

3.7 Funciones de volumen

Cuando se requiere realizar una estimación de algún atributo detallado de algún fuste, especialmente en secciones que son de difícil medición, es imprescindible realizar estimaciones de ese atributo en pié. Típicamente se está interesado en evaluar por ejemplo el volumen aserrable de una sección o de todo el fuste. Medir ese atributo puede ser innecesariamente costoso, dado que tal vez sea más eficiente económicamente sólo hacer una buena estimación. Por esa razón se han diseñado las funciones o tablas de volumen en pié.

Tipos de volumen a medir en el árbol

Existen diversos tipos de atributos volumétricos de interés a medir y en general se pueden clasificar dependiendo de las características del atributo según :

Tipo de producto:

- **Volumen cúbico:** se refiere a la cantidad de madera sólida fustal en pié, expresada en unidades cúbicas.
- **Volumen comercial:** se refiere a la cantidad de madera aprovechable como materia prima para un determinado producto comercial en el fuste en pié, se expresa en unidades del producto comercial: Ej.- aserrable, pulpable, trozable, exportable, debobinable, foliable, etc. Cuando se produce una combinación de productos comerciales simultáneos debe especificarse el esquema de trozado y la jerarquía del producto dentro del esquema de trozado para hacer la estimación.

Con o sin corteza:

- **Volumen con corteza,** se refiere al producto considerando o incluyendo la corteza.- Se agrega el apócrifo c/c
- **Volumen sin corteza,** se refiere al producto descortezado.- Se agrega el apócrifo s/c

Diámetros límites de utilización del producto

Los productos, especialmente cuando se evalúa el volumen potencial de producción, se suele expresar limitando el diámetro de aprovechamiento al diámetro mínimo, debiendo éstos definirse con o sin corteza y cuando se trata de volúmenes comerciales, debe definirse la altura de corte o volteo del árbol.

Típicamente se utilizan diámetros límites comerciales según las limitaciones del producto. Por ejemplo **volumen pulpable hasta 8 cm s/c** en el fuste, que significa el volumen pulpable entre el tocón y 8 cm de diámetro superior sin corteza.

También es usual definir los volúmenes entre diámetros límites de utilización. Ej.- Volumen aserrable **entre diámetros límites de utilización 30 y 20 cm c/c.**

Según pérdidas

Los volúmenes en pié deben ser expresados según su nivel aprovechamiento o pérdida y ello es función del producto a evaluar:

- **Volumen bruto:** Se refiere al volumen en pié del producto sin aplicar descuentos. Ej: Volumen cúbico bruto comercial hasta 10 cm c/c.
- **Volumen neto:** Se refiere al volumen en pié del producto, aplicados los descuentos respectivos: Ej.- Volumen cúbico neto comercial hasta 10 cm c/c.

Dadas estas descripciones el producto en pié queda completamente definido.

La Población

Cuando se está interesado en construir un estimador de atributo del árbol en pié, se debe conocer a priori la población sobre la cuál esta función tendrá aplicación. Esto podrá ser definido cartográficamente, geográficamente, o por simple definición conceptual.

Esta definición resulta muy relevante para garantizar que la construcción sea realizada con métodos de inferencia que tengan cierta fiabilidad estadística en su aplicación. Para ello es estrictamente necesario definir bien el **marco poblacional** y el **diseño muestral** desde el cual serán colectadas las observaciones. En general y como se indicará más adelante es necesario conocer las variables predictoras del modelo y sobre ellas definir el rango en que las muestras serán medidas. Ellas son tradicionalmente del DAP, la Altura total y/o un coeficiente o factor de forma. Una vez definida ésta deberá definirse el marco poblacional y dentro de éste la forma en que se realizará la colecta de muestras y su método de selección.

Es importante conocer a priori la variabilidad en tamaño de la población. Por ello siempre se debe tener una idea del rango en que se moverá la población y por lo tanto la muestra. Si se dispone de información de tablas de rodal o inventarios preliminares será mucho más fácil decidir sobre el tamaño de la muestra de cada clase.

Cuando se intenta conseguir muestras con probabilidad igual a la densidad de probabilidad de la población es natural que queden las clases de tamaño de árboles extremos muy poco pobladas y por el contrario, las clases más comunes sobremuestreadas, ello resulta poco eficiente y por eso es habitual usar un número de muestras fijo por clases diamétricas o a lo más dependiendo de su variabilidad. En general las restricciones presupuestarias son mayores que las exigencias de orden estadísticas, siendo usual fijar un número de muestras constantes en cada clase diamétrica e igual al costo de operación total.

Naturalmente las estimaciones deben ser realizadas para la especie o grupos de especies definidas a priori. Por ejemplo volumen cúbico en pié bruto con corteza para Ulmo, en la Cordillera del Sarao, Décima Región, Chile.

Muchas veces por restricciones de tipo económica no es posible construir una función de volumen para cada especie. En esos casos se agrupan de acuerdo a formas fustales visualmente parecidas y se ajusta una única función.

La Muestra

Una vez definida la población y su marco, ya sea que éste sea estimado a través de un inventario forestal o por simple estimación, se deberá asignar el tamaño de la muestra y su forma de medición. En relación con el **tamaño de la muestra**, ésta está habitualmente condicionada por factores de limitaciones económicas. Idealmente las mediciones deben ser realizadas objetivamente sobre los árboles. Si esto significa realizar volteo de árboles por la magnitud de la inferencia, ello debe ser

hecho. Si ello no es posible, se pueden usar dendrómetros ópticos. Es difícil confiar en estimaciones que no cuenten con una base muestral lo suficientemente pobladas para realizar las estimaciones. A veces se utilizan las llamadas deducciones indirectas de tablas o funciones, que son simples ajustes basados en muestras muy pequeñas sobre otras tablas de volumen anteriormente construídas. La confiabilidad estadística es baja dado que se construyen en base a estimadores de otros estimadores.

Se debe idealmente fijar una amplitud de tamaño de clases que tenga una variabilidad interior proporcional al volumen contenido en la clase. Se pueden agregar las clases diamétricas pequeñas pero no así las grandes. Estadísticamente no tiene sentido tener muestras inferiores a tres individuos por clase.

La **forma de muestrear** la población se puede realizar con una tabla preclasificada por clases de tamaño y se debe ir al bosque a tratar de conseguir con algún criterio de aleatoriedad la colecta de cada individuo, ya sea con transectos aleatorios, o bien, a la vez que se va haciendo el inventario, se pueden coleccionar submuestras de manera de ir poblando el marco prefijado de colecta. Es muy fácil de poblar la base en sus valores más probables. Ésta situación se hace crítica en los valores extremos, especialmente en los casos de árboles de gran tamaño, que son escasos. Para ello es práctico hacerse instruir por conocedores del bosque que pueden ubicar los árboles con facilidad. Si ello no es posible, se puede acudir a la valiosa información de cobertura de imágenes fotográficas, en donde basado en la textura y densidad del rodal, se pueden distinguir los árboles de mayor tamaño.

La medición de los diámetros debe ser realizada con el mayor cuidado y frecuencia que sea posible, a fin de evitar errores de estimación, cuidando de la misma forma evitar los errores de medición. Es habitual en el volteo proceder a medir diámetros cada un metro en la base, aumentando a dos metros en la sección media y a cuatro metros en las secciones superiores. Se debe tener cuidado de medir con una intensidad proporcional a la contribución de la sección del árbol al volumen. Debe medirse dos diámetros si la sección no es circular, los espesores de corteza, la pérdidas por falta de rectitud en el fuste y todas aquellas mediciones que contribuyan significativamente al cálculo de los volúmenes.

Los neozelandeses han construído un sistema de medición de forma y tamaño fustal en plantaciones de pino insigne independientemente, asignando calidades a diversas secciones del fuste, para luego permitir recalcularse las opciones de trozado las veces que sea necesario. (MARVL)

Los tipos de funciones o tablas de volumen

Se reconocen dos tipos de funciones de volumen:

- Tablas locales: son aquellas en que se predice el volumen de algún atributo basado sólo en el tamaño de su DAP. Estas tablas o funciones son útiles sólo en rodales coetáneos, donde la dispersión de alturas y formas es baja dentro de las clases diamétricas. Por ello se aplican normalmente a rodales uniformes en sitio y edad.
- Tablas generales de volumen, son aquellas en que se agrega aparte del DAP, la altura total y/o coeficientes de forma y/o algún diámetro superior como predictor del volumen. Ello se justifica, cuando la imprecisión dentro de la clase diamétrica es alta y el costo de medir la variable altura justifica el aumento en la precisión de la estimación. La contribución de la altura total del árbol es importante, sobre todo cuando se utilizan funciones de ahusamiento para la cubicación. Sin embargo la contribución marginal de otras variables independientes

predictoras es cada vez mas bajo. Por esa razón rara vez se alcanza a usar algún diámetro superior. Existen muchas tablas de volumen construídas con propósito de cobertura nacional. En esos casos indudablemente se debe emplear además del DAP y la altura total, algún factor o coeficiente de forma.

Los modelos o funciones mas empleadas an la construcción de una tabla de volumen

En general se prefiere utilizar algunas relaciones lineales entre el atributo y las variables predictoras. Se han empleado exitosamente las siguientes ecuaciones:

- Ecuaciones locales comunes:

$$V = a + b Dap^2$$

$$V/D = a + b Dap$$

$$Ln V = a + b Ln Dap$$

- Ecuaciones generales comunes:

$$V = a + b Dap^2 * H * f$$

$$V = b Dap^2 * H * f$$

$$V/H = a + b Dap^2 * f$$

$$V/Dap^2 = a + b H * F$$

$$Ln V = a + b Ln Dap + c Ln H + d Ln f$$

Donde: V : volumen

Dap, H, f : variables del árbol,

a, b, c, d : parámetros de ajuste del modelo a determinar