

## CAPITULO 6: FACTOR Y COCIENTE DE FORMA

### 6.1. Coeficientes mórficos o factores de forma.

Es una razón entre volúmenes, siendo utilizado para corregir el volumen del cilindro y calcular el volumen del árbol, o sea, es un factor de reducción muy importante para determinar con una precisión, bastante cercana a la realidad, el volumen real de los árboles o de los rodales en pie, partiendo de la medición de algunas variables independientes de fácil acceso como el diámetro y la altura por ejemplo.

El factor de forma es influenciado por la especie, el sitio, el espaciamiento, los tratamientos silviculturales (raleos), la edad, etc. Exactamente por este hecho, al utilizar un único número medio para representar el factor de forma, por ejemplo, todas las especies del género *Eucalyptus*, o lo mismo una única especie en diferentes edades, sitios y sujeta a diferentes espaciamientos, se debe tener mucho cuidado.

El factor de forma varía de acuerdo con el lugar donde es calculada el área de la sección transversal (g). Para estar de acuerdo con los sólidos geométricos el área seccional debería ser tomada en la base del árbol; no obstante, casi siempre es medido o cuantificado al nivel del DAP (Diámetro a la Altura del Pecho), debido a la no practicidad de hacerse esta medición en la base del árbol, así como por la irregularidad de la sección transversal en la base, causada por el sistema radical. Otro hecho es la necesaria compatibilidad en las posiciones donde se mide el diámetro referencial (DAP) que sufrirán el proceso de cubicación y de los demás árboles existentes en las parcelas. Si en estas últimas se mide el DAP e la(s) altura(s) total(es), se va a obtener el volumen del cilindro, como:

$$v_c = \frac{\pi}{4} (\text{DAP})^2 h \quad (6.1)$$

Así, para estimar el volumen de este árbol es necesario multiplicarlo por un factor de forma, obtenido a partir de los árboles cubicados rigurosamente, teniendo como base del cilindro, el DAP.

### 6.1.1. Factor de forma común o artificial ( $f_{1,30}$ )

Es obtenido por la razón entre el volumen real y el volumen del cilindro, siendo el volumen del cilindro obtenido a partir del DAP con corteza y de la altura total del árbol.

$$f_{1,30} = \frac{V_{real}}{V_{cilindro}} = \frac{V_r}{V_{cil.}} \quad (6.2)$$

$$v_r = g * h * f_{1,30}$$

$$v_r = \frac{\pi}{4} * (DAP)^2 * h * f_{1,30} \quad (6.3)$$

$$v_r = v_{cil.} * f_{1,30}$$

$$v_{cil.} = \frac{\pi}{4} * (DAP)^2 * h \quad (6.4)$$

$$f_{1,30} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{n} \quad 86.5) \quad \text{o} \quad f_{1,30} = \frac{\sum v_r}{\sum v_{cil.}} \quad (6.6)$$

donde:

$f_{1,30}$  = Factor de forma artificial medio

$f_i$  = Factor de forma artificial del árbol i

$v_r$  = Volumen real (riguroso)

$v_{cil.}$  = Volumen del cilindro

### 6.1.2. Factor de forma de HOHENADL o natural ( $f_{1,30}$ )

Es obtenido, por la razón entre el volumen real (riguroso) y el volumen del cilindro, siendo el volumen del cilindro obtenido a partir del diámetro con corteza tomado a  $\frac{1}{10}$  de la altura del árbol y de la altura total.

$$f_{0,1} = \frac{V_{real}}{V_{cilindro}}$$

Para que se obtengan estos dos factores, basta que en la cubicación rigurosa, sean hechas mediciones del diámetro al nivel del DAP y a 10% de la altura del árbol (ver Capítulo 5, epígrafe 5.2.3.2.1), considerándose su altura total.

Un árbol con 13,0 m de altura tiene el  $d_{0,9}$  y el DAP ó  $d_{1,30}$  coincidentes, generando así los factores de formas natural y artificial iguales.

Dos árboles con idénticas formas geométricas y diferentes alturas, poseen diferentes factores de forma artificial, pero el mismo factor de forma natural. Este último puede también ser determinado a través de los cocientes de HOHENADL, como sigue

$$f_{0,9} = 0,2(1,0 + \eta_{0,7}^2 + \eta_{0,5}^2 + \eta_{0,3}^2 + \eta_{0,1}^2)$$

donde:

$\eta_{0,i}^2$  = Cociente de forma natural, estando dado el volumen del árbol por:

$$Vr = \frac{\pi}{4} * (DAP)^2 * h * f_{1,30} = \frac{\pi}{4} * d_{0,9}^2 * h * f_{0,9} \quad (6.7)$$

$$f_{1,30} = \frac{\frac{\pi}{4} * d_{0,9}^2 * h * f_{0,9}}{\frac{\pi}{4} * (DAP)^2 * h} = \frac{d_{0,9}^2 * f_{0,9}}{(DAP)^2} \quad (6.8)$$

El cociente entre DAP y  $d_{0,9}^2$  es denominado cociente de HOHENADL, siendo representado por  $qH = d/d_{0,9}$ , pudiéndose entonces reescribir las fórmulas como:

$$f_{1,30} = \frac{f_{0,9}}{qH^2} \quad \therefore \quad f_{0,9} = f_{1,30} * qH^2 \quad (6.9)$$

En trabajos de investigación realizados por Erasmo (1999) en rodales naturales de ***Pinus caribaea*** y ***Pinus tropicalis***, Padilla (1999) en plantaciones de ***Pinus tropicalis*** y Zaldivar (1999) en plantaciones de *Hibiscus sp.* encontraron respectivamente los factores de forma promedios artificiales siguientes:

<b><i>Pinus caribaea</i></b> (natural)	0,5	<b><i>Pinus tropicalis</i></b> (natural)	0,55
<b><i>Pinus tropicalis</i></b> (Plantación)	0,47	<b><i>Hibiscus sp</i></b> (Plantación)	0,46

### 6.1.3. Comparación entre el factor de forma normal y el factor de forma de HOHENADL

Comparando los dos factores de formas anteriores, se puede plantear lo siguiente:

- cuando el árbol tiene 13,0 metros de altura, estos dos factores son iguales;
- para árboles con más de 13,0 metros el factor de forma normal es menor que el factor de forma de HOHENADL;
- para árboles con menos de 13,0 metros el factor de forma normal es mayor que el factor de forma de HOHENADL;
- el factor de forma de HOHENADL es más eficiente que el factor de forma normal, ya que árboles con diferentes alturas, pero con la misma conicidad, presentan diferentes valores, lo que no ocurre con el factor de forma de HOHENADL;

- el factor de forma normal es mucho más simple de ser aplicado a nivel de campo ya que en las parcelas de los inventarios es más fácil medir el DAP que el diámetro a 10% de la altura; y
- es posible establecer un vínculo entre estos factores. Para esto considere el volumen de un árbol estimado por estos dos factores de forma.

$$v = \frac{\pi}{4} d_{0,9}^2 h f_{0,1} \quad (6.10)$$

$$v = \frac{\pi}{4} DAP^2 h f_{1,3} \quad (6.11)$$

$$v = \frac{\pi}{4} d_{0,9}^2 h f_{0,1} = \frac{\pi}{4} DAP^2 h f_{1,3} \therefore f_{0,1} = \frac{\frac{\pi}{4} DAP^2 h}{\frac{\pi}{4} d_{0,9}^2 h} * f_{1,3}$$

$$f_{0,1} = \frac{DAP^2}{d_{0,9}^2} * f_{1,3} \quad (6.12) \quad \text{ó} \quad f_{1,3} = \frac{d_{0,9}^2}{DAP^2} * f_{0,1} \quad (6.13)$$

## 6.2. Cocientes de forma

Así como el factor de forma, los cocientes de forma expresan la forma del árbol. Estos expresan la razón entre diámetros, siendo utilizados para estimar volúmenes de los árboles. Es una medida menos precisa que el factor de forma, pero más fácil de ser obtenida, ya que no es necesario el derribo de árboles.

Así, la estimación del volumen puede obtenerse por:

$$v = \frac{\pi}{4} DAP^2 h * Q \quad (6.14)$$

Donde:

DAP = diámetro a la altura del pecho;

H = altura del árbol; y

Q = cociente de forma.

Existen diferentes maneras de expresar el cociente de forma que pueden ser utilizados en la estimación del volumen de un árbol, destacándose los de: GIRARD, SCHIFFEL y JOHNSON.

### 6.2.1. Cociente de forma de GIRARD

Este cociente de forma, presentado en 1933, es obtenido por la razón entre el diámetro tomado a 5,2 metros de la altura total del árbol y el diámetro a la altura del pecho, o sea 1,30 m del suelo. Por tanto:

$$Q = \frac{d_{5,2h}}{d_{1,3}} \quad (6.15)$$

### 6.2.2. Cociente de forma de SCHIFFEL

Este cociente de forma fue desarrollado en 1899 y consiste en la razón entre el diámetro tomado en la mitad de la altura total del árbol y el DAP o diámetro a 1,30 m del suelo. Es decir, se puede obtener por la razón que a continuación se presenta:

$$Q = \frac{d_{1/2h}}{d_{1,3}} \quad (6.16)$$

Donde:

$D_{1/2h}$  = es el valor del diámetro tomado en la mitad de la altura del árbol; y

$D_{1,3}$  = diámetro tomado a 1,30 m del suelo.

Este cociente acarrea ciertos inconvenientes para árboles de pequeñas alturas. Árboles con 2,6 m presentan  $Q = 1$  y árboles con alturas inferiores  $Q > 1$ .

### 6.2.3. Cociente de forma de JOHNSON

Este cociente fue desarrollado en 1910, para eliminar el inconveniente presentado por el cociente de SCHIFFEL. Es una adaptación del cociente de SCHIFFEL, en el cual la razón entre los diámetros es obtenida por el diámetro en la mitad de la altura del árbol más 1,30 m y el DAP, conforme se expresa en la siguiente razón.

$$Q = \frac{d_{\frac{1}{2}(h+1,30)}}{DAP} \quad (6.17)$$

Donde:  $d_{\frac{1}{2}(h+1,30)}$  = diámetro tomado en la mitad de la altura más 1,30 m.

Los tres cocientes de formas presentados anteriormente son denominados cocientes de forma artificiales. Los cocientes de forma denominados verdadero o natural fueron presentados por HOHENADL en 1936, conforme ya fue explicado en el epígrafe 5.2.3.2.1 y 6.2.2, consistieron básicamente en la división de la altura total del árbol en cinco (5) secciones iguales, estableciendo una relación entre los diámetros tomados a 10, 30, 50, 70 y 90% de la altura, con el diámetro de HOHENADL, tomado a 10% de la altura.

Estos cocientes son expresados por la relación.

$$\frac{Q_{0,i}}{0,1h} = \frac{d_{0,i}}{d_{0,1h}} \quad (6,18)$$

La mayor aplicación de estos cocientes, ha sido como la tercera variable en tablas de volúmenes formales. Estas relaciones presentan como gran ventaja, la posibilidad de ser comparadas con las de otros árboles, incluso entre árboles con dimensiones diferentes. Como desventaja, se puede considerar la medición de la altura, así como la medición de los diámetros a diferentes alturas.