

CAPÍTULO 2: MEDICIÓN DE ALTURAS

Por: ENRIQUE WABO

1 ALTURAS

1.1 Introducción

Definimos la altura de un árbol como la distancia lineal a lo largo de su eje principal, desde el nivel del suelo y hasta un límite superior.

Según sea el límite superior que se considere será la altura que se mida; las más importantes son las siguientes:

Altura total: el límite superior es el punto más alto de la copa del árbol.

Altura del fuste: el límite superior es el punto donde finaliza el fuste.

Altura comercial: el límite superior es el extremo de la última porción comercialmente útil de todo el árbol.

Altura del tocón: el límite superior es el límite superior del tocón.

También existen distancias de interés, que no son alturas porque su punto cero no es el nivel del suelo, que denominamos longitudes; las más importantes son las siguientes:

Longitud de la copa: distancia a lo largo del eje del árbol, entre el punto de inicio y el límite superior de la copa.

Longitud comercial: distancia acumulada a lo largo del eje principal y ramas del árbol, entre el límite superior del tocón y la última porción utilizable del árbol.

Longitud defectuosa: suma de las longitudes comerciales que no pueden ser aprovechadas por defectuosas.

Longitud comercial útil: diferencia entre la longitud comercial y la longitud defectuosa

Los métodos de medición de alturas a campo pueden organizarse de la siguiente manera:

A. SIN INSTRUMENTOS (A SIMPLE VISTA)

B. CON INSTRUMENTOS

B₁ Mediciones directas

B₂ Mediciones indirectas

B₂₁ Basadas en principios geométricos

B₂₂ Basadas en principios trigonométricos

Veremos más en detalle las mediciones indirectas, aunque haremos una breve mención a los restantes. El método *a simple vista* es el más rápido y económico, requiere de un observador con experiencia y aun así está sujeta a errores más o menos importantes; lo aplicamos cada vez que observamos un árbol y pretendemos "tener una idea" de su altura.

A las mediciones directas las podemos clasificar en: a) aquellas hechas desde el suelo y b) aquellas hechas desde el mismo árbol. Las primeras recurren a

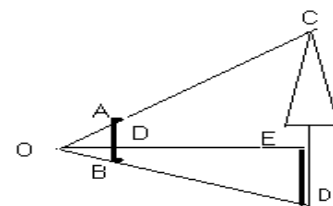
pértigas o cintas métricas. La pértiga está conformada por una serie de cilindros telescópicos que poseen escrita la distancia desde su extremo superior; estos cilindros se van izando y fijando hasta que el extremo superior llega a la altura que deseamos conocer; es un instrumento práctico porque evita subir al árbol, aunque no permite la medición de grandes alturas (máximo 14 m aproximadamente). En plántulas, árboles de vivero y árboles muy jóvenes puede usarse la cinta métrica desde el suelo.

Las segundas se usan cuando el árbol es demasiado alto como para medirse su altura desde el suelo, por lo que un observador debe subir al árbol y hacer la medición con cinta métrica. El método es lento y se lo reserva para mediciones en parcelas de muestreo permanentes (PMP). Hay diferentes alternativas de ascenso, como aros de metal, escaleras y correas.

Debido a las limitaciones de los métodos directos, son los indirectos los más usados. Permiten el empleo de cualquier instrumento que permiten medir una distancia vertical, como los usados en topografía y agrimensura.

Sin embargo, las condiciones del trabajo forestal han llevado al desarrollo de instrumentos pequeños y de fácil transporte, a diferencia de aquellos, que reciben el nombre genérico de HIPSOMETROS. Se basan en la formación de triángulos, y es sobre uno de los lados del triángulo donde se ubica la altura a determinar.

Si el método recurre a la formación de triángulos semejantes hablamos de Métodos Geométricos; si recurre a la formación de triángulos rectángulos hablamos de Métodos Trigonométricos. Veremos cada uno de estos mecanismos en forma separada.



1.2 Métodos geométricos

Se basan en la formación de 2 triángulos semejantes. Los instrumentos de medición son sencillos y fáciles y económicos de construir.

Los más utilizados son los hipsómetros de Merritt y de Christen, que veremos a continuación.

1.2.1 Hipsómetro de Merritt

Consta de una regla especialmente graduada que permite leer en forma directa la altura observada. En la Figura 1 se muestra un esquema del funcionamiento de este hipsómetro.

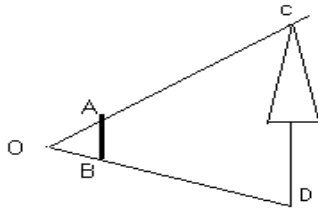


Figura 1

El observador (O) sostiene la regla (AB) paralela al eje del árbol y dirige una visual que une el punto cero de la escala de la regla (B) con la base del árbol (D). Manteniendo el instrumento fijo en esta posición dirige una segunda visual al punto de medición superior (C) y en la intersección de esta visual con la regla hace la lectura (A) sobre la regla. Los triángulos intervinientes son los triángulos OAB y OCD, los que satisfacen la siguiente relación:

$$\frac{AB}{CD} = \frac{OB}{OD}$$

Si OB y OD son valores fijos, como viene a ocurrir, AB es proporcional a la altura CD, lo que permite deducir la escala de alturas sobre la regla. Es fácil de construir, de transportar y de usar.

Para lograr buenas mediciones es necesario controlar: a) que la distancia al pie del árbol y entre ojos y regla coincidan con las usadas para definir la escala; b) la exactitud de las dos visuales, lo que requiere de buen pulso; y c) que la regla esté paralela al tronco del árbol. Una segunda aplicación es la determinación del número de rollos de igual largo, presente en un tronco en pie.

1.2.2 Hipsómetro de Christen

De origen suizo y creado en 1891, presenta la particularidad de no requerir de la medición de su distancia al árbol. Está conformado por dos componentes, que son: una REGLA graduada y una VARA recta que va apoyada sobre el tronco al momento de la medición. Sus dimensiones suelen ser de 30 cm y 3 metros respectivamente. Su funcionamiento se muestra en la Figura 2.

Figura 2

El observador sostiene la regla paralela al tronco y avanza o retrocede hasta que las visuales dirigidas hacia ambos límites de la altura a medir (C y D) pasen

exactamente por los extremos de la regla (A y B). En ese momento se hace la lectura en D, punto de la regla por donde pasa la visual dirigida al extremo superior de la vara (E). Su funcionamiento se basa en la siguiente relación:

$$\frac{DB}{AB} = \frac{ED}{CD}$$

Como AB y ED son fijos se puede construir una escala sobre el instrumento.

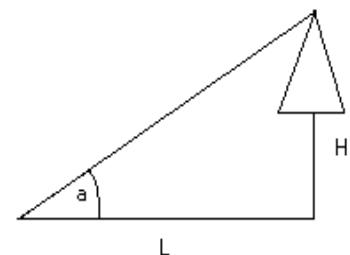
1.3 Métodos trigonométricos

Los hipsómetros basados en este principio miden el ángulo vertical formado por la horizontal que pasa por el instrumento y la visual dirigida al punto cuya altura se desea conocer.

El tercer lado del triángulo (el "cateto vertical") contiene total o parcialmente a la altura desconocida (h) que se pretende conocer. Estos componentes se indican en el siguiente esquema:

Siendo $\tan(\alpha) = H / L$, es $H = L \times \tan(\alpha)$, lo que indica que para conocer la altura h debemos conocer el ángulo vertical (α) y la distancia entre árbol y observador (L).

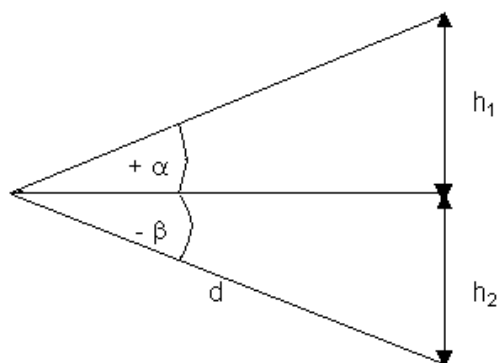
En condiciones de terreno plano, el observador debe medir dos ángulos, uno hacia arriba y otro hacia abajo, por lo que debe proyectar dos visuales: una al



extremo superior y otra al extremo inferior. Los ángulos por encima de la horizontal se toman como positivos (+) y los situados por debajo se toman como negativos (-). Si los ángulos son de signo opuesto sus tangentes se suman; en el esquema anterior resulta:

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= H_1 + H_2 = L \times \tan(\alpha) - L \times \tan(-\beta) \\ &= L \times [\tan(\alpha) - \tan(-\beta)] \\ &= L \times [\tan(\alpha) + \tan(\beta)] \end{aligned}$$

Una segunda fórmula de cálculo utiliza la distancia desde los ojos hacia la base del árbol (d):



y utiliza la siguiente fórmula general, donde α y β están expresados en grados:

$$H = \frac{d \times \text{sen} (\alpha + \beta)}{\text{sen} (90^\circ - \alpha)}$$

fórmula que es válida cuando el ángulo α es positivo y el ángulo β es negativo. Hay otros dos casos:

a) ambos ángulos son positivos:

$$H = \frac{d \times \text{sen} (\alpha - \beta)}{\text{sen} (90^\circ - \alpha)}$$

b) ambos ángulos son negativos:

$$H = \frac{d \times \text{sen} (\beta - \alpha)}{\text{sen} (90^\circ + \alpha)}$$

En este caso no se necesita la corrección por pendiente, aunque debe medirse la distancia hasta la base del árbol.

1.4 Instrumentos de medición DE ALTURA

Los más comunes en nuestro medio son el clinómetro SUUNTO y el hipsómetro Blume Leiss.

1.4.1 Clinómetro e Hipsómetro SUUNTO

Consta de una caja hermética en cuyo interior un plato gira libremente sobre un eje; una pequeña pesa le permite mantener una posición fija aunque la caja rote. En uno de los extremos de la caja hay una pequeña ventana circular con una línea horizontal o retículo, que permite ver dos escalas de unidades.

La lectura se hace en el punto donde la escala intercepta al retículo. El instrumento se coloca delante del ojo derecho (izquierdo) con la mano derecha (izquierda) y mientras con este ojo se observa la escala, con el otro se observa el punto de interés. La visión simultánea hace que ambas imágenes se superpongan. Las escalas dependen del modelo. En nuestro medio el modelo más difundido posee una escala en grados y una escala en por ciento de tangente (= $\text{tangente } \alpha \times 100$). Es pequeño, muy liviano, fácil de usar, con visual y lectura simultáneas. No brinda valores de altura en forma directa.

El hipsómetro SUUNTO es idéntico al clinómetro, sólo que en este caso el fabricante ha adaptado las escalas del instrumento para lecturas directas de altura a distancias prefijadas (15 m y 20 m).

1.4.2 Hipsómetro Blume-Leiss

Consta de una caja plana con escalas de altura para 4 distancias prefijadas¹, una mira en su parte superior y un péndulo en forma de aguja que se puede fijar y liberar a voluntad, a través de un botón de fijación y un botón de liberación. La aguja rota sobre las escalas indicando la altura.

El observador se ubica a la distancia correspondiente a la escala seleccionada y libera la aguja, dirige la visual al punto de interés, fija la aguja y se hace la lectura en la escala. Si se hacen dos lecturas, éstas se suman o restan según el caso. Algunos modelos vienen provistos con un telémetro fijo y una lámina desplegable y sujetable al árbol, que a cada lado posee marcados los números 0 y de dos distancias sobre 3 rectángulos blancos.

La lámina se cuelga del árbol dejando a la vista el número de la distancia a usar. A través del telémetro se perciben dos imágenes superpuestas, una fija y otra que "sube" o "baja" según se desplace el observador hacia adelante o hacia atrás. El observador avanza o retrocede hasta que el rectángulo del cero coincida con el rectángulo de la distancia seleccionada. El modelo con telémetro posee en la parte posterior una tabla de sen^2 para las correcciones por pendiente. Ventajas: brinda la altura en forma inmediata, fácil de usar. La visual y lectura no son simultáneas lo que posibilita que la aguja esté oscilando al momento de ser fijada y de hacer una lectura en una escala de distancia distinta a la distancia empleada.

1.4.3 Otros instrumentos

Otros instrumentos, no tan usados en la Argentina, se indican a continuación. Uno de ellos es el hipsómetro *Haga*, de funcionamiento similar al Blume-Leiss, aunque a simple vista parece muy diferente la diferencia fundamental con el Blume-Leiss es que en el Haga se ve sólo una escala por vez, a través de una ventana alargada, eliminando el error por lectura en una escala equivocada.

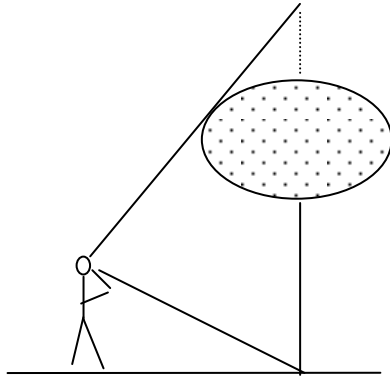
Otro instrumento es el *Nivel de Abney*, muy usado en USA; fue uno de los primeros hipsómetros utilizados. Consta de un tubo que sostiene a un arco graduado en valores angulares; sobre el arco hay un brazo móvil de libre rotación, solidario con un nivel de burbuja que se ve a través de la mira mediante un espejo. El observador dirige la visual al punto de interés y rota el brazo móvil hasta ver, a través del espejo, la burbuja centrada en un círculo pequeño; el arco marca el ángulo correspondiente a la visual.

1.5 Problemas de medición de alturas

Existen diferentes fuentes de error al momento de medir alturas, independientemente de la exactitud de las lecturas. Las tres más importantes son:

¹ El modelo más difundido en nuestro medio posee escalas para 15, 20, 30 y 40 metros.

a) Por efecto del borde de la copa; ocurre cuando la medición se hace muy cerca de un árbol que posee copa globosa. La línea pasa por el borde de la copa y exagera la altura:



b) Por hacer lecturas sobre un árbol inclinado como si estuviera vertical.

c) Por que la distancia al árbol se establece sobre un terreno con pendiente, y esa distancia inclinada no es corregidas al plano.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. Vol.1 FAO: Montes 22/1.
- 2) Forest Mensuration. 1982. Husch, B. et al. John Wiley & Sons. Third Edition.
- 3) Forestry Suppliers Inc. 1990. Catalog 40