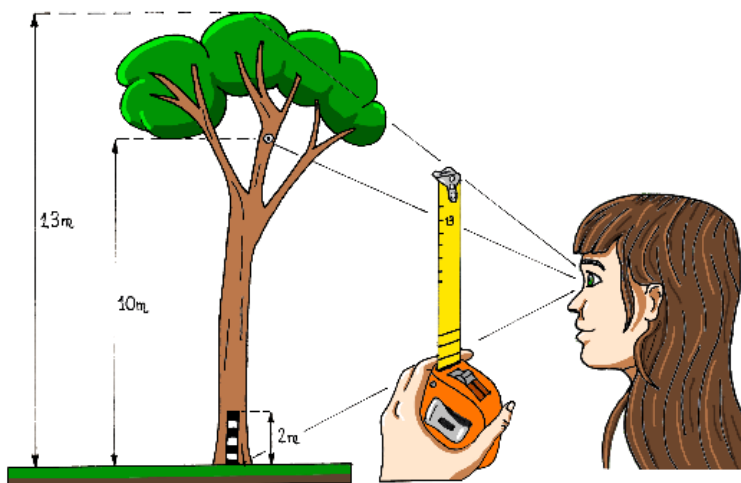


Ilustración 4. Medición de la altura total del árbol con la escala Daalder

2.3. Escala 1/10 y 1/20

Este método es muy sencillo y no está limitado por la altura del árbol. La precisión de esta regla, en especial para árboles altos, es mayor que la de Christen, debido a que no existe una escala de lectura sobre el instrumento. También se conoce como método de la regla hipsométrica Workampff-Lau.

procedimiento

Colocarse a una distancia desde la cual pueda observarse cómodamente la base y el ápice del árbol. Se sitúa el dendróflexómetro ajustando las visuales dentro de los límites de la regla. Una vez encuadrado el árbol **se replantea sobre el tronco una señal a la altura de 1/10** (o de 1/20) lanzando una visual sobre el árbol (en este paso resulta muy útil el apoyo de un segundo operario).

Se mide sobre el tronco la altura de la marca señalada con cualquier herramienta (cinta métrica, pértiga...). Esta altura será exactamente un décimo (o vigésimo) de la altura total del árbol, que se calcula multiplicando por 10 (o por 20 según la escala utilizada) el valor obtenido.

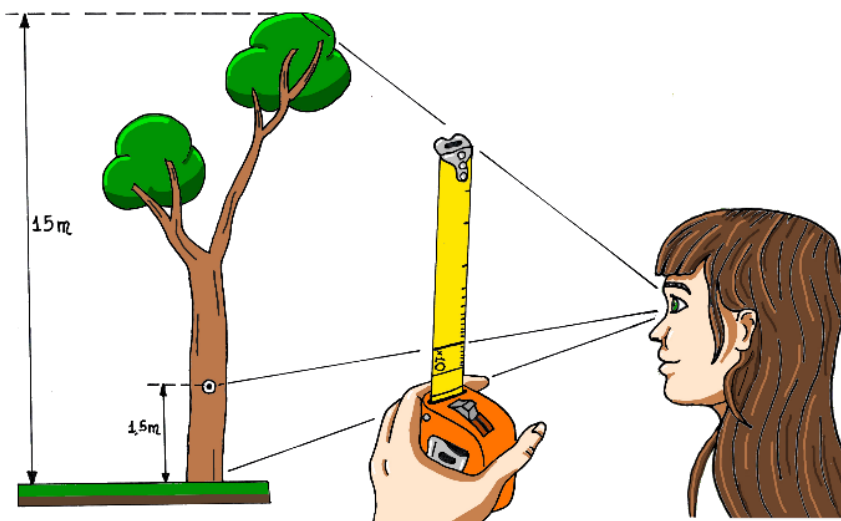


Ilustración 5. Medición de altura de árbol con la escala 1/10 del dendróflexómetro

3. Medir el grosor

3.1. Circunferencia normal

Algunas de las principales ventajas del dendroflexómetro están relacionadas con su funcionalidad como cinta métrica. Esta funcionalidad sirve para medir magnitudes como la circunferencia o diámetro normal pero también para replantar parcelas, medir distancias, medir trozas, etc.

procedimiento

Se rodea todo el tronco con la cinta métrica a la altura de 1,30 m, comprobando que la cinta se mantiene perpendicular al eje del árbol. El dato obtenido es la medida de la circunferencia normal.

A partir de ese dato es posible calcular otros como el radio, el diámetro y la sección (área).

$$c_n = 2\pi r_n = \pi d_n$$

$$d_n = \frac{c_n}{\pi}$$

$$g = \pi r_n^2 = \pi \left(\frac{d_n}{2}\right)^2 = \frac{\pi}{4} d_n^2$$

$$g = \frac{\pi}{4} \left(\frac{c_n}{\pi}\right)^2 = \frac{c_n^2}{4\pi}$$

c_n = circunferencia o perímetro normal (medido a 1,30 m de altura)

d_n = diámetro normal

r_n = radio normal

g = sección normal del árbol



Ilustración 6. Medición de la circunferencia con dendroflexómetro

3.2. Diámetro con la vara de Biltmore

La vara o palo de Biltmore permite medir diámetros (generalmente a 1,30 m) y clasificarlos dentro de un intervalo o clase diamétrica.

procedimiento

Sobreponer sobre el diámetro normal del árbol (a la altura de 1,30 m) la vara de Biltmore y situarse a una distancia de 65 cm (aproximadamente la longitud del brazo), que es la distancia para la que fue calibrada la escala del dendroflexómetro. Se ajusta la escala para que, a la izquierda, el origen se encuentre alineado con el lado izquierdo del árbol y **sin mover la cabeza**, se desplaza la línea de visión para el lado derecho del tronco. Con la lectura de la escala o vara en el punto en que la línea de visión lo atraviesa se obtienen dos datos: el diámetro normal del árbol y la clase diamétrica.

La vara está graduada para devolver clases diamétricas de 5 cm, desde la CD10 (7,5 – 12,5 cm) a la CD 120.



Ilustración 7. Medición del diámetro del árbol con dendroflexómetro

3.3. Medición de árboles apeados

Las utilidades como cinta métrica del dendroflexómetro nos permiten realizar muchas mediciones sobre el árbol apeado y troceado: diámetros y secciones a distintas alturas, longitudes, cubicación de trozas, etc.

En las metodologías clásicas de estudio de árboles tipo y análisis de tronco se puede utilizar el dendroflexómetro como instrumento de medición.

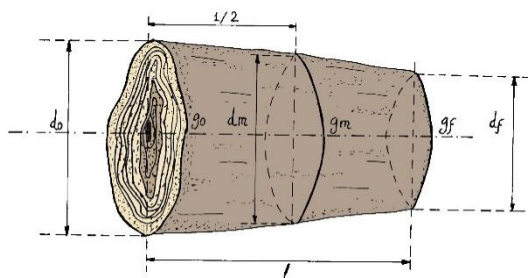


Ilustración 8. Medidas que se pueden realizar sobre el árbol apeado

CUBICACIÓN DE ÁRBOLES APEADOS

Fórmula de HUBER: una medición de diámetro

$$v = \frac{\pi}{4} * d_m^2 * l = v = g_m * l$$

Fórmula de SMALIAN: dos mediciones de diámetro

$$v = \frac{\frac{\pi}{4}d_o^2 + \frac{\pi}{4}d_f^2}{2} * l \quad v = \frac{g_o + g_f}{2} * l$$

Fórmula de NEWTON: tres mediciones de diámetro

$$v = \frac{l}{6} (g_o + g_f + 4g_m)$$

v = volumen del tronco

d_m = diámetro a la mitad de la longitud

d_o = diámetro de la sección en la base

d_f = diámetro de la sección superior

l = longitud del tronco

g_m = sección media del tronco

g_o = sección en la base

g_f = sección superior

4. ¿Cómo medir variables dasométricas?

4.1. Área basimétrica

Medir el área basimétrica con un dendróflexómetro es fácil y rápido. Se realiza aplicando el principio estadístico de conteo angular de Bitterlich, a partir del cual se puede estimar el área basimétrica de una masa forestal (G , en m^2/ha). La escala ha sido graduada para factores del área basimétrica (BAF) 1, 2 y 4.

procedimiento

Se comienza eligiendo una constante angular adecuada a la espesura de la masa, de forma que el número de árboles contados esté comprendido entre 7 y 15.

Se utilizará el exterior o el interior de la chapa tope según la distancia al ocular que se vaya a utilizar. Para los BAF con mayor distancia al ocular, que se corresponden con los impresos con líneas continuas en el dendróflexómetro, se utilizará el exterior de la chapa. Para los BAF con menor distancia al ocular, los de línea discontinua, se utilizará el interior de la chapa.

Se dirige una visual a la altura del diámetro normal y, dando una vuelta sobre nosotros mismos, se cuentan los pies siguiendo el siguiente criterio:

- Si el diámetro normal es mayor que la amplitud de referencia se cuenta uno.

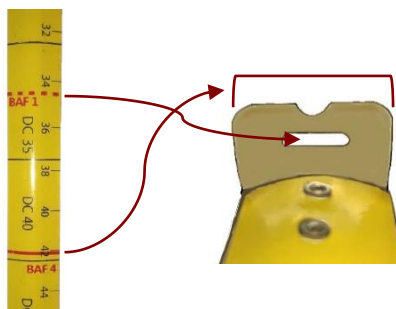
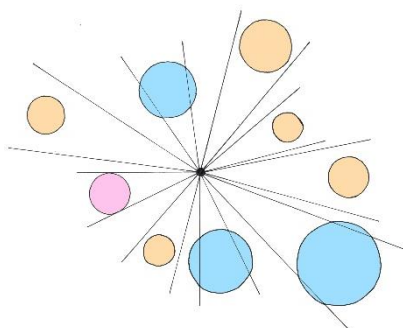
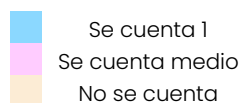


Ilustración 9. Ancho de banda a utilizar según la distancia al ocular elegida



- b. Si el diámetro normal es igual que la amplitud de referencia se cuenta medio.
- c. Si el diámetro normal es menor que la amplitud de referencia, no se cuenta.

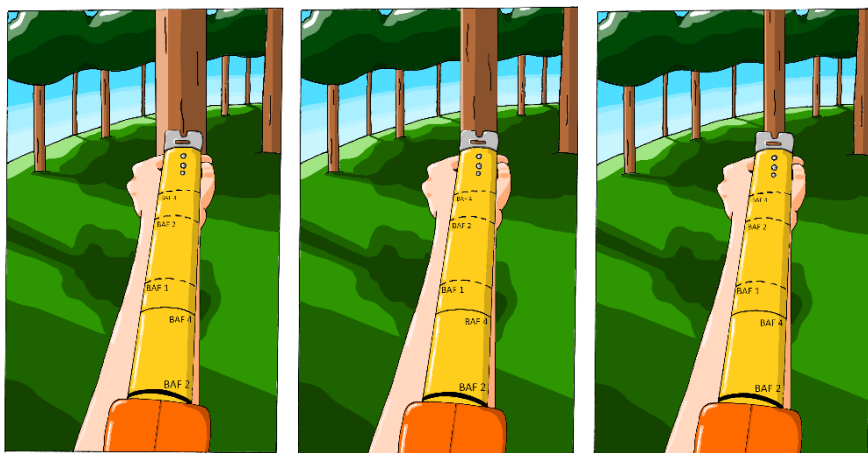


Ilustración 10. Izq: Árbol contado (suma 1). Centro: Medio árbol contado (suma 1/2). Dcha: Árbol no contado (suma 0).

Siempre que **el terreno sea llano**, el valor del área basimétrica (G) será el producto del número de árboles contados por la constante utilizada (BAF). Por ejemplo, si se han contabilizado 9 pies con un BAF=2, entonces la G es de 18 m²/ha.

En el caso de **terrenos en pendiente** es necesario corregir el BAF. Para corregirlo, el área basimétrica obtenida se multiplica por la secante de la pendiente del terreno (sec α ; 1/ cos α)

En el caso del ejemplo anterior, si la pendiente del terreno es de un 40% (21,8 °), tenemos que multiplicar el valor por 1,077. El resultado del área basimétrica en esa masa en pendiente será de 19,39 m²/ha.

$$G \left(\frac{m^2}{ha} \right) = N * BAF$$

$$BAF = 2500 \left(\frac{a}{b} \right)^2$$

G= área basimétrica
 N: número de pies contados
 BAF= factor de área basimétrica
 a= ancho de banda
 b= distancia al ocular

CORRECCIÓN A APLICAR EN TERRENOS EN PENDIENTE

Pendiente		Corrección
%	°	sec (°)
10	5,71	1,005
15	8,53	1,011
20	11,31	1,020
25	14,04	1,031
30	16,70	1,044
35	19,29	1,059
40	21,80	1,077
50	26,57	1,118
60	30,96	1,166
70	34,99	1,221
80	38,66	1,281
90	41,99	1,345
100	45,00	1,414

4.2. Distribución diamétrica por muestreo angular

Para obtener la tabla de distribución diamétrica de la masa o rodal estudiado (número de árboles por clase diamétrica) es necesario medir el diámetro de todos los árboles incluidos en el conteo angular.

Generalmente se utilizan clases diamétricas de 5 cm.

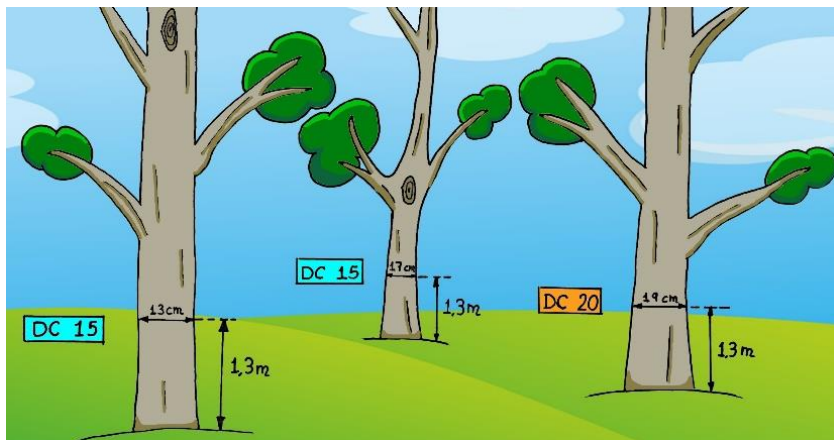


Ilustración 11. Medición de diámetros para obtener la distribución diamétrica

$$N = BAF \sum_{i=1}^m \frac{n_i}{g_i(m^2)}$$

N: número de árboles por hectárea.

BAF: factor de área basimétrica empleado.

n_i : número de pies de la clase diamétrica i contabilizados en el muestreo por conteo angular.

g_i : área basimétrica del árbol con diámetro marca de clase

4.3.Densidad (pies/ha)

Es posible calcular la densidad de la masa mediante un muestreo en el que el área de la parcela es variable y el número de árboles es fijo.

procedimiento

Se determinan cuáles son los 6 árboles más cercanos al centro de la parcela. Se mide la distancia desde el centro de la parcela al centro del sexto árbol, siendo esta la longitud del radio de la parcela (r_6).

La estimación de la densidad se basa en que una parcela de superficie igual a πr_6^2 (m^2), contiene los 5 árboles y la mitad del sexto árbol más cercanos al centro de la parcela. Posteriormente, expandiendo las existencias de la parcela a la hectárea se obtiene la densidad por ha.

$$\frac{N}{ha} = \frac{10000}{\pi r_6^2} * 5,5$$

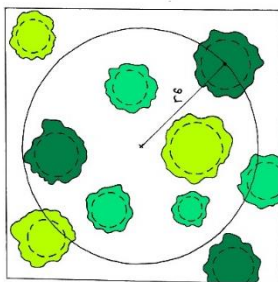


Ilustración 12. Distancia desde el centro de la parcela al sexto árbol

DENSIDAD SEGÚN LA DISTANCIA AL 6° ÁRBOL

Distancia al 6° árbol (m)	Densidad (pies/ha)
2,0	4376,8
2,5	2801,1
3,0	1945,2
3,5	1429,1
4,0	1094,2
4,5	864,5
5,0	700,3
6,0	486,3
7,0	357,3
8,0	273,5
10,0	175,07
12,5	112,0
15,0	77,8
17,5	57,2
20,0	43,8

De forma similar es posible obtener una estimación puntual del área basal. Para ello es necesario conocer los diámetros de los 6 árboles más próximos al centro de la parcela. El cálculo se basa en que una parcela de superficie conocida contiene un área basal que es posible calcular. Posteriormente, se expande el dato a la hectárea:

$$Gha_i = \frac{10000}{\pi r_6^2} \left(\sum_{j=1}^5 g_j + g_6/2 \right) = \frac{2500}{r_6^2} \left(\sum_{j=1}^5 d_j^2 + d_6^2/2 \right)$$