

LA ESTIMACION VISUAL DE LOS BOSQUES

Prof. Ing. Guillermo ILLENCIK ZANI
Universidad Nacional de Colombia.

La experiencia adquirida en la práctica me ha dado el impulso de publicar un método sencillo de la estimación visual, para que se utilice en la tasación rápida de los bosques.

La ejecución de la estimación visual no exige ninguna herramienta, excepto una Libreta de Tasación y un lápiz. Lo que exige, es un entrenamiento previo durante varios días, en el cual —sí— se usa la forcípula y un altímetro. Por cuanto más diámetros y alturas fueron medidos, tanto más firme será la capacidad de uno para poder estimar las dimensiones de cualquier árbol a simple vista y con alto grado de precisión.

Es sabido, que una tasación de bosques, en la cual los árboles se han distribuido entre grados de diámetros de 1 o 2 centímetros, medidos a la altura del pecho (1,30m), no da resultados mejores que una tasación efectuada a base de una graduación de diámetros de 5 en 5 centímetros. Esta experiencia es por tanto más válida, por cuanto mayor es el número de los árboles del bosque, del rodal o de la parcela de muestra, que es objeto de la estimación.

Así como se han establecido grados de diámetros, igualmente se establecerán grados de alturas. En la tasación de bosques se miden con precisión métrica unas 20-40 alturas bien distribuidas entre los grados diamétricos, que sirven para la compensación o igualación gráfica de las alturas del rodal o bosque entero.

En la tasación visual se estima la altura de *cada árbol*, formándose grados de altura de 5 en 5 metros.

La práctica lo ha comprobado, que es suficiente tal margen de la distribución de los árboles por altura.

En la estimación visual cada árbol se coloca en su correspondiente grado de diámetro ($d_{1,9}$) y de altura (h).

Los grados de diámetro se comprenden entre los siguientes límites:

el grado de	5 centímetros	entre	2,5 y	7,5 centímetros,
" "	" 10	" "	7,5 "	12,5 "
" "	" 15	" "	12,5 "	17,5 "
	:			
	:			
	:			
" "	" 100	" "	97,5 "	102,5 "

, etc.

Los grados de altura se forman entre los siguientes límites:

el grado de	5 metros	entre los	2,5 y	7,5 metros,
" "	" 10	" "	7,5 "	12,5 "
	:			
	:			
	:			
" "	" 15	" "	12,5 "	17,5 "
" "	" 50	" "	47,5 "	52,5 "

, etc.

La distribución de todos los árboles de un bosque, de un rodal o de una parcela de muestra entre tales grados de diámetro y de alturas, no es una idea nueva, pero —lamentablemente— esta manera de estimación no se ha domesticado en la ciencia ni en la práctica forestal.

Es el comercio y la economía maderera donde ha encontrado uso corriente.

En este ambiente, la estimación visual se ha refinado todavía más. Los "manipuladores" —así se llaman los tasadores madereros— se han capacitado por la medición y cubicación de millares de troncos y trozas en las talas y en las canchas de madera, hasta saber estimar el volumen correspondiente a cualquier relación entre el diámetro y la longitud o altura. En sus libretas están apuntando el volumen utilizable de los árboles, sin anotar sus dimensiones.

Estos rutineros, escogidos normalmente de entre los leñadores, se han tornado en empleados muy apreciados de las firmas madereras.

También el personal forestal, encargado durante años de la medición de la madera en las talas y de la medición de los árboles en pie, ha adquirido una capacidad admirable para saber estimar los correspondientes volúmenes.

Lo dicho está ilustrando el valor de la práctica en general, no sólo en la estimación de bosques.

Por eso, quien quiere estimar bosques, debe practicar previamente la medición de las dimensiones de los árboles en pie. Sin la práctica debida, nadie podrá estimar.

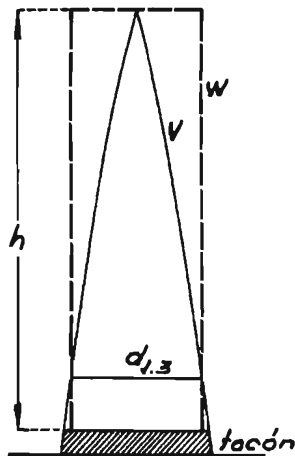
El tiempo necesario de la práctica es no sólo un asunto de la inteligencia, sino también de la concentración durante las mediciones practicadas, observando las relaciones entre el diámetro, la altura, la forma y la parte aprovechable del fuste.

Nosotros estamos proponiendo un método inductivo para la formación de los estimadores de bosques.

Ya hemos reconocido la necesidad del establecimiento de grados de diámetros de 5 en 5 centímetros y de alturas de 5 en 5 metros, respectivamente.

El conocimiento de estos elementos nos pone en condiciones de poder determinar el volumen del correspondiente cilindro (w):

Fig. 1.



$$1.) \quad w = \frac{\pi}{4} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h$$

donde $w \dots$ es el volumen del cilindro en m^3

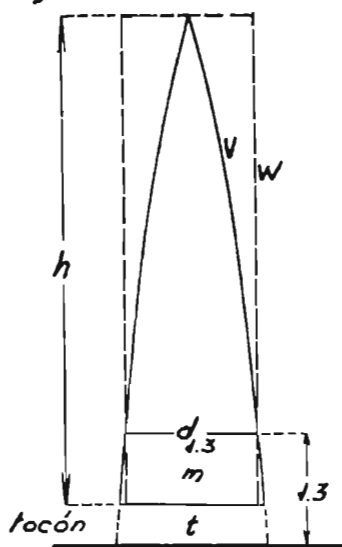
$d_{1,3} \dots$ es el diámetro a la altura del pecho en fracciones decimales del metro,

$h \dots$ es la altura del árbol desde el tocón hasta la cúspide en metros.

El siguiente ejemplo nos mostrará, que el conocimiento de un factor de reducción, llamado FACTOR MÓRFICO, es no menos importante para poder determinar, ya sea por cálculo o por estimación, el volumen del fuste, cuya ecuación es:

$$2.) \quad v = \frac{1}{r+1} \cdot \left[\frac{h}{h-m} \right]^r \cdot g_{1,3} \cdot h$$

Fig. 2



En Esta ecuación es:

v el volumen del fuste en m^3 ,

r el exponente mórfico en la ecuación de la directriz

$$d_{1,3}^2 = p \cdot h^r$$

cuya vuelta alrededor del eje (médula) está formando al sólido de rotación o al fuste,

$g_{1,3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{1,3}^2$ es el área basal a la altura del pecho (1,3m),

m es la altura desde el tocón hasta la altura del pecho; esta última considerada desde el suelo,

h es la altura total del árbol desde el tocón hasta la cuspide,

$g_{1,3} \cdot h = w$ es el volumen del cilindro con el diámetro basal $d_{1,3}$ y la altura h .

Sustituyendo los símbolos acumulativos, la fórmula del volumen del fuste se transforma en:

$$2a.) \quad v = \frac{1}{r+1} \cdot \left[\frac{h}{h-m} \right]^r \cdot w$$

En esta ecuación, la expresión $\frac{1}{r+1} \cdot \left[\frac{h}{h-m} \right]^r = f$ es el factor

mórfico con el cual se reduce el volumen del cilindro w , para que resulte el volumen del fuste entre el tocón y la cuspide.

La forma general y más simple de la ecuación del volumen del fuste es:

$$2.b) \quad v = f \cdot w$$

EL FACTOR MORFICO en la dasometría es lo mismo que el factor de reducción en la estereometría general, como aparece por ejemplo en la fórmula del cono:

$$v_{\text{cono}} = f \cdot w = \frac{1}{3} \cdot w = \frac{1}{2+1} \cdot \left(\frac{h}{h-m} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h$$

En esta ecuación, el exponente mórfico del cono es:

$$r = 2$$

$$f = \frac{1}{2+1} \cdot \left(\frac{h}{h-m} \right)^2$$

referido a la base considerada a la altura "m" sobre el tocón.

El siguiente ejemplo ilustrará la influencia de una estimación errónea sobre el volumen de un cono con las siguientes dimensiones exactas:

$$d_{1,3} = 40 \text{ cm}, \quad h = 30 \text{ m}, \quad m = 0,9 \text{ metros.}$$

Su volumen exacto es:

$$\begin{aligned} v &= \frac{1}{2+1} \cdot \left(\frac{30}{30-0,9} \right)^2 \cdot \frac{3,1416}{4} \cdot 0,4^2 \cdot 30 = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 1,031^2 \cdot 0,7854 \cdot 0,16 \cdot 30 = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 1,0629 \cdot 3,2987 = \\ &= \frac{1}{3} \cdot 3,506 = \underline{\underline{1,169 \text{ m}^3}} \end{aligned}$$

Suponiendo una estimación errónea del diámetro $d_{1,3} = 45 \text{ cm}$, el volumen erróneo del mismo cono sería:

$$\begin{aligned}
 v' &= \frac{1}{3} \cdot 1,0629 \cdot 4,7713 = \\
 &= \frac{1}{3} \cdot 5,071 = \underline{\underline{1,690 \text{ m}^3}}
 \end{aligned}$$

Este error *muy grande* de 5 cm en la estimación del diámetro basal ha producido un error absoluto en el volumen de

$$1,690 - 1,169 = + 0,521 \text{ m}^3, \text{ equivalente a } + 44,6\%.$$

Supongamos una estimación exacta de las dimensiones, pero una estimación errónea de la forma del árbol con un exponente mórfico de $r = 1$ en vez de $r = 2$. Con el exponente mórfico de $r = 1$ el fuste tiene la forma de un parabolóide, en vez de cono.

El volumen erróneo en este caso sería:

$$\begin{aligned}
 v'' &= \frac{1}{2} \cdot 1,031^4 \cdot 0,7854 \cdot 0,16 \cdot 30 = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,031 \cdot 3,2987 = \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 3,400 = \underline{\underline{1,700 \text{ m}^3}}
 \end{aligned}$$

El error absoluto en volumen es:

$$1,700 - 1,169 = + 0,531 \text{ m}^3 \text{ correspondiente a un error relativo de } = 45,4\%.$$

Comparando estos dos casos de estimación errónea, llegaremos a la conclusión de que la estimación correcta de la forma del fuste es no menos importante de la estimación correcta del diámetro.

Naturalmente, existe una infinidad de errores posibles, provenientes de la estimación errónea de las correlaciones entre las dimensiones

y la forma del fuste. Hay que tener presente, que mientras el error en el diámetro está influyendo con su cuadrado sobre el volumen del fuste, el error proveniente de la estimación inexacta de la forma influye también en manera potencial al volumen. Esto se evidencia en la fórmula general del volumen de los sólidos de rotación:

$$v = \frac{1}{r + 1} \cdot \left[\frac{h}{h - m} \right]^r \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_{1,3}^2 \cdot h$$

(Basta fijarse el papel del exponente mórfico r y del diámetro $d_{1,3}$ en esta ecuación).

En esta fase de nuestra consideración, el problema de la estimación de la forma del fuste puede parecer demasiado complicado, pero en realidad, no es más difícil que la estimación del diámetro $d_{1,3}$ o de la altura h del árbol por encima del tocón.

Así, como hemos constituido grados de diámetros y de altura, podemos establecer también grados de forma.

Para tal fin se nos ofrece la teoría de las ALTURAS INDICADORAS, desarrollada por Maximiliano Roberto PRESSLER en los años 1855 y 1857.

Como "altura indicadora" se considera la altura entre el tocón y aquel punto del fuste, donde el diámetro es equivalente a la mitad del diámetro medido a la altura del pecho. El punto de dicha relación se llama PUNTO INDICADOR.

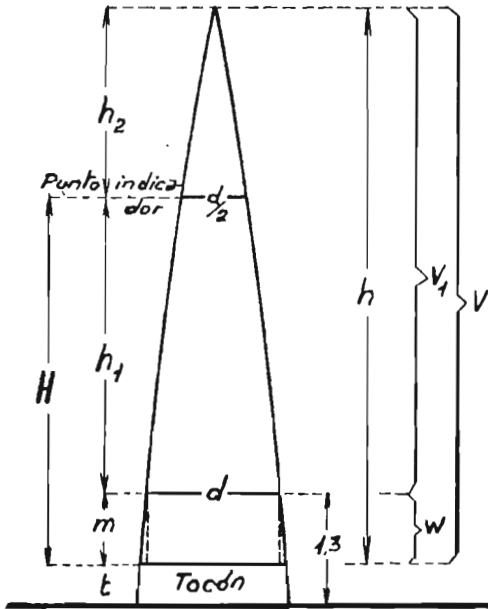
Pressler ha desarrollado en procedimiento matemáticamente exacto su fórmula empírica del volumen del fuste:

$$1.) \quad v = \frac{2}{3} \cdot g_{1,3} \cdot \left(H + \frac{m}{2} \right)$$

en la cual la constante $2/3$ y la altura indicadora H variable nos ponen en condiciones de poder determinar el volumen de cualquier fuste.

La deducción de esta fórmula es la siguiente:

Fig. 3



De los elementos en el diseño, por medición se han determinado los siguientes:

d ... el diámetro del árbol a 1,30 metros sobre el suelo,

H ... la altura indicadora desde el tocón hasta el "punto indicador" con el diámetro equivalente a $d/2$,

h ... la altura total del árbol entre el tocón y la cúspide.

Los demás elementos del diseño fueron deducidos de los elementos conseguidos por medición.

Todo el procedimiento se divide en las siguientes partes:

- determinación del volumen v_1 de la parte del fuste con el punto basal a la altura del pecho (1,3m),
- determinación del coeficiente $2/3$ en la fórmula,
- determinación del volumen cilíndrico w de la parte del fuste entre el tocón y la base a la altura del pecho, cuya altura es m ,
- determinación del volumen total del fuste v desde el tocón hasta la cúspide del árbol.

Solución:

ad a.) *Determinación del volumen v_1 del fuste.*

En el diseño, el fuste aparece como un sólido de rotación, cuyo eje X es la médula, con el origen 0 en la cúspide del árbol.

La fórmula de la generatriz, cuya rotación alrededor del eje X está produciendo el sólido, es:

$$y^2 = p \cdot x^r$$

en la cual "y" simboliza las ordenadas (semidiámetros o radios) de cualquier sección transversal; "x" son las correspondientes abscisas (alturas), contadas desde el mismo origen 0 del sistema escogido de las coordenadas ortogonales.

Las coordenadas de cualquier punto sobre la generatriz común de todos, son proporcionales entre sí.

Usando nuestros símbolos, al corte vertical a la altura del pecho le corresponde el siguiente valor de la generatriz.:

$$\left[\frac{d}{2} \right]^2 = p \cdot (h_1 + h_2)^r$$

Para el "punto indicador" con el diámetro equivalente a d/2 valdrá la ecuación:

$$\left[\frac{d}{2} \right]^2 = p \cdot h_2^r$$

Entre las dos ecuaciones existe la proporción:

$$\frac{\left[\frac{d/2}{2} \right]^2}{\left[\frac{d/2}{2} \right]^2} = \frac{p \cdot (h_1 + h_2)^r}{p \cdot h_2^r} \quad \text{de donde:}$$

$$2^2 = 4 = \left[\frac{h_1 + h_2}{h_2} \right]^r \quad \text{Saquemos la raíz r:}$$

$$\sqrt[r]{4} = \frac{h_1 + h_2}{h_2} \quad \text{de aquí:}$$

$$h_1 + h_2 = h_2 \cdot \sqrt[r]{4} \quad \text{y más allá:}$$

$$h_1 = h_2 \cdot \sqrt[r]{4} - h_2 = h_2 \cdot (\sqrt[r]{4} - 1)$$

de donde la altura entre el "punto indicador" y la cúspide es:

$$h_2 = \frac{h_1}{\sqrt[r]{4} - 1}$$

La fórmula general del volumen v_1 de la parte del fuste por encima de la altura del pecho, es:

$$v_1 = \frac{1}{r + 1} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_2)$$

$$\text{Aquí es } \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = g$$

$$v_1 = \frac{1}{r + 1} \cdot g \cdot (h_1 + h_2)$$

Sustituimos a esta ecuación el valor deducido de h_2 :

$$\begin{aligned} v_1 &= \frac{1}{r + 1} \cdot g \cdot \left[h_1 + \frac{h_1}{\sqrt[r]{4} - 1} \right] = \frac{1}{r + 1} \cdot g \cdot \frac{h_1 \cdot (\sqrt[r]{4} - 1) + h_1}{\sqrt[r]{4} - 1} = \\ &= \frac{1}{r + 1} \cdot g \cdot \frac{h_1 \cdot \sqrt[r]{4}}{\sqrt[r]{4} - 1} \end{aligned}$$

$$\text{Siendo } \sqrt[r]{4} = \sqrt[2]{2^2} = 2^{2/r}$$

la ecuación puede escribirse:

$$2.) \quad v_1 = \frac{1}{r + 1} \cdot \frac{2^{2/r}}{2^{2/r} - 1} \cdot g \cdot h_1$$

ad b.) *Deducción del coeficiente 2/3 en la ecuación pressleriana del*

$$\text{volumen del fuste } v = 2/3 \cdot g \cdot \left(H + \frac{m}{2} \right)$$

En la fórmula recién deducida del volumen v_1 de la parte del fuste por encima de la altura del pecho, la expresión

$$\frac{1}{r + 1} \cdot \frac{2^{2/r}}{2^{2/r} - 1}$$

es variable en dependencia del exponente mórfico "r".

En la dasometría, las formas típicas de los fustes tienen los siguientes exponentes mórficos "r":

- r = 0,5 el paraboloido cilíndrico,
- r = 1,0 el paraboloido,
- r = 1,5 el paraboloido cónico,
- r = 2,0 el cono,
- r = 2,5 el cono neiloídico,
- r = 3,0 el neiloíde,
- r = 3,5 el hiperneiloide.

Estos valores del exponente mórfico —con las interpolaciones posibles— abarcan prácticamente todas las formas de los fustes, como se presentan en el bosque.

Substituyamos estos valores de r en la expresión:

$$\frac{1}{r + 1} \cdot \frac{2^{2/r}}{2^{2/r} - 1}$$

para r = 0,5 $\frac{1}{0,5+1} \cdot \frac{2^{2/0,5}}{2^{2/0,5} - 1} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{16}{22,5}$ o $\frac{2}{2,81}$

para r = 1,0 $\frac{1}{1 + 1} \cdot \frac{2^{2/1}}{2^{2/1} - 1} = \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3}$ " $\frac{2}{3}$

para r = 1,5	$\frac{1}{1,5+1}$	$\frac{2^{2/1,5}}{2^{2/1,5}-1}$	=	$\frac{1}{2,5} \cdot \frac{2,5192}{1,5192}$	”	$\frac{2}{3,015}$
para r = 2,0	$\frac{1}{2+1}$	$\frac{2^{2/2}}{2^{2/2}-1}$	=	$\frac{1}{3} \cdot \frac{2}{1}$	”	$\frac{2}{3}$
para r = 2,5	$\frac{1}{2,5+1}$	$\frac{2^{2/2,5}}{2^{2/2,5}-1}$	=	$\frac{1}{3,5} \cdot \frac{1,741}{0,741}$	”	$\frac{2}{2,979}$
para r = 3,0	$\frac{1}{3+1}$	$\frac{2^{2/3}}{2^{2/3}-1}$	=	$\frac{1}{4} \cdot \frac{1,5873}{0,5873}$	”	$\frac{2}{2,959}$
para r = 3,5	$\frac{1}{3,5+1}$	$\frac{2^{2/3,5}}{2^{2/3,5}-1}$	=	$\frac{1}{4,5} \cdot \frac{1,4855}{0,4855}$	”	$\frac{2}{2,942}$
para r = 4,0	$\frac{1}{4+1}$	$\frac{2^{2/4}}{2^{2/4}-1}$	=	$\frac{1}{5} \cdot \frac{1,4142}{0,4142}$	”	$\frac{2}{2,929}$

Fijándose en la última columna, se ve que el valor absoluto de la expresión:

$$\frac{1}{r+1} \cdot \frac{2^{2/r}}{2^{2/r}-1}$$

es igual a $\frac{2}{3}$ para el parabolóide y el cono, que son las más frecuentes

formas del fuste; para las demás formas difiere muy poco de este valor. Esta es la razón bien fundada, por la cual Pressler ha cambiado la fórmula exacta del volumen de la parte por encima de la altura del pecho:

$$v_1 = \frac{1}{r+1} \cdot \frac{2^{2/r}}{2^{2/r}-1} \cdot g \cdot h_1 \quad \text{por la}$$

fórmula empírica:

$$3.) \quad v_1 = \frac{2}{3} \cdot g \cdot h_1$$

ad c.) *Determinación del volumen del cilindro w entre el tocón y el corte transversal a la altura del pecho (1,3 metros).*

Son muchas las razones, por las cuales Pressler ha considerado la parte del fuste entre el tocón y la altura del pecho como un cilindro con el volumen:

$$w = g \cdot m$$

En esta ecuación "g" es el área basal a la altura del pecho, "m" es la altura entre el tocón y el corte transversal a la altura del pecho. Se sabe, que justamente esta parte del tronco está expuesta a daños y desperdicios más que cualquiera otra. Pressler las tomó en cuenta de una manera esquemática, considerando esta parte del tronco como un cilindro con un volumen 'w' algo menor del volumen verdadero. Su fórmula fue destinada para el uso práctico y —desde este punto de vista— es difícil encontrar otra: más simple y más manejable.

ad d.) *Determinación del volumen del fuste y por encima del tocón.*

El gráfico (fig.3) demuestra claramente, que el volumen total del fuste debe ser igual a la suma de los volúmenes parciales por encima y por debajo del corte a la altura del pecho:

$$v = v_1 + w$$

$$\text{Siendo } v_1 = \frac{2}{3} \cdot g \cdot h_1 \quad \text{y}$$

$$w = g \cdot m$$

la substitución dará:

$$v = \frac{2}{3} \cdot g \cdot h_1 + g \cdot m$$

En esta ecuación es $h_1 = H - m$ (ver la figura 3).

Substituyamos este valor:

$$v = \frac{2}{3} \cdot g \cdot (H - m) + g \cdot m =$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{2}{3} \cdot g \cdot \left(H - m + \frac{3}{2} m \right) = \\
&= \frac{2}{3} \cdot g \cdot \left(H - \frac{2}{2} m + \frac{3}{2} m \right) \text{ y finalmente:} \\
4.) \quad v &= \frac{2}{3} \cdot g \cdot \left(H + \frac{m}{2} \right)
\end{aligned}$$

Esta fórmula sencilla da resultados muy satisfactorios.

Para el valor de la altura "m" es decisiva la altura del tocón t. Parece aceptable la experiencia norteamericana, considerar la altura del tocón igual al diámetro a la altura del pecho:

$$t = d_{1,3}$$

Pero tal regla no puede aceptarse para árboles más gruesos de 100 cm a la altura del pecho y es recomendable, limitar la altura del tocón con el valor máximo de $t = d_{1,3} \text{ máx.} = 1 \text{ metro}$.

La fórmula de Pressler nos ha servido para la confección de una Tabla Volumétrica, destinada a la tasación de bosques por estimación visual.

Según esta fórmula, es suficiente estimar el grado diamétrico a la altura del pecho ($d_{1,3}$), la altura total (h) y la altura indicadora (H). Por cálculo o con ayuda de una tabla de áreas circulares se determina la corespondiente área basal ($g_{1,3}$). La altura entre el tocón y la altura del pecho $m = 1,3 - t = 1,3 - d_{1,3}$ con el valor máximo de $t = 1 \text{ metro}$. Finalmente se introducen estos valores a la ecuación de Pressler para calcular el volumen del fuste (v).

Mientras la estimación de la altura total h es una tarea relativamente fácil, sería exagerado querer estimar el valor absoluto de la altura indicadora (H) en manera semejante.

Ante esta dificultad, hay que buscar otro camino para la determinación de la altura indicadora (H).

Es más fácil estimar la ALTURA INDICADORA RELATIVA (H_r), expresada en fracciones de la altura total (h). Para tal fin —sí— puede fijarse una escala de alturas indicadoras relativas muy bien estimables por simples vista.

A continuación estamos usando la siguiente graduación de las alturas indicadoras relativas:

$$H_r = \frac{1}{4} h \text{ o } 0,25h$$

$$H_r = \frac{1}{3}h \text{ o } 0,33h$$

$$H_r = \frac{1}{2}h \text{ " } 0,50 h$$

$$H_r = \frac{2}{3}h \text{ " } ,066 h$$

$$H_r = \frac{3}{4}h \text{ " } 0,75 h$$

Por ejemplo: se ha estimado $h = 30m$ y $H_r = 1/2 h$

la correspondiente *altura indicadora absoluta* para la fórmula de Pressler es:

$$H_a = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ metros.}$$

Otro ejemplo: se ha estimado $h = 25m$; $H_r = 1/3 h$

la correspondiente *altura indicadora absoluta* es:

$$H_a = 0,33 \cdot 25 = 8,25 \text{ metros.}$$

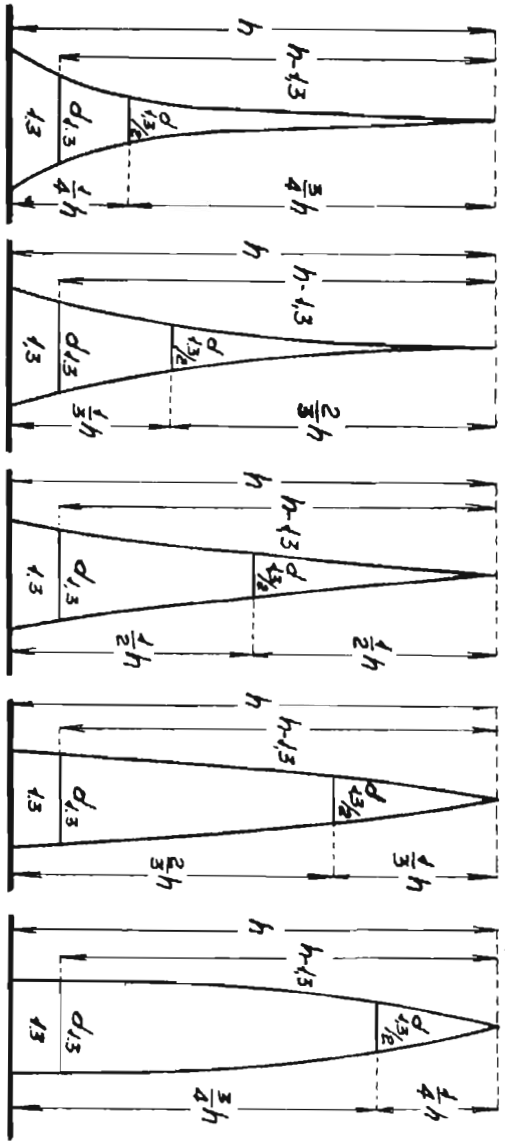
La graduación propuesta de la *Altura Indicadora Relativa*

$$H_r = \frac{1}{4}h ; H_r = \frac{1}{3}h ; H_r = \frac{1}{2}h ; H_r = \frac{2}{3}h ; H_r = \frac{3}{4}h$$

abarca en manera representativa y bien distribuída todas las formas de los fustes que se presentan en la tasación de bosques.

El siguiente diseño ilustra bien la eficacia de esta graduación de las alturas indicadoras relativas sobre la forma y el volumen de fustes de iguales diámetros ($d_{1,3}$) y alturas (h).

Fig. 4.



Para ver la utilizabilidad del método, examinemos ahora en dos árboles de dimensiones corrientes, los exponentes mórficos (r) correspondientes a nuestra graduación de la altura indicadora relativa:

1^{er} árbol. Dimensiones estimadas: $d_{1,3} = 30\text{cm}$ y $h = 25\text{ m}$.

$$\text{a.) para } H_{r_1} = \frac{1}{4}h \quad H_a = 0,25 \cdot 25 = 6,25\text{m.}$$

A continuación estamos usando la siguiente graduación de las alturas indicadoras relativas:

$$H_{r_1} = \frac{1}{4}h \text{ o } 0,25 h$$

$$H_{r_2} = \frac{1}{3}h \text{ " } 0,33 h$$

El exponente mórfico es:

$$\begin{aligned} r_{1/4} &= 2 \cdot \frac{\log d_{1,3} - \log d_{1,3/2}}{\log (h-1,3) - \log (h-h/4)} = \\ &= 2 \cdot \frac{\log 30 - \log 15}{\log 23,7 - \log 18,75} = 2 \cdot \frac{1,477121 - 1,176091}{1,374748 - 1,273001} = \\ &= 2 \cdot \frac{0,301030}{0,101747} = 2 \cdot 2,96 = \underline{\underline{5,92}} \end{aligned}$$

Arboles con tal exponente mórfico son rarezas de la naturaleza.

$$\text{b.) para } H_{r_2} = \frac{1}{3}h \quad H_a = 0,333 \cdot 25 = 8,33\text{m.}$$

El exponente mórfico es:

$$r_{1/3} = 2 \cdot \frac{\log 30 - \log 15}{\log 23,7 - \log (25-8,33)} =$$

$$= 2 \cdot \frac{1,477121-1,176091}{1,374748-1,221936} = 2 \cdot 1,97 = \underline{\underline{3,94}}$$

El fuste tiene forma hiperneiloídica.

c.) para $H_r = \frac{1}{3}h$ $H_a = 0,5 \cdot 25 = 12,5m.$

El exponente mórfico es:

$$r_{1/2} = 2 \cdot \frac{\log 30 - \log 15}{\log 23,7 - \log (25-12,5)} = 2 \cdot \frac{1,477121-1,176091}{1,374748-1,096910} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{0,277838} = 2 \cdot 1,08 = \underline{\underline{2,16}}$$

El fuste tiene forma cónica.

d.) para $H_r = \frac{2}{4}h$ $H_a = 0,667 \cdot 16,68m.$

El exponente mórfico es:

$$r_{2/3} = 2 \cdot \frac{\log 30 - \log 15}{\log 23,7 - \log (25-16,68)} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{0,454625} = 2 \cdot 0,66 = \underline{\underline{1,32}}$$

El exponente revela forma cono-paraboloídica.

e.) para $H_r = \frac{3}{5}h$ $H_a = 0,75 \cdot 25 = 18,75m.$

El exponente mórfico es:

$$r_{3/4} = 2 \cdot \frac{\log 30 - \log 15}{\log 23,7 - \log (25 - 18,75)} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{0,578868} = 2 \cdot 0,52 = \underline{\underline{1,04}}$$

El fuste es paraboloidico.

Observación. En el numerador de las últimas fracciones al logaritmo 0,301030 le corresponde un antilogaritmo igual a 2, por ser

$$\log 30 - \log 15 = \log \frac{30}{15} = \log 2$$

Esta relación entre el diámetro a la altura del pecho ($d_{1,3}$) y el diámetro ($d_{1,3/2}$) en el punto indicador es constante. Mientras se mantiene esta relación, no importa cual valor tiene el diámetro $d_{1,3}$. Sólo el denominador tiene influencia sobre el valor del exponente mórfico (r).

Este fenómeno, lo ilustramos en el ejemplo que sigue.

2º árbol. Sus dimensiones son: $d_{1,3} = 40\text{cm}$; $h = 40\text{m}$.

a.) para $H_r = \frac{1}{4}h$ $H_a = 0,25 \cdot 40 = 10\text{m}$.

El exponente mórfico es:

$$r_{1/4} = 2 \cdot \frac{\log 40 - \log 20}{\log (40 - 1,3) - \log (40 - 10)} = 2 \cdot \frac{\log \frac{40}{20}}{\log 38,7 - \log 30} =$$

$$= 2 \cdot \frac{\log 2}{\log 38,7 - \log 30} = 2 \cdot \frac{0,301030}{1,587711 - 1,477121} =$$

$$2 \cdot \frac{0,301030}{0,110590} = 2 \cdot 2,72 = \underline{\underline{5,44}}$$

La primera figura del gráfico 4.) representa la forma del fuste, correspondiente a tal exponente mórfico.

b.) para $H_r = \frac{1}{3}h$ $H_a = 0,333 \cdot 40 = 13,32\text{m}$.

$$r_{1/3} = 2 \cdot \frac{\log 2}{\log 38,7 - \log(40-13,32)} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{1,587711-1,426186} = 2 \cdot 1,86 = \underline{\underline{3,72}}$$

c.) para $H_r = \frac{1}{3}h$ $H_a = 0,5 \cdot 40 = 20m.$

El cálculo del exponente mórfico es:

$$r_{1/2} = 2 \cdot \frac{\log 2}{\log 38,7 - \log(40-20)} = 2 \cdot \frac{0,301030}{1,587711-1,301030} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{0,286681} = 2 \cdot 1,05 = \underline{\underline{2,10}}$$

d.) para $H_r = \frac{2}{4}h$ $H_a = 0,667 \cdot 40 = 26,68m.$

$$r_{2/3} = 2 \cdot \frac{\log 2}{\log 38,7 - \log(40-26,68)} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{1,587711-1,124504} = 2 \cdot 0,65 = \underline{\underline{1,30}}$$

e.) para $H_r = \frac{3}{5}h$ $H_a = 0,75 \cdot 40 = 30m.$

$$r_{3/4} = 2 \cdot \frac{\log 2}{\log 38,7 - \log(40-30)} =$$

$$= 2 \cdot \frac{0,301030}{1,587711-1,000000} = 2 \cdot 0,51 = \underline{\underline{1,02}}$$

En ambos ejemplos se ve que nuestro sistema de *grados de forma* (grados de alturas indicadoras relativas) está abarcando igual amplitud de la variación de los exponentes mórficos, como se ha contemplado en el desarrollo de la fórmula de Pressler (3).

Tal circunstancia nos autoriza a usar dicha fórmula para la confección de un Tabla Volumétrica para la cubicación de los árboles estimados en pie, como lo haremos más adelante.

El siguiente gráfico demuestra en manera convincente el cambio de la forma del fuste con el cambio de la altura indicadora.

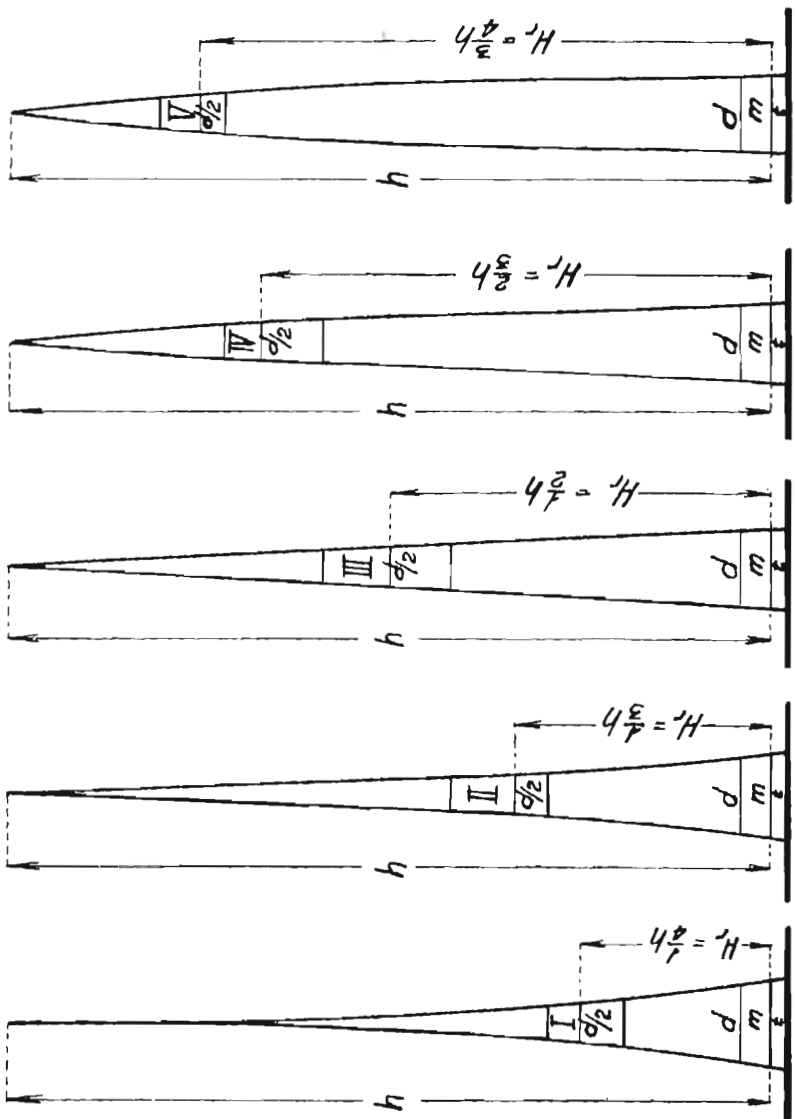


Fig. 5

En este gráfico, cada fuste tiene igual diámetro ($d_{1,3}$) e igual altura (h). No obstante, el cambio del punto indicador con el diámetro

$d_{1,3}$
—, está produciendo un cambio de la forma y —por consiguiente—
2

también del volumen.

Las zonas marcadas con I, II, III, IV y V demuestran la amplitud de los varios grados de forma, correspondientes a la altura indicadora relativa (H_r), ubicada en la $1/4$, $1/3$, $1/2$, $2/3$ y $3/4$ —ta parte de la altura total, respectivamente. Con esta graduación y con suficiente práctica —sí— puede estimarse la forma de cualquier árbol silvestre.

El incipiente puede servirse de su lápiz y de la uña para buscar la zona pertinente al punto indicador. Con el extremo obtuso del lápiz y con la uña del pulgar del brazo extendido se enfoca el diámetro a la altura del pecho y luego se busca aquel lugar del fuste, cuyo diámetro es igual a la mitad de la dimensión fijada en el lápiz. Encontrado así el “punto indicador”, se estima la correspondiente altura indicadora relativa (H_r), expresada en fracciones de la altura total (h).

Resumiendo todo lo dicho, la estimación se debe extender sobre las siguientes particularidades del árbol:

- a.) la especie,
- b.) el diámetro a la altura del pecho (grado diamétrico),
- c.) la altura total sobre el tocón (grado de altura),
- d.) la altura indicadora relativa (grado de forma) y
- e.) la observación del grado de la utilizabilidad.

Estos datos se apuntan en la Libreta de Tasación de la siguiente forma:

Pasado el tiempo necesario de entrenamiento por medición y observación y habiendo examinado la capacidad individual del estimador en una parcela de unos 500 árboles y con la masa determinada previamente por medición, en la práctica de la estimación visual hay que tener presente las siguientes reglas:

- a.) Buscar un punto de observación en igual nivel con el árbol a una distancia más o menos igual a la altura total, del cual se ve todo el árbol,
- b.) Estimar —sin perder tiempo con escrúpulos— el grado del diámetro y de la altura y apuntar ambos en la Libreta. No querer estimar con una precisión más fina de los 5 en 5 centímetros y de los 5 en 5 metros respectivamente.
- c.) Fijándose bien el diámetro a la altura del pecho, buscar en el fuste el punto indicador. Permanecer observando uno o dos instantes, luego estimar el grado de la altura indicadora relativa ($1/4h$, $1/3h$, $1/2h$, $2/3h$ o $3/4h$) y apuntarla en la Libreta.
- d.) Si se exige, apuntar en la columna de las observaciones el por ciento estimado del volumen aprovechable.
- e.) Para evitar la repetición de la estimación del mismo árbol, marcar cada árbol estimado con cal, pintura, tiza, machete, hacha u otro tipo de marcador en forma tal, que sea visible desde lejos sin necesitar buscar la marca, dando vueltas alrededor de los árboles.

Terminado el trabajo en el bosque, en el gabinete se aprovecharán los datos recolectados para la determinación de la masa del bosque o del rodal estimado.

El cálculo se hace separadamente por especie. El volumen de las especies de poca presentación suele incorporarse a la masa de las demás especies.

Cada árbol se transfiere de la Libreta de Tasación en un FORMULARIO de CALCULO, marcándolo con un punto o rayita en la forma usual de la tasación de bosques, en el lugar donde pertenece por su especie, diámetro a la altura del pecho, altura total sobre el tocón y por la altura indicadora relativa.

Este formulario tiene la siguiente forma:

Edad: 15 - Lugar: Piedras Blancas

Area: 1,15 has - Fecha: 28-VI-66

d _{1,3} Diámetro cm.	h Altura m	Altura indicadora		A p u n t e ESPECIE: Ciprés	n Número de los árboles	v V o l u m e n		
		H _r rela- tiva	H _a abs- luta m			de un arbol	de todos	
								m ³
10	10	1/4h	2,50	:·	3	0,016	0,048	
		1/3h	3,33	⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗	62	0,021	1,302	
		1/2h	5,00	⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗	94	0,029	2,726	
		2/3h	6,67	⊗⊗⊗⊗⊗□	58	0,038	2,204	
		3/4h	7,50	⊗⊗⊗:	25	0,042	1,050	
	15	1/4h	3,75	└	6	0,023	0,138	
		1/3h	5,00	⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗	70	0,029	2,030	
		1/2h	7,50	⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗⊗	89	0,042	3,738	
		2/3h	10,00	⊗⊗⊗⊗:·	43	0,056	2,408	
		3/4h	11,25	⊗⊗⊗:·	33	0,062	2,046	
	20	1/4h	5,00					
		1/3h	6,67	⊗⊗⊗:	22	0,038	0,836	
		1/2h	10,00	⊗⊗⊗⊗	40	0,056	2,240	
		2/3h	13,33	⊗⊗⊗□	27	0,073	1,971	
		3/4h	15,00	⊗:	11	0,082	0,902	
	25	1/4h	6,25					
		1/3h	8,33					
		1/2h	12,50		TOTAL:	583		23,639
		2/3h	16,67					
		3/4h	18,75					
15	10	1/4h	2,50					
		1/3h	3,33					
		1/2h	5,00					
		2/3h	6,67					
		3/4h	7,50					
	15	1/4h						
		1/3h			Firma del estimador.			
		1/2h						
		2/3h						
		3/4h						

A terminación se están ofreciendo para el uso dos Tablas de Cubicación de los árboles en pie.

La primera fue confeccionada en aprovechamiento de la fórmula de Pressler (1) y está indicando el volumen del fuste, comprendido entre el tocón y la cúspide del árbol.

La segunda indica el volumen aserrable del fuste desde el tocón hasta el tope del tronco con el diámetro de 30 centímetros.

A continuación estamos presentando un estimación concreta, ejecutada en Piedras Blancas (Medellín) por los alumnos del 4º curso de nuestro Instituto Forestal en un cipresal de 22 años con la superficie de 2,52 hectáreas.

Debe anotarse, que esta era su primera estimación a simple vista en aprovechamiento de su experiencia, adquirida durante las prácticas antecedentes en la tasación de bosques, efectuadas con los métodos y herramientas usuales en tales trabajos.

Los volúmenes unitarios fueron sacados de la Tabla Nº I de esta publicación.

3	h	H	Altura indi- cadora re- lativa	n	v	
					VOLUMEN	
					de un arbol	de todos
m ³						
5	5	5	1/3	1	0,003	0,003
			1/2	6	0,004	0,024
			3/4	4	0,006	0,024
	10	5	1/2	5	0,007	0,035
			2/3	24	0,010	0,240
			3/4	13	0,011	0,143
	15	5	1/3	1	0,010	0,010
			1/2	2	0,011	0,022
			2/3	8	0,014	0,112
			3/4	2	0,016	0,032
	20	5	2/3	1	0,018	0,018
			3/4	2	0,020	0,040
0	5	5	1/2	1	0,016	0,016
			2/3	2	0,021	0,042
			3/4	11	0,023	0,253
	10	5	1/3	2	0,021	0,042
			1/2	32	0,029	0,928
			2/3	50	0,038	1,900
			3/4	43	0,042	1,806
	15	5	1/2	29	0,042	1,218
			2/3	97	0,056	5,432
			3/4	15	0,062	0,930
	20	5	1/3	1	0,038	0,038
			1/2	13	0,056	0,728
2/3			36	0,073	2,628	
3/4			13	0,082	1,066	
25	5	2/3	7	0,090	0,630	
		3/4	3	0,101	0,303	
5	10	1/3	1	0,046	0,046	
		1/2	11	0,066	0,726	
		2/3	7	0,085	0,595	
		3/4	12	0,095	1,140	

d _{1,3}	h	H	Altura indi- cadora re- lativa	n	v		
					VOLUMEN		
					de un arbol	de todos	
m ³							
15	15	15	1/3	1	0,066	0,066	
			1/2	57	0,095	5,415	
			2/3	89	0,125	11,125	
			3/4	12	0,139	1,668	
	20	15	1/2	42	0,125	5,250	
			2/3	92	0,164	15,088	
			3/4	3	0,184	0,552	
	25	15	1/2	10	0,154	1,540	
			2/3	40	0,203	8,120	
			3/4	4	0,228	0,912	
	20	15	15	1/3	3	0,116	0,348
				1/2	38	0,169	6,422
2/3				35	0,221	7,735	
3/4				4	0,247	0,988	
20		15	1/3	1	0,151	0,151	
			1/2	59	0,221	13,039	
			2/3	68	0,291	19,788	
			3/4	2	0,326	0,652	
25		15	1/3	1	0,186	0,186	
			1/2	22	0,274	6,028	
			2/3	47	0,361	16,967	
30		15	3/4	5	0,405	2,025	
	1/2		3	0,326	0,978		
30	15	2/3	5	0,431	2,155		
		3/4	1	0,483	0,483		
25	15	15	1/3	1	0,181	0,181	
			1/2	8	0,263	2,104	
			2/3	4	0,345	1,380	
			3/4	1	0,386	0,386	
	20	15	1/3	2	0,236	0,472	
			1/2	32	0,345	11,040	
			2/3	37	0,454	16,798	
			3/4	1	0,508	0,508	

Diámetro d _{1,3} cm.	h m	Hr Altura indi- cadora re- lativa	n Número de árboles	v VOLUMEN	
				de un arbol	de todos
				m ³	
25	25	1/3	2	0,290	0,580
		1/2	32	0,426	13,632
		2/3	30	0,563	16,890
		3/4	2	0,631	1,262
	30	1/2	5	0,508	2,540
		2/3	9	0,672	6,048
3/4		1	0,754	0,754	
30	20	1/3	1	0,338	0,338
		1/2	29	0,495	14,355
		2/3	15	0,652	9,780
		3/4	1	0,731	0,731
	25	1/3	4	0,416	1,664
		1/2	55	0,613	33,715
		2/3	27	0,810	21,780
		3/4	1	0,908	0,908
	30	1/3	2	0,495	0,990
		1/2	7	0,731	5,117
		2/3	1	0,967	0,967
	35	20	1/3	1	0,459
1/2			16	0,672	10,752
2/3			7	0,886	6,202
25		1/3	8	0,565	4,520
		1/2	43	0,833	35,819
		2/3	22	1,101	24,222
30		1/3	2	0,672	1,344
		1/2	7	0,993	6,951
		2/3	2	1,314	2,628

Diámetro d _{1,3} cm.	h m	Hr Altura in- dicadora relativa	n Número de árboles	v VOLUMEN	
				de un arbol	de todos
				m ³	
40	20	1/3	3	0,597	1,791
		1/2	14	0,876	12,264
		2/3	1	1,155	1,155
	25	1/3	7	0,736	5,152
		1/2	33	1,085	35,805
		2/3	17	1,435	24,395
	30	1/3	3	0,876	2,628
		1/2	7	1,295	9,065
	45	20	1/3	1	0,753
1/2			4	1,106	4,424
25		1/3	2	0,929	1,858
		1/2	10	1,371	13,710
		2/3	2	1,813	3,626
30		1/3	2	1,106	2,212
	1/2	2	1,636	3,272	
	2/3	2	2,167	4,334	
50	20	1/2	1	1,362	1,362
		2/3	2	1,798	3,596
	25	1/3	1	1,143	1,143
		1/2	4	1,676	6,704
		2/3	5	2,236	11,180
30	1/2	2	2,017	4,034	
55	20	1/2	1	1,644	1,644
	25	1/2	2	2,040	4,080
		2/3	1	2,701	2,701
60	20	1/2	1	1,952	1,952
65	20	1/2	1	2,285	2,285
85	25	1/2	1	4,816	4,816
TOTAL:			1649	578,699	

En la medición completa del rodal y la cubicación de los fustes con ayuda de un Tarifa, confeccionada para este caso en base de 49 árboles de muestra, se ha establecido una masa (sin tocón) del rodal de 561,825m³, considerada por exacta.

El error absoluto de la estimación a simple vista es:

$$578,699 - 561,851 = + 16,848 \text{ m}^3$$

que corresponde a un error relativo de sólo

$$100 \cdot \frac{16,848}{561,851} = + 3\%$$

El caso presente demuestra el alto grado de precisión y de la utilizabilidad del método expuesto de la estimación a simple vista.

En caso de la estimación de un rodal de unos 2700 árboles, el error relativo era de 0,5% y en otro de sólo 70 árboles ha subido a 8%. Así se evidencia, que el error sigue decreciendo con el aumento del número de los árboles y viceversa, aumenta con la baja del número de los árboles estimados. De tal manera se está manifestando la utilizabilidad del método especialmente en los inventarios de bosques grandes, sea por tasación completa o representativa.

Ventaja de las Tablas N^o I y II es, que son válidas para cualquier especie silvestre con fuste continuo, desde el tocón hasta la cúspide del árbol. No sirven para la cubicación de palmeras con fuste botellino, ni para árboles con copa semejante a los árboles frutales. Por ser hechas para categorías amplias de diámetro, altura y forma, no son utilizables para la cubicación de árboles sueltos. (Observación: al autor del artículo presente ha confeccionado tablas de factores mórficos para la cubicación de fustes individuales de cualquier especie y de toda correlación posible entre el diámetro, altura y forma, que esperan a su publicación en breve).

A continuación se presenta *la estimación de la masa aserrable* del mismo rodal, para troncos comprendidos entre el tocón y un tope con el diámetro de 30 centímetros. Para tal fin se ha utilizado la Tabla N^o II.

Díametro d _{1,3} cm.	h m Altura	H _r Altura in- dicadora relativa	n Número de Árboles	VOLUMEN	
				de un árbol	de todos
				m ³	
35	20	1/3	1	0,210	0,210
		1/2	16	0,306	4,896
		2/3	7	0,425	2,975
	25	1/3	8	0,245	1,960
		1/2	43	0,360	15,480
		2/3	22	0,519	11,418
	30	1/3	2	0,278	0,556
		1/2	7	0,421	2,947
		2/3	2	0,611	1,222
40	20	1/3	3	0,364	1,092
		1/2	14	0,568	7,952
		2/3	1	0,778	0,778
	25	1/3	7	0,437	3,059
		1/2	33	0,667	22,011
		2/3	17	0,960	16,320
	30	1/3	3	0,508	1,524
		1/2	7	0,791	5,537

Díametro d _{1,3} cm.	h m Altura	H _r Altura in- dicadora relativa	n Número de Árboles	VOLUMEN	
				de un árbol	de todos
				m ³	
45	20	1/3	1	0,529	0,529
		1/2	4	0,809	3,236
		1/3	2	0,642	1,284
	25	1/2	10	0,997	9,970
		2/3	2	1,415	2,830
	30	1/3	2	0,760	1,520
		1/2	2	1,184	2,368
		2/3	2	1,687	3,374
50	20	1/2	1	1,093	1,093
		2/3	2	1,529	3,058
		1/3	1	0,871	0,871
	25	1/2	4	1,337	5,348
		2/3	5	1,897	9,485
	30	1/2	2	1,608	3,216
55	20	1/2	1	1,398	1,398
		1/2	2	1,730	3,460
		2/3	1	2,408	2,408
	20	1/2	1	1,724	1,724
65	20	1/2	1	2,073	2,073
85	25	1/2	1	4,608	4,608
TOTAL:			240	163,790	

En comparación con la masa total estimada en 578,699 m³ de los árboles con un diámetro de 5 cm y más a la altura del pecho, la masa aserrable representa

$$100 \cdot \frac{163,790}{578,699} = 28,3\%.$$

EPILOGO.

Fijándose —de un lado— la enormidad de los problemas y tareas forestales, que se están presentando continuamente en el mundo latinoamericano; del otro el pequeño número de los profesionales y la escasez de los medios disponibles, se hace evidente la necesidad de buscar métodos racionales y capaces de aumentar el efecto de la tasación de bosques, sin perjudicar sensiblemente su valor cualitativo.

En la gran mayoría de los inventarios informativos y de los programas de aprovechamiento, es absurdo gastar mucho tiempo y dinero en métodos desarrollados y practicados en los bosques valiosos de los países con una larga trayectoria y refinada legislación forestal.

Excepto los pocos casos de bosques económicos, en casi la totalidad de los bosques latinoamericanos será suficiente determinar sus masas por estimación total o representativa, en vez de una medición larga y costosa.

Naturalmente, así, como la ejecución de la tasación por medición exige una preparación teórica y práctica, la estimación es no menos exigente en lo que se refiere al entrenamiento.

El trabajo presente quiere acabar con el uso de las Tarifas “universales”, que se están ofreciendo con frecuencia creciente para todas las especies de la selva. Tales coctéles de cifras, que borran toda la diferenciación existente entre las especies silvestres, son científicamente absurdos. Otra finalidad del artículo presente es, darles a los tasadores de bosques una guía de entrenamiento y perfeccionamiento en la estimación de bosques a simple vista.

TABLA N° 1 DE VOLUMENES DEL FUSTE

desde el tocón hasta la cúspide

d _{1,3} íá- etro a.	H _r Altura índica- dora re lativa	" h " A l t u r a t o t a l e n m e t r o s									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
		" v " V o l u m e n d e l f u s t e e n m ³									
5	1/4h	0,002	0,004	0,006							
	1/3"	0,003	0,005	0,010							
	1/2"	0,004	0,007	0,011	0,014						
	2/3"	0,005	0,010	0,014	0,018						
	3/4"	0,006	0,011	0,016	0,020						
10	1/4h	0,010	0,016	0,023	0,029	0,036					
	1/3"	0,012	0,021	0,029	0,038	0,047					
	1/2"	0,016	0,029	0,042	0,056	0,069					
	2/3"	0,021	0,038	0,056	0,073	0,090					
	3/4"	0,023	0,042	0,062	0,082	0,101					
15	1/4h	0,022	0,036	0,051	0,066	0,080	0,095				
	1/3"	0,026	0,046	0,066	0,085	0,105	0,125				
	1/2"	0,036	0,066	0,095	0,125	0,154	0,184				
	2/3"	0,046	0,085	0,125	0,164	0,203	0,243				
	3/4"	0,051	0,095	0,139	0,184	0,228	0,272				
20	1/4h	0,038	0,064	0,090	0,116	0,143	0,169	0,193	0,221		
	1/3"	0,046	0,081	0,116	0,151	0,186	0,221	0,256	0,291		
	1/2"	0,064	0,116	0,169	0,221	0,274	0,326	0,378	0,431		
	2/3"	0,081	0,151	0,221	0,291	0,361	0,431	0,501	0,571		
	3/4"	0,090	0,169	0,247	0,326	0,405	0,483	0,562	0,640		
25	1/4h		0,099	0,140	0,181	0,222	0,263	0,304	0,345		
	1/3"		0,126	0,181	0,236	0,290	0,345	0,399	0,454		
	1/2"		0,181	0,263	0,345	0,426	0,508	0,590	0,672		
	2/3"		0,236	0,345	0,454	0,563	0,672	0,781	0,890		
	3/4"		0,263	0,386	0,508	0,631	0,754	0,877	0,999		
30	1/4h		0,141	0,200	0,259	0,318	0,377	0,436	0,495	0,554	
	1/3"		0,181	0,259	0,338	0,416	0,495	0,574	0,652	0,731	
	1/2"		0,259	0,377	0,495	0,613	0,731	0,849	0,967	1,084	
	2/3"		0,338	0,495	0,652	0,810	0,967	1,124	1,281	1,438	
	3/4"		0,377	0,554	0,731	0,908	1,084	1,261	1,438	1,615	

uación Tabla Nº I

3 - tro	Hr Altura indica dora re lativa	" h " A l t u r a t o t a l e n m é t r o s										
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
		" v " V o l u m e n d e l f u s t e e n m ³										
15	1/4h	0,191	0,271	0,351	0,432	0,512	0,592	0,672	0,752			
	1/3"	0,244	0,351	0,459	0,565	0,672	0,780	0,886	0,993			
	1/2"	0,351	0,512	0,672	0,833	0,993	1,153	1,314	1,474			
	2/3"	0,459	0,672	0,886	1,101	1,314	1,528	1,742	1,956			
	3/4"	0,512	0,752	0,993	1,234	1,474	1,709	1,956	2,196			
40	1/4h		0,352	0,457	0,562	0,666	0,771	0,876	0,981	1,085		
	1/3"		0,457	0,597	0,736	0,876	1,016	1,155	1,295	1,435		
	1/2"		0,666	0,876	1,085	1,295	1,505	1,714	1,924	2,133		
	2/3"		0,876	1,155	1,435	1,714	1,993	2,273	2,552	2,831		
	3/4"		0,981	1,295	1,609	1,924	2,238	2,552	2,867	3,181		
45	1/4h		0,443	0,575	0,708	0,841	0,973	1,111	1,238	1,371	1,504	
	1/3"		0,575	0,753	0,929	1,106	1,283	1,459	1,636	1,813	1,990	
	1/2"		0,841	1,106	1,371	1,636	1,901	2,167	2,432	2,697	2,962	
	2/3"		1,106	1,459	1,813	2,167	2,520	2,874	3,227	3,581	3,935	
	3/4"		1,238	1,636	2,034	2,432	2,830	3,227	3,625	4,023	4,421	
50	1/4h		0,544	0,707	0,871	1,035	1,198	1,362	1,526	1,690	1,840	2,017
	1/3"		0,707	0,926	1,143	1,362	1,581	1,798	2,017	2,236	2,453	2,672
	1/2"		1,035	1,362	1,676	2,017	2,344	2,672	2,999	3,327	3,654	3,981
	2/3"		1,362	1,798	2,236	2,672	3,108	3,545	3,981	4,418	4,855	5,291
	3/4"		1,526	2,017	2,508	2,999	3,490	3,981	4,473	4,964	5,455	5,946
55	1/4h		0,654	0,852	1,050	1,248	1,449	1,644	1,842	2,040	2,242	2,436
	1/3"		0,852	1,116	1,379	1,644	1,909	2,172	2,436	2,701	2,964	3,229
	1/2"		1,248	1,644	2,040	2,436	2,833	3,229	3,625	4,021	4,417	4,814
	2/3"		1,644	2,172	2,701	3,229	3,757	4,286	4,814	5,341	5,871	6,398
	3/4"		1,842	2,436	3,034	3,625	4,219	4,814	5,411	6,002	6,596	7,191
60	1/4h		0,773	1,009	1,245	1,480	1,716	1,952	2,188	2,423	2,659	2,895
	1/3"		1,009	1,324	1,637	1,952	2,267	2,580	2,895	3,210	3,523	3,838
	1/2"		1,480	1,952	2,423	2,895	3,366	3,838	4,309	4,781	5,252	5,724
	2/3"		1,952	2,580	3,210	3,838	4,466	5,096	5,724	6,352	6,982	7,610
	3/4"		2,188	2,895	3,602	4,309	5,016	5,724	6,431	7,138	7,854	8,553
65	1/4h		0,902	1,179	1,455	1,732	2,009	2,285	2,562	2,839	3,115	3,392
	1/3"		1,179	1,548	1,916	2,285	2,655	3,022	3,392	3,762	4,129	4,499
	1/2"		1,732	2,285	2,839	3,392	3,945	4,499	5,052	5,605	6,159	6,712
	2/3"		2,285	3,022	3,762	4,499	5,236	5,975	6,712	7,449	8,188	8,925
	3/4"		2,562	3,392	4,222	5,052	5,882	6,712	7,542	8,372	9,202	10,03
70	1/4h		1,040	1,360	1,681	2,002	2,323	2,644	2,965	3,286	3,606	3,927
	1/3"		1,360	1,789	2,215	2,644	3,073	3,499	3,927	4,356	4,782	5,211
	1/2"		2,002	2,644	3,286	3,927	4,569	5,211	5,853	6,494	7,136	7,778
	2/3"		2,644	3,499	4,356	5,211	6,066	6,923	7,778	8,632	9,490	10,35
	3/4"		2,965	3,927	4,890	5,853	6,815	7,778	8,740	9,703	10,67	11,63
75	1/4h		1,186	1,554	1,923	2,291	2,659	3,028	3,396	3,764	4,133	4,501
	1/3"		1,554	2,046	2,536	3,028	3,520	4,009	4,501	4,993	5,482	5,974
	1/2"		2,291	3,028	3,764	4,501	5,238	5,974	6,711	7,448	8,184	8,921
	2/3"		3,028	4,009	4,993	5,974	6,956	7,940	8,921	9,902	10,89	11,87
	3/4"		3,396	4,501	5,606	6,711	7,816	8,921	10,03	11,13	12,24	13,34
80	1/4h		1,341	1,760	2,179	2,598	3,017	3,437	3,856	4,275	4,694	5,113
	1/3"		1,760	2,320	2,877	3,437	3,996	4,553	5,113	5,673	6,229	6,789
	1/2"		2,598	3,437	4,275	5,113	5,951	6,789	7,627	8,466	9,304	10,14
	2/3"		3,437	4,553	5,673	6,789	7,906	9,025	10,14	11,26	12,38	13,50
	3/4"		3,856	5,113	6,370	7,627	8,884	10,14	11,40	12,66	13,92	15,18

Dí- metro cm.	Hr Altura indica dora re lativa	" h " A l t u r a t o t a l e n m e t r o s											
		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60		
		" v " V o l u m e n d e l f u s t e e n m ³											
85	1/4h	1,504	1,978	2,451	2,924	3,397	3,870	4,343	4,816	5,289	5,763		
	1/3"	1,978	2,610	3,238	3,870	4,502	5,130	5,763	6,395	7,023	7,655		
	1/2"	2,924	3,870	4,816	5,763	6,709	7,655	8,601	9,547	10,49	11,44		
	2/3"	3,870	5,130	6,395	7,655	8,915	10,18	11,44	12,70	13,96	15,23		
	3/4"	4,305	5,763	7,182	8,601	10,02	11,44	12,86	14,28	15,70	17,12		
90	1/4h		2,207	2,737	3,267	3,798	4,328	4,859	5,389	5,919	6,450		
	1/3"		2,915	3,620	4,328	5,037	5,741	6,450	7,158	7,863	8,571		
	1/2"		4,328	5,389	6,450	7,511	8,571	9,632	10,69	11,75	12,82		
	2/3"		5,741	7,158	8,571	9,984	11,40	12,82	14,23	15,65	17,06		
	3/4"		6,450	8,041	9,632	11,22	12,82	14,41	16,00	17,59	19,18		
95	1/4h		2,447	3,038	3,629	4,220	4,811	5,402	5,992	6,583	7,174		
	1/3"		3,236	4,021	4,811	5,600	6,385	7,174	7,964	8,749	9,538		
	1/2"		4,811	5,992	7,174	8,356	9,538	10,72	11,90	13,08	14,27		
	2/3"		6,385	7,964	9,538	11,11	12,69	14,27	15,84	17,42	18,99		
	3/4"		7,174	8,947	10,72	12,49	14,27	15,84	17,81	19,58	20,36		
100	1/4h		2,698	3,353	4,008	4,662	5,317	5,972	6,627	7,282	7,936		
	1/3"		2,573	4,442	5,317	6,192	7,062	7,936	8,811	9,681	10,56		
	1/2"		5,317	6,627	7,936	9,246	10,56	11,86	13,17	14,48	15,79		
	2/3"		7,062	8,811	10,56	12,30	14,05	15,79	17,54	19,29	21,03		
	3/4"		7,936	9,901	11,86	13,83	15,79	17,76	19,72	21,69	23,65		
105	1/4h		2,974	3,696	4,418	5,140	5,862	6,584	7,306	8,028	8,750		
	1/3"		3,939	4,898	5,862	6,827	7,786	8,750	9,715	10,67	11,64		
	1/2"		5,862	7,306	8,750	10,19	11,64	13,08	14,53	15,97	17,41		
	2/3"		7,786	9,715	11,64	13,56	15,49	17,41	19,34	21,27	23,19		
	3/4"		8,750	10,92	13,08	15,25	17,41	21,89	21,74	23,91	26,08		
110	1/4h		3,264	4,057	4,849	5,641	6,434	7,226	8,018	8,811	9,603		
	1/3"		4,323	5,375	6,434	7,492	8,545	9,603	10,66	11,71	12,77		
	1/2"		6,434	8,018	9,603	11,19	12,77	14,36	15,94	17,53	19,11		
	2/3"		8,545	10,66	12,77	14,88	17,00	19,11	21,22	23,34	25,45		
	3/4"		9,603	11,98	14,36	16,73	19,11	21,49	23,86	26,24	28,62		
115	1/4h		3,568	4,434	5,300	6,166	7,032	7,898	8,764	9,630	10,50		
	1/3"		4,725	5,875	7,032	8,189	9,339	10,50	11,65	12,80	13,96		
	1/2"		7,032	8,771	10,50	12,23	13,96	15,69	17,42	19,16	20,89		
	2/3"		9,339	11,65	13,96	16,27	18,58	20,89	23,19	25,51	27,82		
	3/4"		10,50	13,09	15,69	18,29	20,89	23,49	26,08	28,68	31,28		
120	1/4h		3,885	4,828	5,771	6,714	7,657	8,600	9,543	10,49	11,43		
	1/3"		5,145	6,397	7,657	8,917	10,17	11,43	12,69	13,94	15,20		
	1/2"		7,657	9,543	11,43	13,31	15,20	17,09	18,97	20,86	22,74		
	2/3"		10,17	12,69	15,20	17,71	20,23	22,74	25,27	27,78	30,29		
	3/4"		11,43	14,26	17,09	19,92	22,74	25,57	28,40	31,23	34,06		
125	1/4h		4,215	5,239	6,262	7,285	8,308	9,331	10,35	11,38	12,40		
	1/3"		5,582	6,941	8,308	9,675	11,03	12,40	13,77	15,13	16,49		
	1/2"		8,308	10,35	12,40	14,48	16,49	18,54	20,59	22,63	24,68		
	2/3"		11,03	13,77	16,49	19,22	21,95	24,68	27,40	30,14	32,86		
	3/4"		12,40	15,47	18,54	21,61	24,68	27,75	30,82	33,89	36,96		
130	1/4h		4,559	5,666	6,773	7,879	8,986	10,09	11,20	12,31	13,41		
	1/3"		6,038	7,508	8,986	10,46	11,93	13,41	14,89	16,36	17,84		
	1/2"		8,986	11,20	13,41	15,63	17,84	20,05	22,27	24,48	26,69		
	2/3"		11,93	14,89	17,84	20,79	23,74	26,69	29,64	32,60	35,45		

Continuación Tabla Nº I

di, 3 Diá- metro cm.	Hr Altura indica dora re- lativa	"h" " A l t u r a t o t a l e n m e t r o s								
		20	25	30	35	40	45	50	55	60
		" v " V o l u m e n d e l f u s t e e n m ³								
135	1/4h	4,917	6,110	7,304	8,497	9,691	10,88	12,08	13,27	14,64
	1/3"	6,511	8,096	9,691	11,29	12,87	14,64	16,06	17,64	19,24
	1/2"	9,691	12,08	14,64	16,85	19,24	21,62	24,01	26,40	28,78
	2/3"	12,87	16,06	19,24	22,42	25,61	28,78	31,96	35,15	38,33
	3/4"	14,46	18,04	21,62	25,20	28,78	32,37	35,95	39,53	43,11
140	1/4h	5,288	6,571	7,855	9,138	10,42	11,70	12,99	14,27	15,56
	1/3"	7,003	8,707	10,42	12,14	13,84	15,56	17,27	18,97	20,69
	1/2"	10,42	12,99	15,56	18,12	20,69	23,26	25,82	28,39	30,96
	2/3"	13,84	17,27	20,69	24,11	27,54	30,96	34,38	37,81	41,22
	3/4"	15,56	19,41	23,26	27,11	30,96	34,81	38,66	42,51	46,36

Continuación de la Tabla Nº II

d1,3 Diámetro cm.	Hr Altura indica dora Re lativa	" h " A l t u r a t o t a l e n m e t r o s									
		20	25	30	35	40	45	50	55	60	
		" v " V o l u m e n a s e r r a b l e e n m ³									
135	1/4h	4,792	5,952	7,114	8,275	9,436	10,60	11,76	12,92	14,08	
	1/3"	6,379	7,931	9,493	11,05	12,60	14,17	15,73	17,28	18,84	
	1/2"	9,588	11,95	14,31	16,67	19,03	21,39	23,75	26,11	28,47	
	2/3"	12,81	15,98	19,15	22,31	25,49	28,65	31,81	34,99	38,15	
	3/4"	14,43	18,00	21,57	25,15	28,72	32,29	35,86	39,43	43,00	
140	1/4h	5,165	6,416	7,668	8,920	10,17	11,42	12,67	13,92	15,17	
	1/3"	6,874	8,545	10,23	11,91	13,58	15,26	16,95	18,62	20,30	
	1/2"	10,32	12,86	15,41	17,95	20,49	23,03	25,57	28,11	30,66	
	2/3"	13,78	17,20	20,60	24,01	27,42	30,83	34,23	37,65	41,05	
	3/4"	15,52	19,37	23,21	27,05	30,89	34,74	38,58	42,42	46,26	