



**MANUAL DE  
MEDICIONES  
FORESTALES**



Autor: Fermín Izco Cabezón  
Colaborador: Ana Ariz Argaya

Agradecimientos: Toño Astrain  
Fermín Olabe

Edita: Asociación Foresna – Zurgaia

Colabora: Gobierno de Navarra

Diseño y maquetación: Contacto Gráfico

Dibujos: ° MACUNIX “Ideas para imprimir”  
° Isabel Mancebo Balda

<b>PROLOGO</b>	5
<b>NOTA DEL AUTOR</b>	6
<b>INTRODUCCIÓN</b>	7
<b>MEDICIÓN DE ÁRBOLES</b>	9
Medición de un árbol apeado	9
Medición de árboles en pie	11
Ventas de madera	11
Concesión	11
Consortio	11
Venta directa	12
Subasta a la baja	12
Subasta al alza con riesgo y ventura	12
Subasta al alza a resultas	12
Concurso	12
<b>MEDICIÓN DE LA MADERA</b>	13
Medición del perímetro o del diámetro	14
Aparatos mas usados en medición de diámetros	15
Cintas métricas	15
Forcípulas	15
Aparatos con menos uso en medición de diámetros	17
Forcípula óptica de Wheeler	17
Forcípula de Bitterlich	17
Dendrómetro de Barr-Stroud	18
Relascopeo de Bitterlich	18
<b>MEDICIONES DE ALTURA</b>	19
Sistemas y aparatos más usados en la medición de alturas:	20
Palo del celador o pértiga	20
Hipsómetro Blume-Leiss	20
Hipsómetro Suunto	23
Vertex	24
Sistemas y aparatos de medición de alturas con menor uso	25
Medición de la altura de una árbol en pie por estimación directa.	25
Hipsómetro o regla de Christen	26
Relascopeo de Bitterlich	26
Nivel de Abey	27
Métodos caseros (a ojo de buen cubero; lápiz del ingeniero...)	28
Planchetas hipsométricas	29

Cruz del hachero	30
Mediciones de corteza.	31
Medición del tamaño de copa.	32
<b>CLASIFICACIÓN DE LA MADERA</b>	33
<b>CUBICACIÓN DE ÁRBOLES. DERRIBADOS Y EN PIE</b>	37
Cubicación de troncos	37
Cubicación de madera delgada y leñas	41
Árboles tipo. Análisis del tronco	43
<b>MEDIDAS Y CUBICACIÓN DE MASAS FORESTALES</b>	45
Aplicación de tarifas de cubicación	49
Precisión y errores de las tarifas de cubicación	50
Casos habituales en navarra	51
<b>CRECIMIENTOS DE UN ÁRBOL Y DE UNA MASA</b>	53
Desarrollo y edad del árbol	53
Crecimiento en edad	56
Método no destructivo: Barrena de Presley	56
Método destructivo. Apeo de árboles (árboles tipo)	57
Crecimiento en altura de un árbol	57
Crecimiento en volumen de un árbol	57
Crecimiento de la masa	57
<b>MEDICIONES DE SUPERFICIE</b>	59
Métodos para medir la superficie de un terreno: En oficina	60
Métodos para medir la superficie de un terreno: En campo	62
a) Método de la cuerda	62
b) Por recorrido perimetral	63
<b>TABLAS DE PRODUCCIÓN</b>	68
Tipos de tablas de producción según Madrigal	68
Utilización de las tablas de producción	68
<b>EJEMPLO DE CÁLCULO DE VOLUMEN EN CORTA DE UN HAYEDO</b>	71
Superficie	71
Arbolado adulto. Madera de dimensiones diametrales altas (media menor de 20 cm de diámetro a 1,30 sobre el suelo)	72
<b>DASOMETRÍA EN EL FUTURO. TENDENCIAS</b>	77
<b>ANEXO DE ÁRBOL TIPO</b>	79
<b>GLOSARIO</b>	81
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	88

Con motivo del Programa Europeo Eurosilvasur (Proyectos RECITE II), dirigido a potenciar el sector forestal en las regiones del marco Atlántico en el que han participado además de Navarra, las regiones de País Vasco, y Galicia en España, Centro y Norte de Portugal y Aquitania y Poitou- Charentes en Francia, la Asociación Forestal de Navarra FORESNA – ZURGAIA ha querido aprovechar esta acción para editar un manual de mediciones forestales.

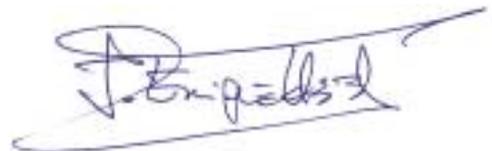
Fruto de este estudio, realizado por Ekilan S.L, ha surgido este manual de mediciones forestales en Navarra, que se enmarca dentro de los objetivos de la Acción II de dicho Programa, encaminada a la homogeneización de los sistemas de cubicación dentro del marco Atlántico.

En un primer momento, hemos considerado adecuado comenzar dicha homogeneización por la región de Navarra, de una manera muy somera, ya que esperamos que este manual sea un punto de partida, para desarrollar un debate mas profundo sobre la cubicación y la valoración en el sector forestal.

Pretendemos que de una forma clara y rigurosa, dirigida tanto al propietario y gestor forestal, como a los profesionales del sector, se conozcan algunas de las principales formas de medir y cubicar el arbolado en nuestra región, así como, realizar un recordatorio sobre algunas de las principales bases sobre las que se fundamenta la cubicación y valoración forestal (mediciones de superficies, tablas de producción, clasificación de la madera, crecimientos,...).

Esperamos que este manual os sea útil, potencie vuestra labor, y sea beneficiosa para el sector forestal.

Enrique Usechi  
Presidente de Foresna Zurgai



El objeto de este manual es la recopilación y difusión de muchos conceptos forestales manejados a diario por los profesionales del sector, a la hora de realizar mediciones en zonas arboladas de Navarra. Los modestos conocimientos del autor aquí expresados, no pretenden tener un carácter científico y por su limitación se ha recurrido a diferentes fuentes bibliográficas específicas, citadas a lo largo de los temas. Si es interés del lector el profundizar en algunos aspectos del texto será necesario remitirse a tratados o libros de dasometría, donde se exponen de manera más completa muchos de los aspectos presentados en este manual.

La medición de los árboles forestales es la función de la Dasometría, o dendrometría para los anglosajones. Son varios los aspectos que se pueden medir en un árbol y en las masas forestales: la forma, la altura, los diámetros, el espesor de corteza, la edad, el volumen, los crecimientos, la producción, el tamaño de las copas.

Existen diferencias básicas entre medición de un solo árbol y la de una masa forestal, aunque ésta sea la formada por el conjunto de árboles que conviven en un espacio en común. Básicamente en la medición de un árbol se suelen tomar los datos de diámetro y altura, valores con los que se puede calcular su volumen. Incluso para mediciones de numerosos árboles basta con tomar el dato del diámetro normal y luego utilizar fórmulas adecuadas para la cubicación (tablas o tarifas de cubicación).

Ahora bien, tanto en la altura como en el diámetro existen variables que pueden dispersar los valores de volumen. Así mismo, hay que considerar qué madera es la que se quiere medir dado que de algunas especies nos interesan medidas mayores de 25 cm de diámetro y otras se pueden aprovechar hasta los 7 cm en su parte más delgada.

En este sentido es importante diferenciar las calidades y clasificaciones de madera, ya que en base a ellas se realiza el desglose de mediciones. Lógicamente es un factor directamente relacionado con la demanda de consumo y los procesos industriales para la obtención de productos (vigas, tablones, chapas, virutas, etc).

Respecto al sistema de mediciones el método adoptado es el del Sistema Internacional de Unidades, en el que se emplean los centímetros (cm), las toneladas para peso (Tm), el metro para la altura (m) y el metro cúbico para volumen ( $m^3$ ). Para los productos leñosos es muy utilizado el estéreo como medida.

Por otro lado la precisión de las mediciones depende de la exactitud de las muestras que deberá estar en relación con el valor de los productos (a más precisión se necesita más tiempo en conseguirla). Además valores como el espesor de la corteza, la densidad media, la sequedad de la madera, pueden alterar la realidad de los datos.

El tiempo empleado en la obtención de cada dato es importante si se tiene en cuenta el precio de mercado de algunos productos. En este sentido es primordial emplear los medios adecuados a cada objetivo, y así por ejemplo se hará un conteo pie a pie con materiales muy valorados y/o en poca cantidad y un muestreo estadístico cuando estos sean en un número muy elevado y/o poco valioso.

Es en estos datos estadísticos, empleados normalmente para grandes zonas, cuando entran en juego los valores de errores, en sus múltiples posibilidades (sistemáticos, aleatorios, de muestreo). Sobre ellos es posible realizar un control y reducir su valor, de cara a que no repercuta de forma perjudicial en los procesos de medición y en los datos finales.

En tiendas y en catálogos especializados en materia forestal la aparición de aparatos que facilitan algunas mediciones es continua. Por el contrario otros sistemas caen en desuso conforme acumulan desventajas frente a los nuevos.

Los crecimientos de la madera a nivel masa o individuo son uno de los aspectos más importantes a la hora de estimar los volúmenes de corta de un monte. En algunos casos también es necesario considerar los incrementos de madera que soportan los lotes de árboles desde su marcación hasta sus derribo (hasta tres años en algunos casos).

La medición de superficies en zonas forestales es un factor importante cuando los trabajos se calculan por unidad de extensión. La consideración de una forma de medir u otra da oscilaciones de hasta el 40% en el tamaño del área.

La experiencia demuestra que existen diferencias en la medición de árboles apeados y en pie, fundamentalmente en lo que respecta a su altura. En comprobaciones de estas medidas se ha observado que en la altura total los desfases pueden llegar a ser del 20%, aunque claro está, esta desviación depende de quien haga la medición y de cómo la realice (tiempo que le dedique y aparato o método empleado). Su repercusión en el cálculo del volumen es proporcional al error cometido.

En pocas ocasiones podemos esperar a medir los árboles una vez apeados, ya normalmente se necesita cubicarlos antes para estimar su volumen y proceder a su venta. El conocer esta desviación entre la medición en pie o en suelo nos sirve para intentar "afinar" más si cabe en cálculo, habida cuenta de la oscilación de los precios finales. En los apartados próximos se van a detallar los diferentes métodos e instrumentos utilizados para la medición de árboles, ya sea en pie o ya derribados.

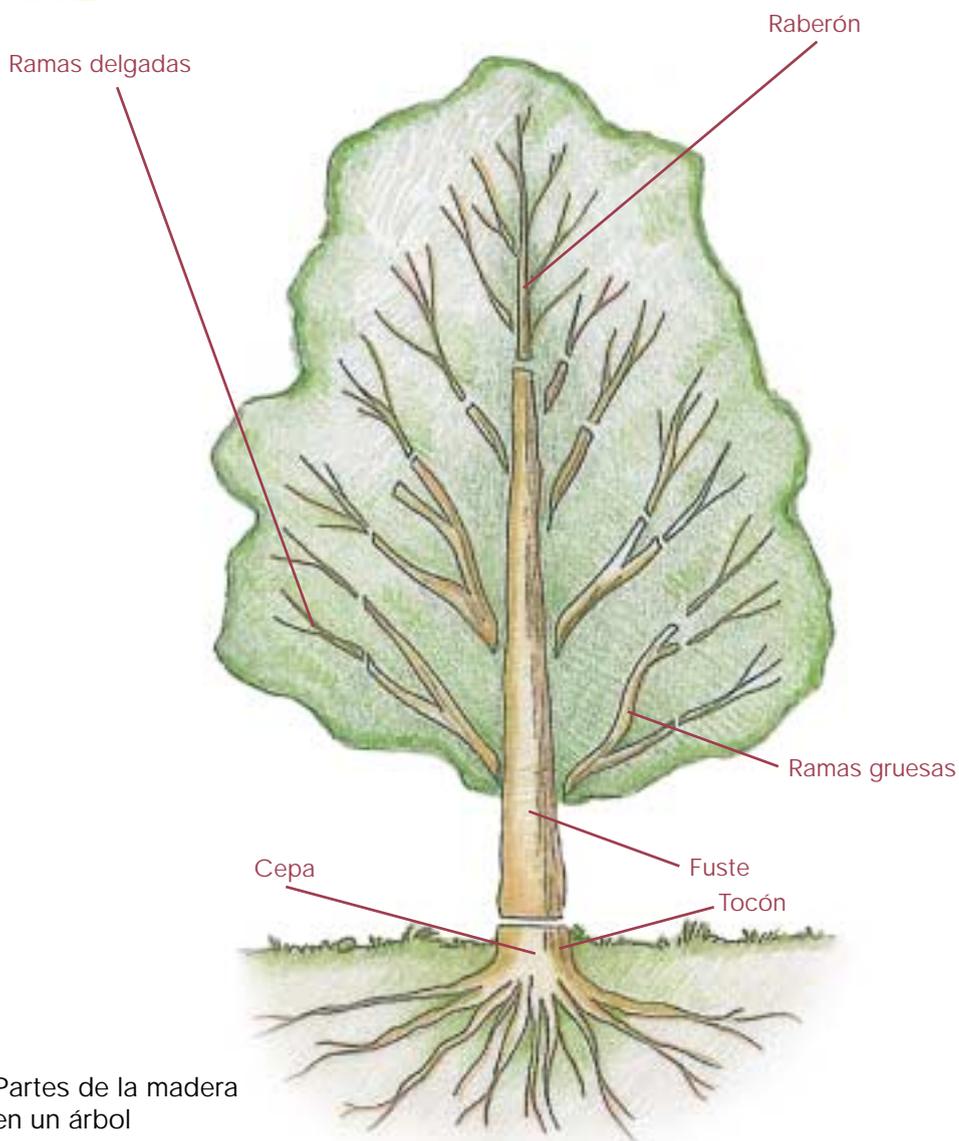
### Medición de un árbol apeado

Las partes de un árbol susceptibles de aprovechamiento de madera son tres: la raíz, el tronco y la copa. El tronco lo constituye la parte central del árbol y se inicia a ras de tierra. Por su forma puede ser entero (como ocurre con casi todas las coníferas) o truncado, en el cual el tronco se subdivide sucesivamente en las ramas hasta perder el eje principal. Este tronco tiene una parte maderable y otra no maderable o residual formada por las ramas de menor grosor.

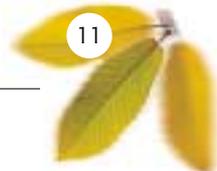
En materia forestal es este fuste maderable la parte más interesante desde el punto de vista de los aprovechamientos.

Los grosores y tamaños están marcados por las necesidades industriales y comerciales, considerándose aprovechable hasta 7 cm en punta delgada.

Del aprovechamiento del fuste quedan en el suelo la madera de las raíces y el tocón (parte no cortada del tronco), que habitualmente no tienen aprovechamiento y se dejan en el monte para su pudrición o se eliminan con medios artificiales de cara a facilitar otras labores sobre el terreno. Por otro lado las ramas son o bien habitualmente utilizadas como productos de leña (principalmente en las frondosas) o bien tratadas a la par que las raíces y tocones.



En los árboles apeados se tomarán las medidas del diámetro de su base y de la longitud del tronco (altura cuando se encuentra sin derribar), mediante el empleo de cinta métrica o de forcípula.



## Medición de árboles en pie

### Ventas de madera

Las ventas de madera en Navarra de los grandes propietarios (habitualmente entidades públicas), se realizan mediante el sistema de riesgo y ventura de madera en pie, no porque sea la única manera de realizar estas ventas, sino porque es el sistema menos complicado. Los propietarios particulares centran la forma de venta en ese mismo sistema de enajenación, pero no es la única forma, ya que según TOLOSANA (2000) son usadas en la Península Ibérica al menos las siguientes:

### Concesión

Sistema por el que el propietario cede a una empresa la realización de los aprovechamientos con una serie de condiciones impuestas (área de explotación, tamaño de los árboles, intensidad, ...). El plazo de explotación suele ser de varios años y en contrapartida el adjudicatario paga una cantidad fija al año.

La ventaja de este método es la planificación por parte del empresa de la realización de los trabajos, con compra del material necesario que puede amortizar a lo largo de varios años.

Método sin apenas aplicación actual en nuestras latitudes (muy usado en las zonas tropicales), pero muy interesante para corta de claras, donde los trabajos de marcación son tanto o más valiosos que los productos extraídos.

### Consortio

No es propiamente un sistema de venta sino un acuerdo establecido entre el propietario y el adjudicatario, el cual se compromete a cuidar o incluso a plantar la masa, repartiendo los beneficios entre ambos. Para evitar abusos por el adjudicatario el propietario se reserva el derecho de tanteo, por lo que puede quedarse con la madera si iguala la cantidad que se paga por ella.

Muy usado durante todo el siglo XX entre el Estado y propietarios de terreno con el fin de repoblar a costa de presupuestos públicos. Estos consorcios se mantienen o en su mayoría, han sido condonados al tener un valor muy reducido la madera existente en comparación al costo de los tratamientos de mantenimiento (pocas veces realizados).

Su actual aplicación se centra en empresas papeleras con productores de eucalipto, principal fuente de pasta de papel. También se dá entre maderistas y propietarios de choperas.

### **Venta directa**

Habitual recurso de los pequeños propietarios de madera que la ofrecen y adjudican a quien consideran más conveniente, ya sea por precio, por facilidades en pagos, por amistad o cualquier otra causa.

### **Subasta a la baja**

Desde un precio máximo se adjudica a la mejor oferta económica. Puede ser en acto público a viva voz o en sobre cerrado.

### **Subasta al alza con riesgo y ventura**

Con la cantidad de madera convenientemente mediada y desde un precio mínimo fijado, precio base, se puja resultando adjudicatario la mayor oferta. Es este precio el que deberá pagar el contratista independientemente de si existen equivocaciones al alza o a la baja en la medición de madera (el más empleado por Ayuntamientos, Concejos y Gobierno de Navarra).

### **Subasta al alza a resultas**

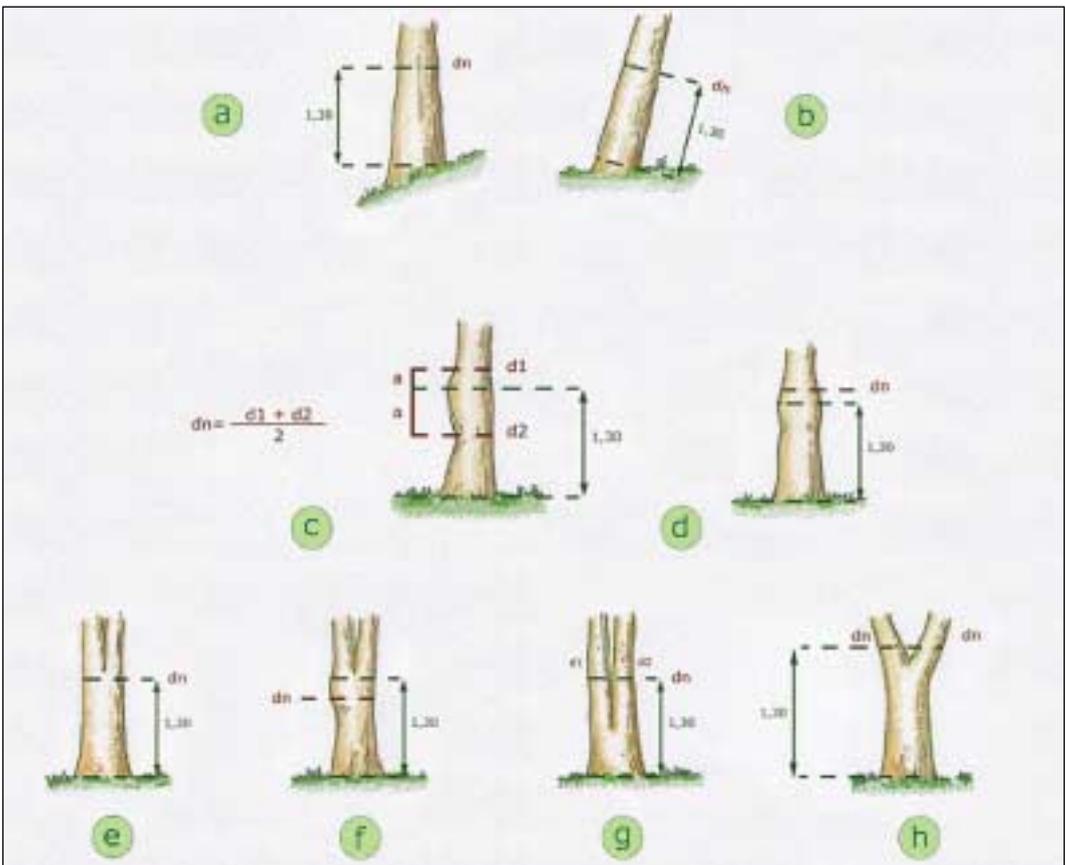
Un sistema que se intenta potenciar actualmente es la venta de madera en pie en un precio por unidad con su posterior medición en cargadero. Sobre éste se realizan separaciones en tamaños o categorías con la posibilidad de reducir las partes defectuosas o podridas. Este sistema no tiene riesgo y ventura para el comprador al medirse la madera con posterioridad al derribo y previamente a su retirada del monte, por lo que permite alcanzar mejores precios por unidad. Aún así se realiza una cubicación en pie para situar las cantidades de la extracción. Se necesita un mayor control por parte del propietario para evitar que el maderista saque la madera del monte antes de su medición.

### **Concurso**

Forma de venta en la que además del precio de la madera entran en valoración aspectos como los medios disponibles por el maderista para la extracción de los productos. Se recurre a este sistema cuando se quieren evitar daños en los árboles que restan en pie, o bien cuando el factor tiempo cuenta para el propietario.

Uno de los muchos motivos que justifican la cubicación de la madera en pie, son los diferentes sistema de venta, ya visto en el apartado anterior. Antes de cubicar un tronco es necesario conocer ciertas medidas, a más número de secciones medidas más precisión tendremos, pero en los árboles en pie la toma de estas mediciones se dificulta enormemente, por lo que es necesario tener muy en cuenta cual de ellas se realiza, considerando el tiempo que debemos emplear.

Una medición sencilla y obvia de tomar es la sección del árbol en su base, pero para ello hay que establecer unas pautas y considerar los diferentes casos que se presentan en la naturaleza (si no todos al menos una mayoría). Esta sección se toma a la altura del pecho, y más en concreto a 1.30 m desde el suelo. Ahora bien, no siempre esto es posible por los siguientes ejemplos:



Variables a la hora de medir el diámetro normal

Cuando se miden varios pies es importante realizar la medición a la misma altura, por lo que se puede llevar una vara de 1,3 metros o, un hecho más práctico, colocar una señal fija de referencia en la vestimenta de quien hace la medición.

### Medición del perímetro o del diámetro

Ya se sabe que la relación entre perímetro y diámetro está en función de:

$$P = \pi D$$

Ejemplo: $D = 32,5 \text{ cm}$ $P = 1,02 \text{ m}$
--

donde:

P es el perímetro en metros

$\pi$  es el valor de 3,14

D el diámetro en metros ( $D = 2 \text{ Radios}$ )

Matemáticamente es indistinto tomar una medida u otra de cara a conocer la sección de un árbol. Según algunas personas la cinta puede llevar a exceso si no se pone perfectamente perpendicular al tronco, o bien si no se tensa lo suficiente por las irregularidades de la corteza.

Ejemplo del mismo árbol pero con la cinta torcida: $D = 35,0 \text{ cm}$ $P = 1,10 \text{ m}$
---

Por el contrario la ventaja de la cinta es la facilidad de transporte; el menor precio en su adquisición; la posibilidad de medir grandes diámetros que las forcípulas normales no son capaces de abarcar.

La forma más extendida en Navarra de medición de diámetros en árboles forestales es el empleo de forcípula con brazo móvil. Su mayor inconveniente proviene de los árboles que no tiene una sección redonda, ya que si medimos la parte más ancha excederemos las existencias reales, al contrario de lo que sucede si medimos en su parte más estrecha.

Ejemplo: Cinta: $P = 1,02 \text{ m}$ Forcípula: $D_1 = 30,0 \text{ cm}$ $D_2 = 35,0 \text{ cm}$ $D_m = 32,5 \text{ cm}$
---



La experiencia nos dice que la toma de muestra de dos diámetros en sentido perpendicular reduce el error de sección elíptica y además es ligeramente más rápida que la toma de muestras con cinta para medir el perímetro (alrededor de un 20% menos en tiempo). Además de esta ventaja de tiempo, resulta mucho más cómodo el uso de la forcípula (diámetros) ya que en árboles gruesos es necesario el esfuerzo de dos personas para medir el perímetro.

## Aparatos más usados en medición de diámetros

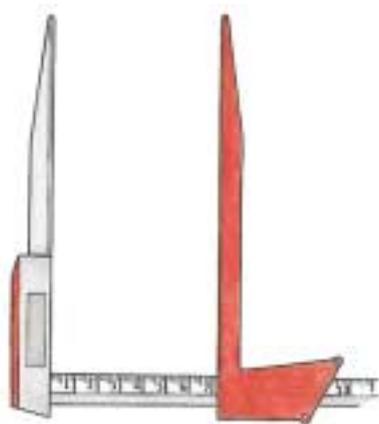
### Cintas métricas

Además de las centimétricas, las hay que en su escala de lectura se presenta directamente el diámetro del árbol. Según el material del que se fabrican las hay plásticas, metálicas o con base de alambre recubiertas de plástico, éstas últimas las más cómodas y fiables.

### Forcípulas

Según PARDÉ (1994) las primeras referencias bibliográficas en las que se reflejan asuntos de medición forestal, datan del siglo XVIII, y en ellas se miden los árboles por su circunferencia.

No es hasta principio del siglo siguiente en el que el uso de las forcípulas comienza a ser extendido.



Forcípula centimétrica



Forcípula compensada



Forcípula finlandesa y lectura de 4m de altura



La más extendida y usada es la de brazo móvil, con un brazo graduado, bien en centímetros (hasta milímetros), bien en clases diamétricas, llamándose entonces forcípula compensada. De estas las más utilizadas son las que tienen una amplitud de 5 cm, lo que significa por ejemplo que un árbol de diámetro 35 cm tiene en realidad un diámetro comprendido entre 32,5 y 37,5 cm.

Una variante empleada para numerosas muestras es la forcípula registradora, en la que se graban las mediciones realizadas. Desde hace años los sistemas analógicos se han sustituido por otros digitales, con compatibilidad en los ordenadores, lo que simplifica el trabajo cuando la cantidad de pies a medir es alta.

Las Forcípulas de brazo fijo más conocida es la llamada finlandesa, construida en madera o materiales plásticos. Aunque pueden ser usadas para todo tipo de diámetros en sus diferentes alturas, normalmente se usan con el empleo de pértigas (de 4 a 8 metros) en la medición de diámetros a ciertas alturas.

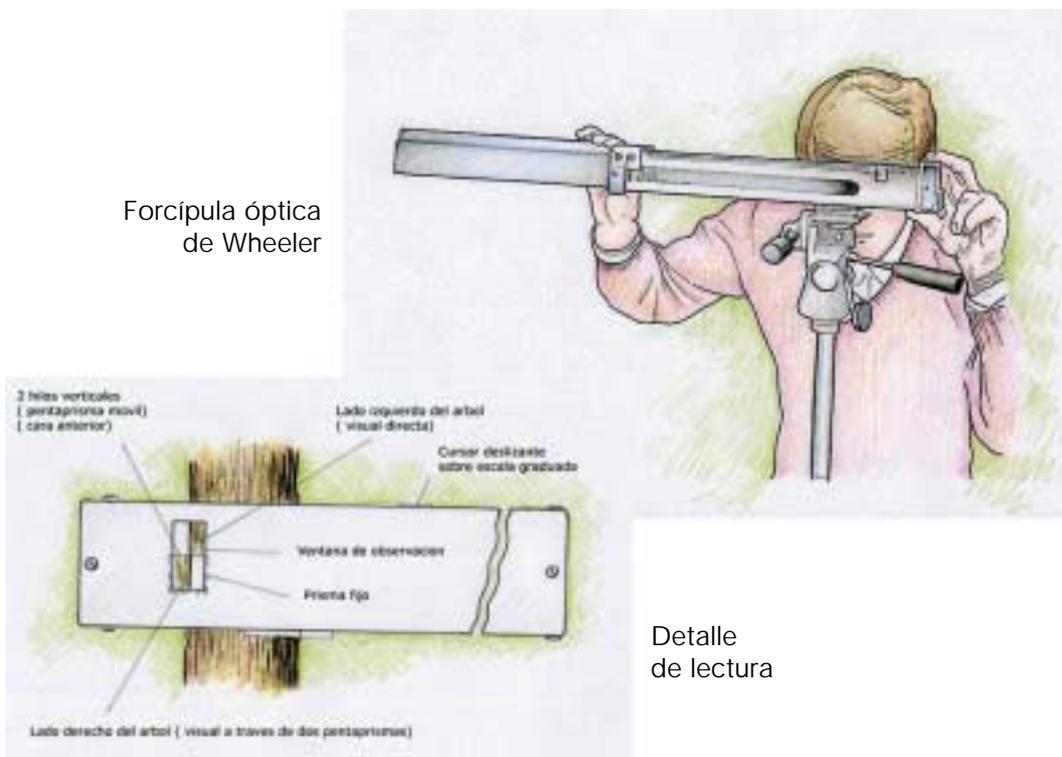


## Aparatos con menor uso en medición de diámetros

### Forcípula óptica de Wheeler

También conocido con el nombre de pentaprisma, porque lleva dos unidades incorporadas, permite la medición de diámetros a cualquier altura y a distancia indeterminada.

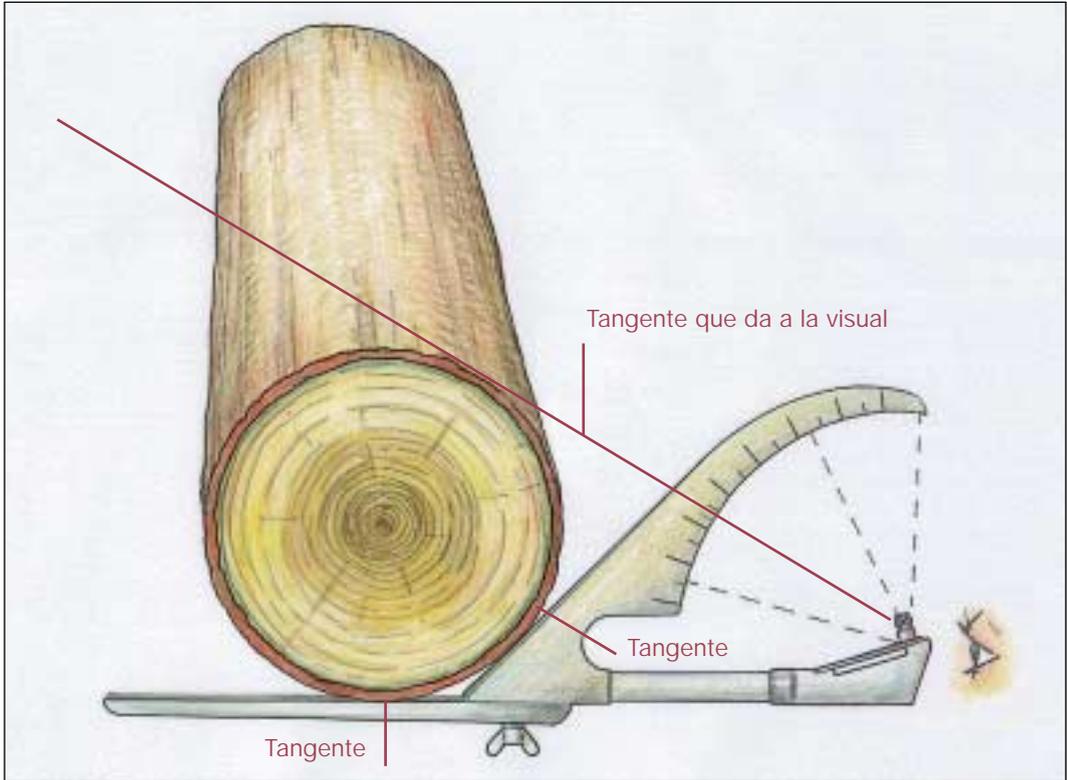
Uno de los prismas es fijo mientras que el otro se desliza sobre una escala graduada de las mediciones. El visor está dividido en dos partes. En el dibujo apreciamos la posición de lectura del aparato.



Permite medir hasta árboles de casi un metro de diámetro, pero su inconveniente es el precio, 2.500 €.

### Forcípula de Bitterlich

Una forcípula de brazo fijo poco usada por su aparatosidad y peso, la dificultad de uso y su alto precio.



Lectura en una forcípula de Bitterlich

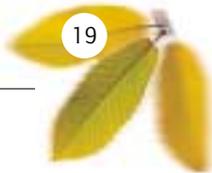
Una de sus ventajas es que permiten estimaciones del área basimétrica y de la dimensión diametral del árbol medio, incluso existen en el mercado algunos modelos con escalas adicionales en las que se lee directamente los volúmenes.

### Dendrómetro de Barr-Stroud

Aparato de origen inglés, entre sus usos se encuentra la medición de diámetros a cualquier altura y la cubicación de árboles en pie con una precisión de  $\pm 1\%$ . Por el alto precio de mercado y la semejanza de funciones con teodolitos, el aparato ya no se encuentra a la venta.

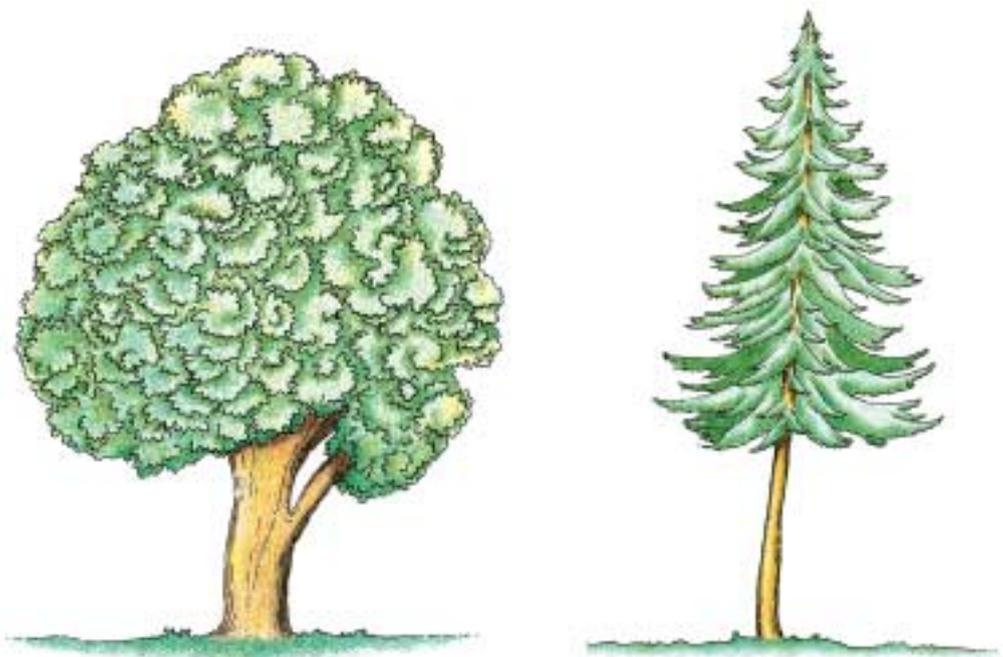
### Relascopio de Bitterlich

Aparato polifacético uno de cuyos usos es el de medir diámetros a diferentes alturas. Los mayores inconvenientes son el alto precio y la dificultad de empleo, sobre el que existe manuales de manejo específicos BITTERLICH (1984), DUPLAT y PERROTTE (1981).



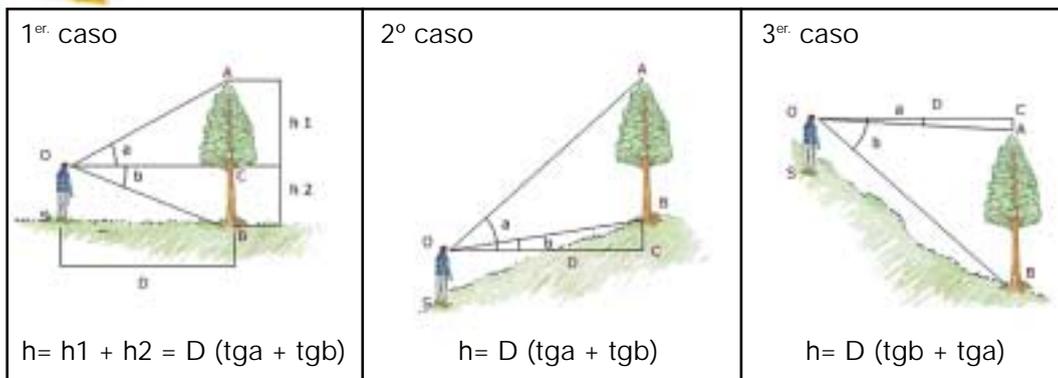
## Mediciones de altura

Es evidente la importancia de la altura en un árbol en pie para el cálculo del volumen del tronco. Habitualmente se entiende que la altura de un árbol es la altura total medida hasta las últimas hojas de la copa. Sin embargo para conocer el volumen maderable hemos de considerar únicamente la altura hasta la que va ser aprovechado el fuste (7 cm para tronquillo ó 20-30 cm para madera). Esto se dificulta más en el caso de las frondosas por la forma globosa de sus copas, en contra de la simplicidad de las coníferas con forma más cónica donde es más sencillo apreciar la forma del tronco.



Formas de árboles principales: frondosas y coníferas

Los instrumentos de medida de altura se basan en principios trigonométricos o geométricos. Con el fin de evitar fórmulas y demostraciones matemáticas un tanto engorrosas para el fin de este manual, nos limitamos a representar los esquemas gráficos de estos principios, remitiendo a la bibliografía a quien quiera encontrar mayores detalles al respecto.



Casos de lectura de un árbol

Es habitual utilizar la palabra clisímetros, eclímetros o hipsómetros, pero aunque son aparatos muy sencillos y fundamentados en el mismo principio (cajas con péndulos interiores sujetos de un punto de manera que siempre se mantienen en la vertical aunque el aparato se gire), existen pequeñas diferencias entre ellos, las cuales vamos a aclarar de forma sencilla:

**clisímetros:** son aquellos cuyas escalas de lectura están reflejadas en las tangentes de los ángulos.

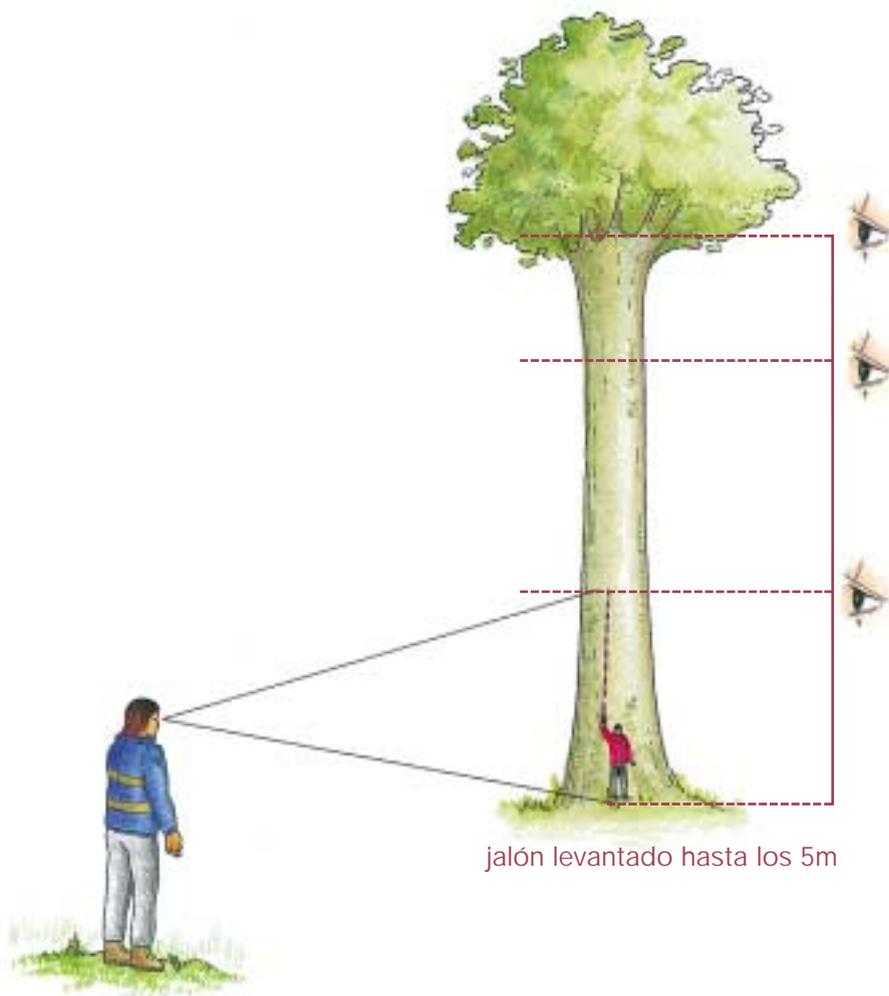
**eclímetros:** las escalas de lectura están reflejadas en los ángulos.

**hipsómetros:** las escalas de lectura dan las alturas de la medición siempre que nos coloquemos a la distancia indicada en cada escala. También suelen incorporar otra lectura de ángulos (eclímetros) o de tangente de los ángulos (clisímetro)

### Sistemas y aparatos más usados en la medición de alturas:

#### Palo del celador o pértiga

Muy utilizado por el personal de campo en Navarra, consiste en colocar cerca del tronco a medir un palo de tres metros de altura, levantado por un operario otros dos metros (cuidado con la persona que porta el palo ya que puede ser de pequeña talla o bien estirarse demasiado). Con esta referencia se hace la prolongación de la distancia entre la punta del palo y el suelo hasta la altura de medida deseada (altura total o punto del árbol con diámetro mínimo estimado).



Medición de la altura de un árbol con referencia de pértiga

Ejemplo: en el dibujo adjunto la medición del árbol es de unos 13 m.

En la práctica este es el método más usado ya que no se necesita una colocación a distancia conocida del árbol a medir, ni de aparatos caros ni sofisticados.

Los errores de medición son desconocidos y dependen de la experiencia y buen hacer de quien realiza la estimación.

### Hipsómetro Blume-Leiss

Aparto compacto con forma de pistola en la que hay que medir la distancia de colocación hasta el árbol a medir.

Los modelos más avanzados tiene dos agujas unidas al péndulo y que se liberan mediante los botones de forma que se enrasa al punto más bajo del árbol y al más alto. La lectura en la escala adecuada (según distancia de colocación, de 15, 20, 25 o 30 m) es la altura del árbol.

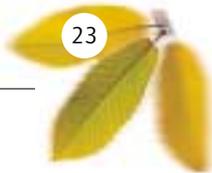


Blume-Leis  
con dos  
agujas de lectura

Las operaciones para la medición son las siguientes:

1. Elegir la escala de medición adecuada, mejor si es similar a la altura del árbol a medir (ejemplo: en un árbol de unos 24 m, es mejor elegir la escala de 25 que la de 15, 20 ó 30 metros).
2. Situarse a la distancia de utilización (25 m hasta el pie).
3. Liberar el péndulo y dirigir la visual a la cima de árbol. Inmovilizar el péndulo y tomar la lectura en la escala correspondiente.
4. Dirigir la visual a la base del árbol y realizar el mismo proceso.
5. Se calcula la altura total por suma algebraica de la lecturas.

El precio en el mercado va de los 300 a los 600 €, según el número de péndulos y si llevan visor dióptrico para situarse a una distancia concreta del árbol.



### Hipsómetro Suunto

Aparato de origen finlandés con el mismo principio de el Blume-Leiss, pero mucho más pequeño, con caja de aluminio estanca que lo aísla de las condiciones atmosféricas. Las escalas de lectura son de 15 y 20 m, lo que permite tomar mediciones a 30 y 40 m duplicando las escalas anteriores.



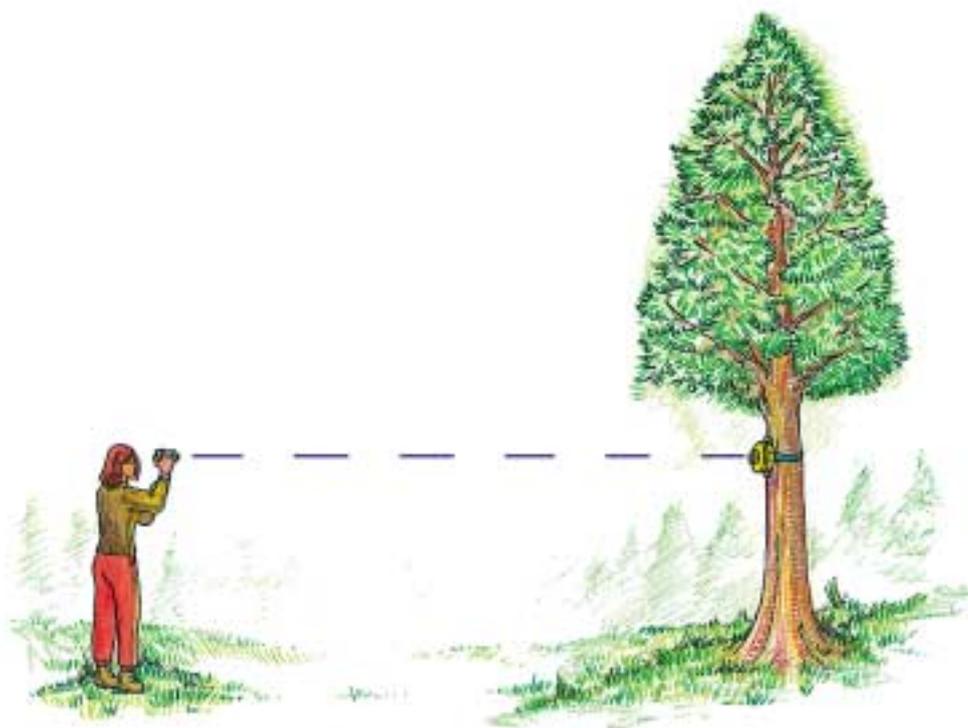
Aparato Suunto  
para medición  
de alturas



### Vertex

Hipsómetro digital con telémetro sónico incorporado, lo que presenta una serie de ventajas:

- permite la colocación del lector a cualquier distancia del árbol menor a 30 m, lo que evita el emplazamiento a las distancias prefijadas en los hipsómetros Suunto y Blume-Leiss (15, 20, 25, 30 ó 40 m). Con ello se consigue un ahorro de tiempo y un aumento de comodidad en terrenos de mal acceso.
- se aprecia mas claramente el extremo del árbol medido gracias a su visor láser.



Detalle de la medición de distancia de colocación al árbol donde se coloca el reflector.



Aparato Vertex



En su contra presenta al menos los siguientes inconvenientes:

- es un aparato diez veces más caro que el Suunto más sencillo, 1.300 €, por lo que lo aleja de un uso masivo del personal de campo.
- los componentes electrónicos lo hacen más sensible a golpes, caídas y condiciones de humedad.

Según AUNOS (2002) en comparaciones realizadas entre el Suunto y el Vertex, con éste último se consigue más precisión (2% de error) sobre los árboles medidos, en comparación con el Suunto (4% de error). También el rendimiento de trabajo es mayor en el Vertex (algo más de la mitad).

## Sistemas y aparatos de medición de alturas con menor uso

### Medición de la altura de un árbol en pie por estimación directa.

Consiste en el uso de escaleras largas con las que acceder hasta el rabeón. Desde aquí hasta la punta se utilizan pértigas. Obviamente este método es muy peligroso por las posibles caídas y pesado por la necesidad de llevar la escalera de un árbol a otro.

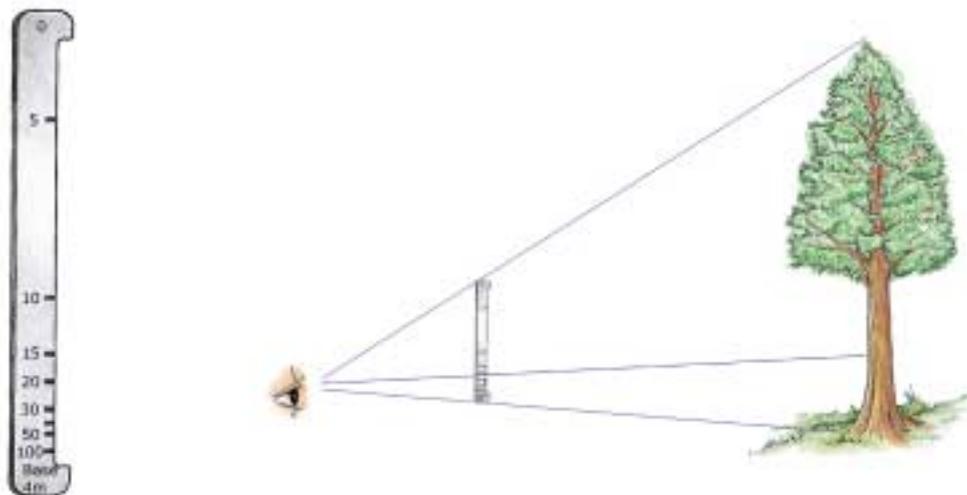
Una variante solo utilizada en trabajos de investigación o estudios concretos es el uso de pértigas extensibles o telescópicas hasta llegar a la altura de medida. Normalmente estas pértigas están graduadas en tramos muy visibles de 10 en 10 cm, de manera que se aprecia perfectamente desde el suelo.

## Hipsómetro o regla de Christen

Según PITA (1979) es un aparato muy empleado en Francia por su sencillez, reducido costo y fácil manejo. Además basta con colocarse a cualquier distancia de árbol en la que se vean su base y la parte más alta del árbol. Consta del aparato y de una regla de 4 m que se apoya en la base del árbol.

Inventado en 1891, en su modelo más corriente mide 30 cm y está construido en latón. Hay que encajar las ranuras superior e inferior en los extremos del árbol a medir.

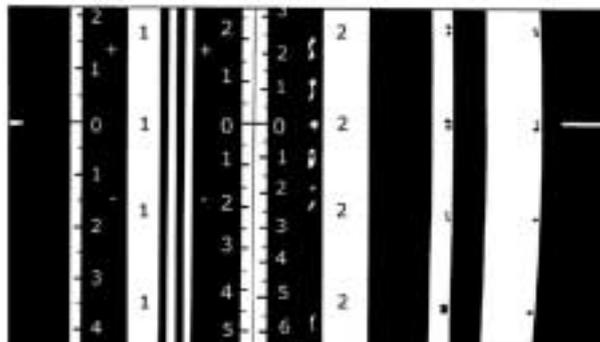
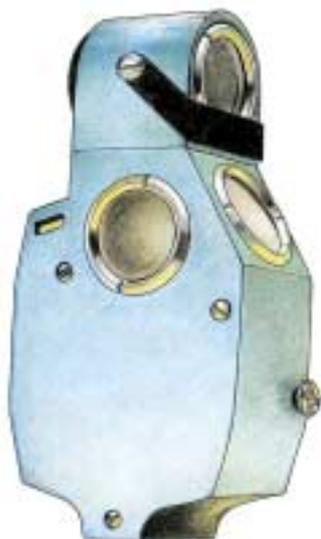
Para evitar los inconvenientes de este aparato, fundamentalmente el aumento de error cuanto mayor es la altura del árbol, a partir de 20 m, se han realizado distintas variables, entre las que destaca la de Daaler.



Regla de Christen y detalle de toma de altura

## Relascopio de Bitterlich

Además de poder medir las alturas es posible la colocación a una distancia dada, sin necesidad de acercarse al pie a medir. La mayor ventaja de este aparato es la versatilidad de uso: alturas, distancia al árbol, área basimétrica, volumen del árbol o de las trozas, diámetro a diferentes alturas, densidad de pies y distribución diamétrica por hectárea.

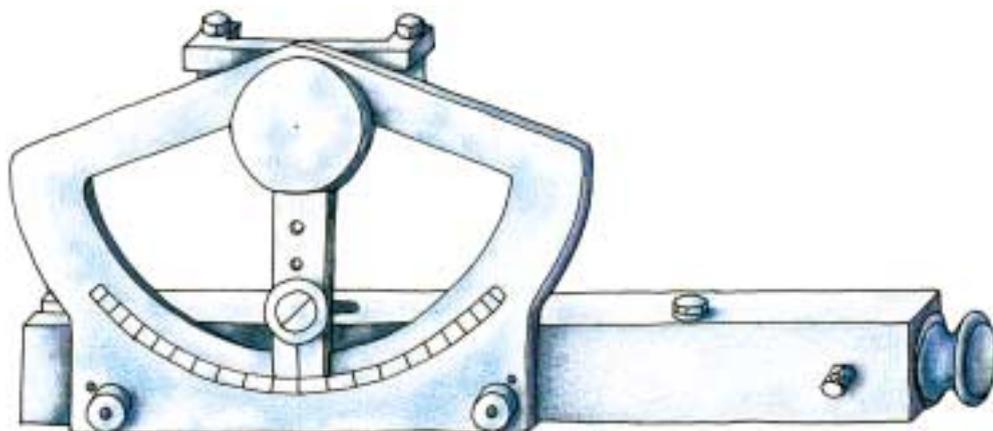


Sin embargo la complejidad de manejo y el alto precio 1.500 €, hacen que sea un aparato usado en momento puntuales o inventarios específicos.

Relascope de Bitterlich con fragmento de las escala de lectura

### Nivel de Abey

En palabras de PITA (1979) es de origen anglosajón con cierta complicación en el uso, además de tener la desventaja de operar mal en condiciones de media visibilidad, ya que distorsiona parte de la doble imagen vista en el tubo de puntería. La ventaja de este instrumento es la ubicación a cualquier distancia del árbol, es decir, no hay que atenerse a escalas predeterminadas para la lectura.



Nivel de Abey

### Métodos caseros (a ojo de buen cubero; lápiz del ingeniero...)

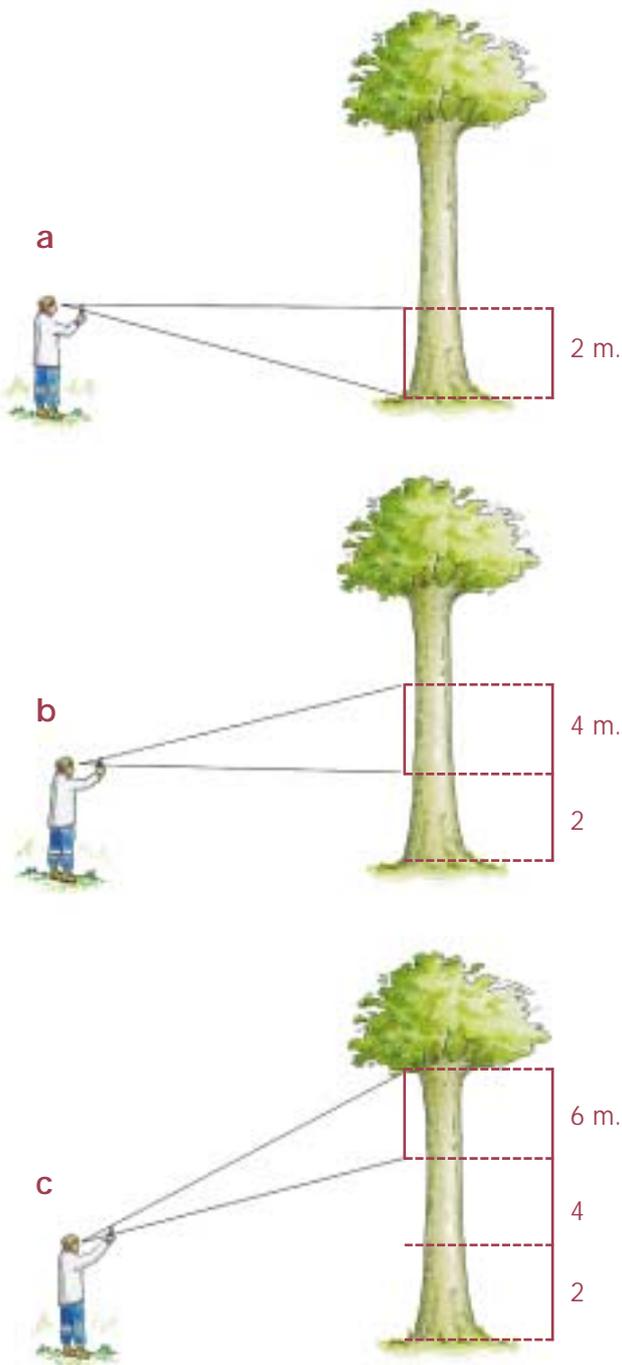
No son métodos científicos y parecen poco objetivos, pero la experiencia contrastada de algunas personas permiten valorar la altura de un árbol con un índice de error muy reducido, por lo que también ha de considerarse como válida.

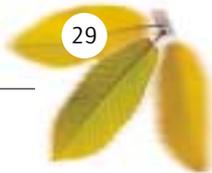
Utilizado por los maderistas más expertos a la hora de evaluar la medición previa a la compra de madera.

Otro sistema subjetivo o fruto de la experiencia, según los casos, es el empleo del lápiz a modo de referencia de las trozas del árbol en pie, de manera que se arrastra una longitud conocida (la altura de la persona que mide el diámetro) a todo el tronco del árbol.

En sus múltiples variantes (lápiz, bolígrafo, tiza,...), es un método recomendable solo para ser base de apuestas entre los operarios, ya que la apreciación de la altura es poco "profesional" y muy "variable".

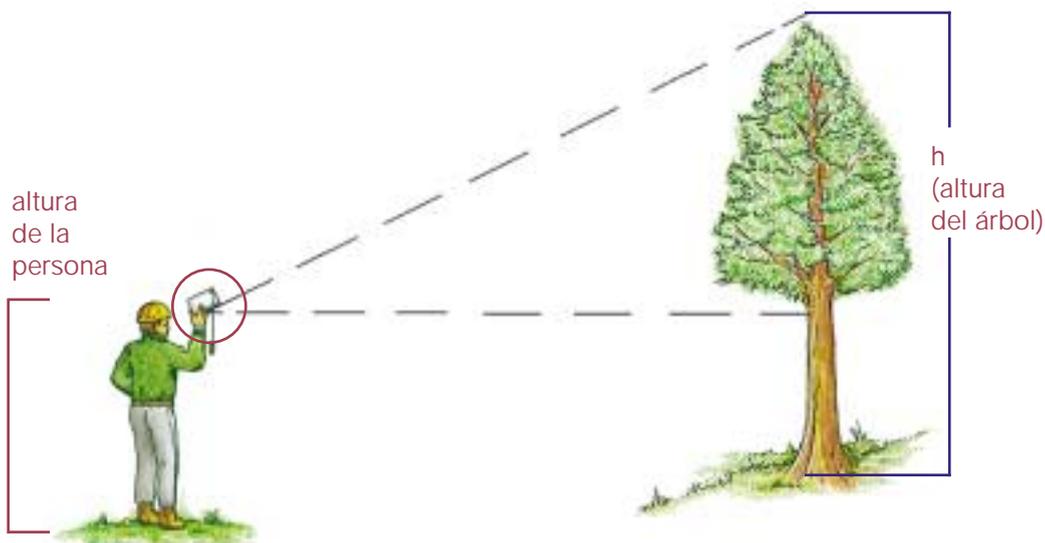
Toma de altura con referencia de un lápiz



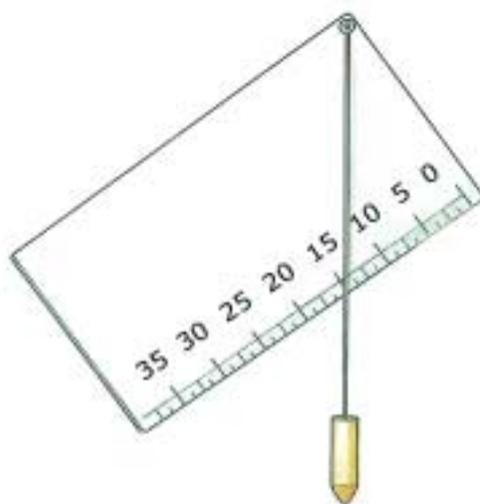


### Planchetas hipsométricas

Método basado en el principio de triángulos rectángulos semejantes, son aparatos hechos con tabletas de madera, habitualmente de fabricación casera, de 10 ó 20 cm de lado, en los que colocándose a esa distancia del árbol, podemos saber la altura del árbol (se graban en la plancheta muescas en cm que se corresponden a los metros de altura del árbol).



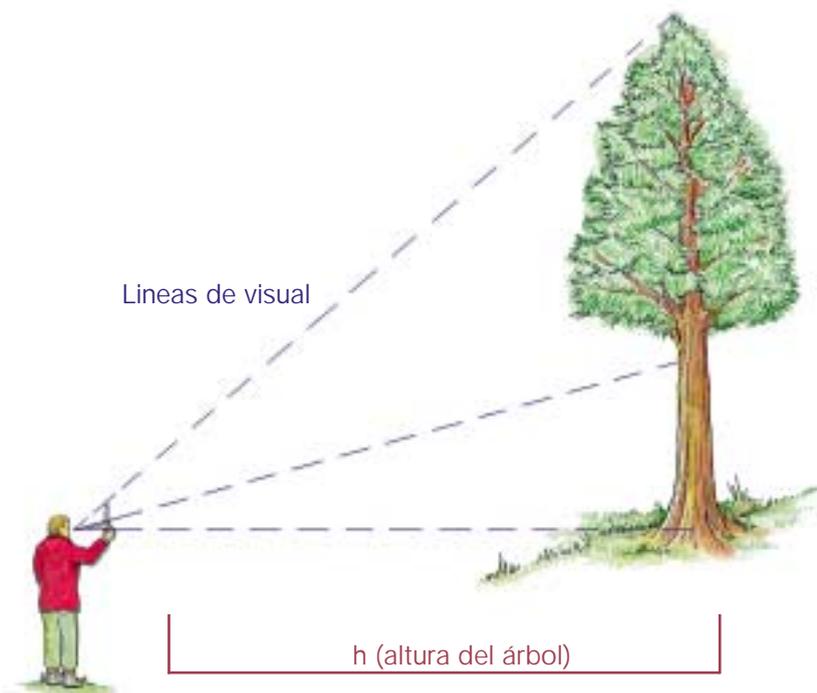
Plancheta hipsométrica con detalle de lectura



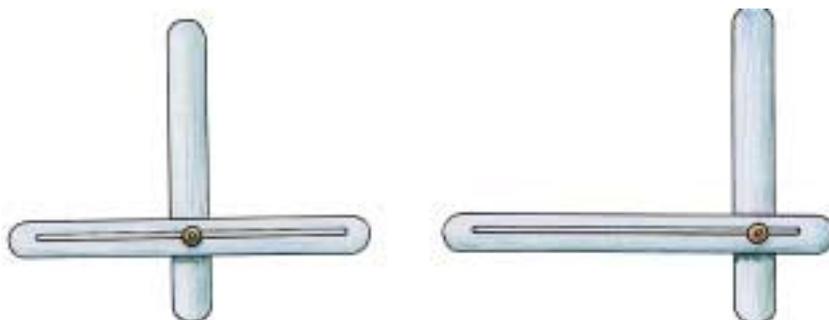
Ejemplo: en el dibujo anexo la altura del árbol "h" es de 15 m.

### Cruz del hachero

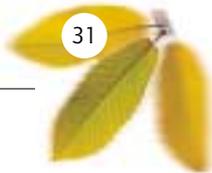
Es un método muy simplista que en vez de medir la altura del árbol posiciona la punta de la copa en el lugar donde caería tras su apeo.



Se compone de dos tablillas de igual longitud, de unos 25 cm, que unidas por un punto forman un cruz deformable. Uno de sus lados se mantiene en la vertical y otro paralelo al suelo. Se engrasan los dos extremos y este será el lugar hasta donde llegará la copa en el suelo una vez apeada.



Cruz del hachero con aplicación a un árbol. Punto de caída.

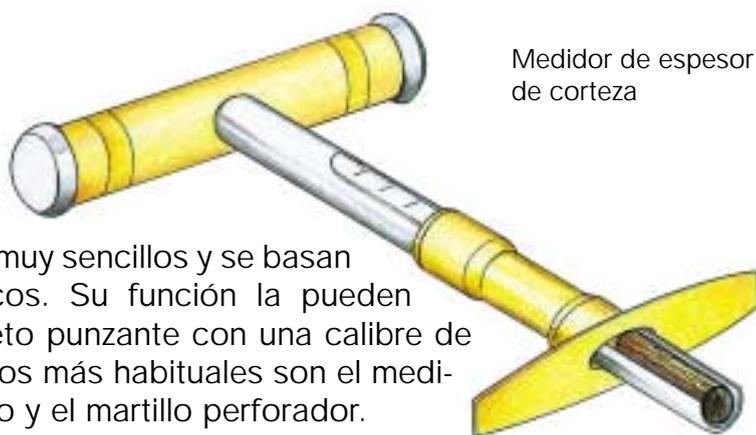


## Mediciones de corteza.

Obviamente la corteza no puede ser considerada como madera, pero como los troncos no están pelados en la medición de los diámetros de los árboles en pie, es interesante saber que según las especies un árbol tiene de corteza entre el 5 y el 30% de su volumen. Las resinosas son las especies que más porcentaje tienen, siendo el pino piñonero el que más presenta. La edad del árbol también es un factor que modifica el %, siendo mayor cuanto más joven es. Reflejamos las especies con más interés de cubicación en Navarra con su porcentaje de corteza.

ESPECIE	PORCENTAJE (%)
Haya	5-10
Roble pedunculado	10-15
Pino silvestre	8-15
Abeto douglas	10-11
Pino laricio	17-21
Pino radiata	10-30
Alerce	15-30

Fuente: PITA (1979) y elaboración propia



Medidor de espesor de corteza

Los aparatos existentes para la medición de corteza son muy sencillos y se basan en medios mecánicos. Su función la pueden hacer cualquier objeto punzante con una calibre de medida. Entre ellos los más habituales son el medidor de corteza sueco y el martillo perforador.

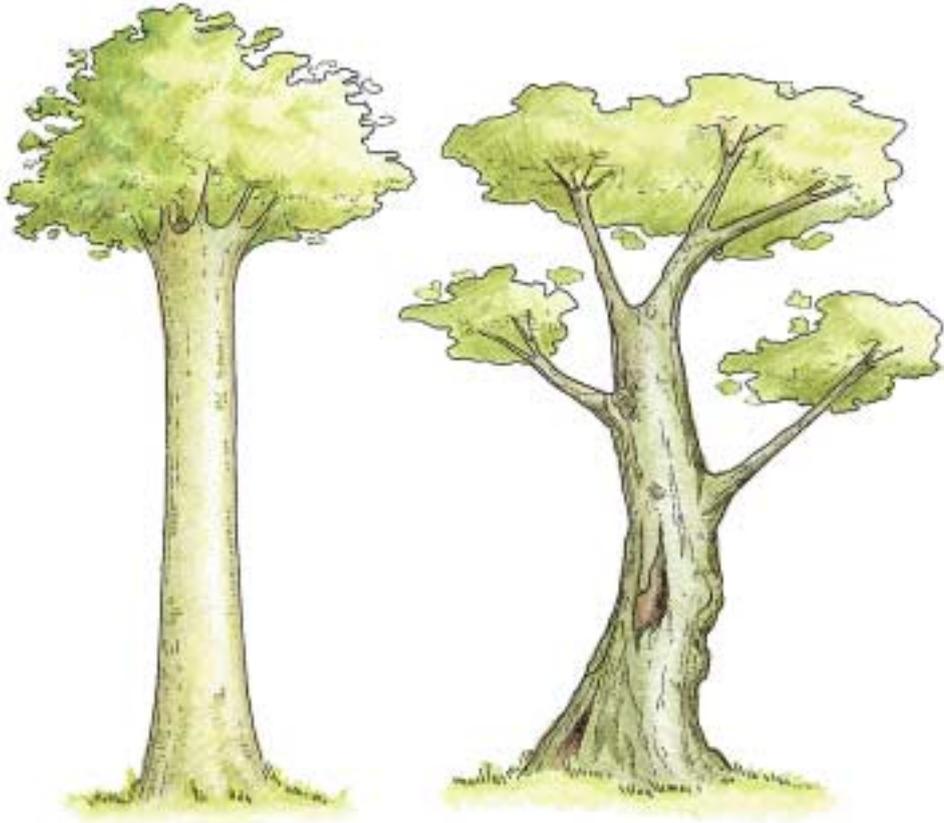


## Medición del tamaño de copa

No es una medida muy habitual pero por ejemplo tras la realización de una clara puede ser interesante conocer el incremento de tamaño. Para ello existen varios métodos de conocer este valor, siempre en la proyección del diámetro de la copa sobre el suelo. Entre las maneras de medir recogemos las siguientes:

- Mediante la toma de muestra fotográfica en diferentes momentos, desde el mismo punto, se puede apreciar el desarrollo de copas. Es imprescindible que las fotos se localicen desde el mismo sitio y orientación.
- Por la lectura de fotos aéreas o satélites, ampliadas a gran escala.
- Con la fijación horizontal de los bordes de la copa indicando las orillas con piquetes. Se utiliza un espejo inclinado  $45^\circ$  con una plomada, o bien un prisma triangular con plomada. La medición del área comprendida en estas señales se realiza con los sistemas de medición de superficies, desarrollado en otro capítulo de este manual.

El destino final de la madera cortada es muy diferente según sea la forma y tamaño del producto, así como el precio que se paga por uno u otro. Los parámetros que condicionan su empleo son tan variables como:



Modelos de árboles con buena y mala calidad para madera

- grosor
- longitud del fuste
- la rectitud
- defectos visibles
- heridas
- podredumbres
- color
- homogeneidad

Una parte de ellos son fácilmente medibles, y por lo tanto objetivos, sin embargo la rectitud, el tamaño e influencia de las heridas en el interior de la madera, son aspectos que el técnico forestal ha de tener muy en cuenta a la hora de realizar la clasificación.

Tanto las industrias como la clasificación de la madera sufre oscilaciones y cambios importantes motivados por fluctuaciones o acontecimientos del mercado a nivel mundial. Muestra de ello son las consecuencias sobre los países europeos de los vendavales ocurridos en Francia, Bélgica y Alemania en diciembre de 1999: caída de precios; demanda de calibres más gruesos; rechazo de maderas de 2ª calidad; depreciación de productos destinados a papeleras, etc.

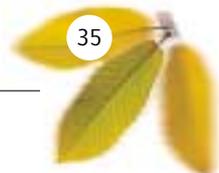
Con carácter indicativo y considerando las anteriores observaciones presentamos la clasificación que realiza TOLOSANA (2000) por el tipo de industria y producto consumido:

### Aserraderos de corte:

Destino madera	Longitud mínima (m)	Diámetro mínimo punta delgada (cm)	Formas del fuste	Defectos admitidos
carpintería construcción muebles	2	25	escasa conicidad y curvatura	escasos nudos, fendas, acebolladuras, azulados, pudriciones
envases, palés	1.2	15		

### Industrias de chapa y tablero contrachapado

Destino madera	Longitud mínima (m)	Diámetro mínimo punta delgada (cm)	Formas del fuste	Defectos admitidos	Observaciones
carpintería construcción muebles	1.2	20	escasa conicidad y curvatura	sin nudos, fendas, acebolladuras, picaduras, pudrición	
envases, palés	2.5	35	cilíndricas y rectas	sin defectos	
Chapa a la plana					Con cierta belleza en la veta



### Industria de postes, apeas y estacas

Destino	Longitud (m)	Diámetro máximo (cm)	Diámetro mínimo (cm)	Conicidad máxima (%)	Curvatura máxima (%)	Sp	Defectos
Postes	6.0	45	10	2-3	2.5	P. Silvestre P. Laricio P. Negro	Sin defectos de estructura
Apeas y estacas	2.5	15	8	2-3	2.5	Indiferente	

### Tableros de desintegración

Destino	Madera
Tablero de partículas	serrín, costeros, viruta, madera con defectos
Tableros de fibras MDF	
Tablero de fibras duro	

### Pasta de papel

Las exigencias son mínimas ya que admite cualquier residuo de otras industrias de la madera, además de trozas con un mínimo de 7 cm de diámetro.

La parte subjetiva que decanta la clasificación es primordial a la hora de realizar las cubicaciones y las tasaciones de las diferentes partes, más y cuando los valores y demandas de una madera u otra, pueden hacer decantar la realización de la compra al maderista (no hay que olvidar que la globalización también está afectando al mercado de la madera y las demandas se manejan a nivel internacional).

La clasificación habitual realizada en los lotes forales de madera es distinguir los siguientes tipo:

**Maderas para sierra, de 1ª:** aptas para la fabricación de tablones, viguetas y largueros.

**Maderas para sierra, de 2ª:** de menor dimensión y con más defectos que la anterior, son aptas para la fabricación de tablas y piecerío.



**Maderas para tronquillo:** de un diámetro mínimo de hasta 7 cm, y 2 m de longitud, con destino a pasta de papel. En muchas ocasiones considerada junto a las leñas.

**Leñas:** madera de forma irregular, o con alta densidad de nudos, o con torceduras y de escasas dimensiones para ser clasificadas entre las anteriores.

Previamente en este capítulo vamos a aclarar conceptos de habitual uso:

**Coefficiente mórfico:** relación entre el volumen del árbol y el de un cilindro del mismo diámetro y altura. En la práctica se suele considerar el diámetro normal del árbol, es decir el que se toma a 1,30 m desde el suelo.

**Volumen comercial:** cantidad de madera que se considera vendible de un árbol o masa.

**Volumen total:** cantidad de madera total sin ningún tipo de deducción. Se entiende las ramas incluidas.

**Volumen en bruto:** cantidad de madera relativamente gruesa, sin descuento de los defectos o pudriciones.

**Volumen neto:** cantidad de madera relativamente gruesa, menos las deducciones por los defectos o pudriciones.

Una vez conocido el diámetro normal y la altura, ya visto en los apartados anteriores, estamos en disposición de cubicar el árbol. A partir de este momento no existe gran diferencia entre la cubicación de un árbol apeado y en pie.

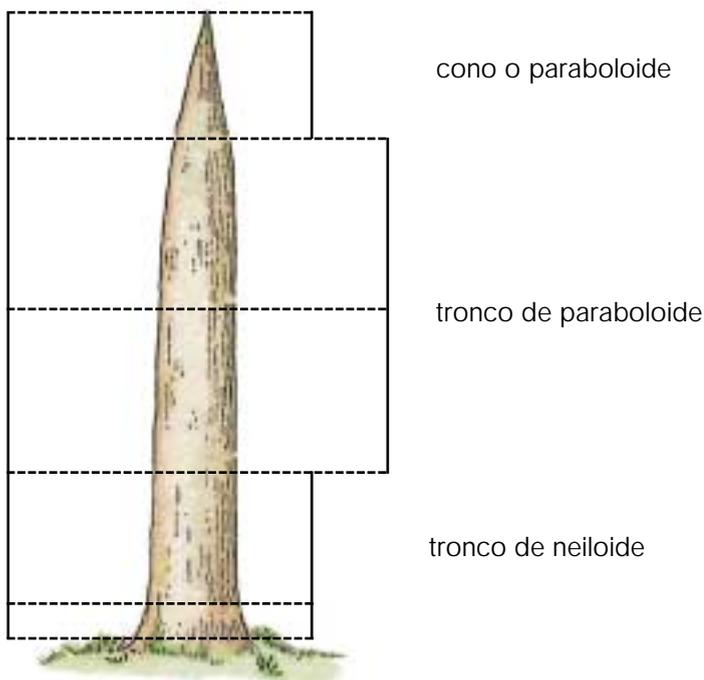
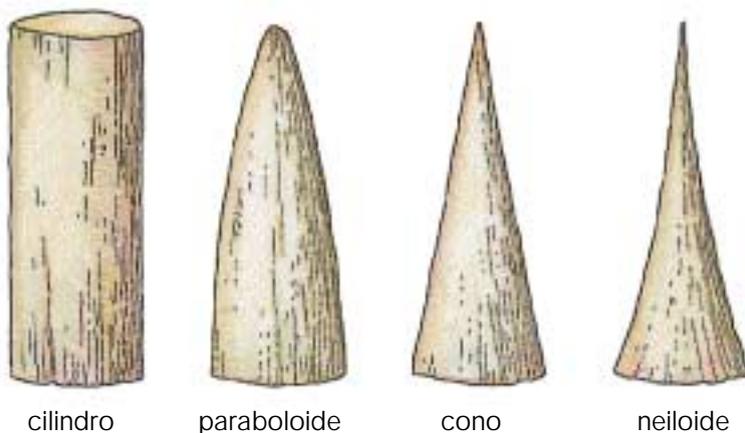
### Cubicación de troncos

Para realizar el cálculo del volumen es necesario recurrir a procesos matemáticos. En ellos, la forma más simple es la asimilación del fuste a una forma geométrica conocida, comprendida en los siguientes tipos: cilindro, paraboloides, cono y neiloide. Habitualmente la forma cilíndrica se asemeja a los fustes cortos de las frondosas, el paraboloides a las partes más bajas de las coníferas, el cono a las formaciones claras de masas de coníferas y frondosas, y el neiloide a los árboles aislados.

Lógicamente la Naturaleza es perfecta pero no tan simplista como para adaptar una forma tan variable y plástica como la de un árbol a una de estas formas sencillas. En muchos casos un árbol lo podemos asimilar a

varias formas geométricas al mismo tiempo, otorgando a cada parte una similitud concreta en función de la altura del diámetro considerado.

El cálculo del volumen de estas formas geométricas se realiza en función de una ecuación siendo para cada figura:



Representación de las diferentes formas geométricas del fuste y combinación más usual

Cilindro:	$V = s h$
Paraboloide:	$V = 1/2 s h$
Cono :	$V = 1/3 s h$
Neiloide:	$V = 1/4 s h$

V: es el volumen en  $m^3$

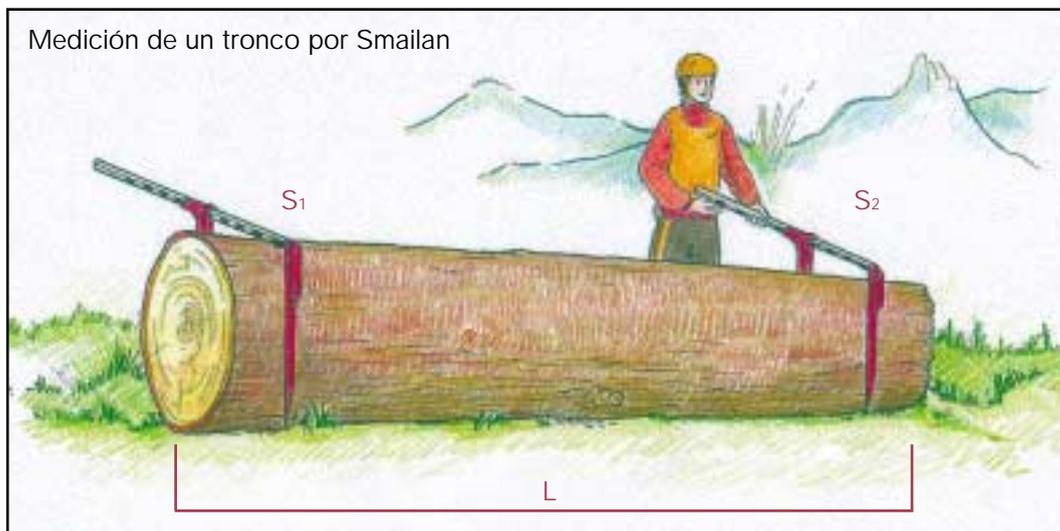
s: es la sección en  $m^2$  ( $S = \pi \frac{1}{4} d^2$ , donde d es el diámetro)

h: es la altura en m

Visto las anteriores ecuaciones resulta obvio las grandes diferencias en las cubicaciones de árboles según el perfil considerado (hasta el 400% de diferencia de un valor a otro).

A la hora de medir un árbol apeado las expresiones más usuales son las de Fórmulas de Huber y de Smailan, cuyas expresiones son:

Medición de un tronco por Smailan



Fórmula de Huber:  $V = S_m L$

Fórmula de Smailan:  $V = ((S_1 + S_2)/2) L$

Donde:

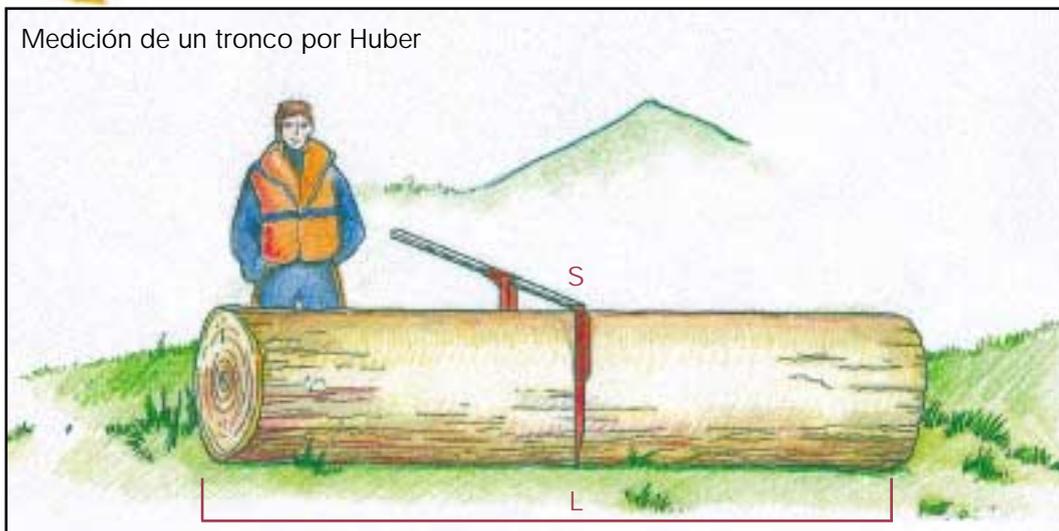
V es el volumen en  $m^3$ .

$S_m$  es la sección media de la troza en  $m^2$ .

$S_1$  y  $S_2$  son las secciones de los extremos en  $m^2$ .

L es la longitud de la troza en m

## Medición de un tronco por Huber



## Ejemplo:

$$D1 = 38,0 \text{ cm} \rightarrow S1 = 0,1134 \text{ m}^2$$

$$D2 = 35,5 \text{ cm} \rightarrow S2 = 0,0989 \text{ m}^2$$

$$Dm = 36,2 \text{ cm} \rightarrow Sm = 0,1029 \text{ m}^2$$

$$L = 5,0$$

$$\text{Huber } V = 0,5145 \text{ m}^3$$

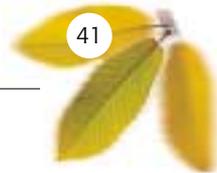
$$\text{Smilan } V = 0,5307 \text{ m}^3$$

Las anteriores fórmulas son exactas para trozas cilíndricas o paraboloides, acumulando desfases en los conos y neiloides, más cuanto más largas son las trozas. Sin embargo estas fórmulas son muy utilizadas por su simplicidad.

Otra forma más precisa (1% de error) de medir árboles apeados las conseguimos con otras ecuaciones en las que se utilizan mediciones según las diferentes secciones.

$$\text{Fórmula de Newton: } V = \frac{1}{6} \cdot (S_1 + \frac{4 \cdot S_1}{2} + S_2)$$

$$\text{Fórmula de Simpson: } V = \frac{2L}{6} (S_{2n-1} + 4 S_{2n} + S_{2n+1})$$



Donde:

V es el volumen en  $m^3$

$S_{1/2}$  es la sección media de la troza en  $m^2$

$S_1$  y  $S_2$  son las secciones de los extremos en  $m^2$

L es la longitud de la troza en m

n es el número de las diferentes trozas medidas

## Cubicación de madera delgada y leñas

Para la madera en rollizos (troza de corta en dimensiones destinadas a pasta de celulosa o astillado), se requieren métodos específicos de cubicación por su escaso valor y el gran número de piezas que entran dentro de un metro cúbico.

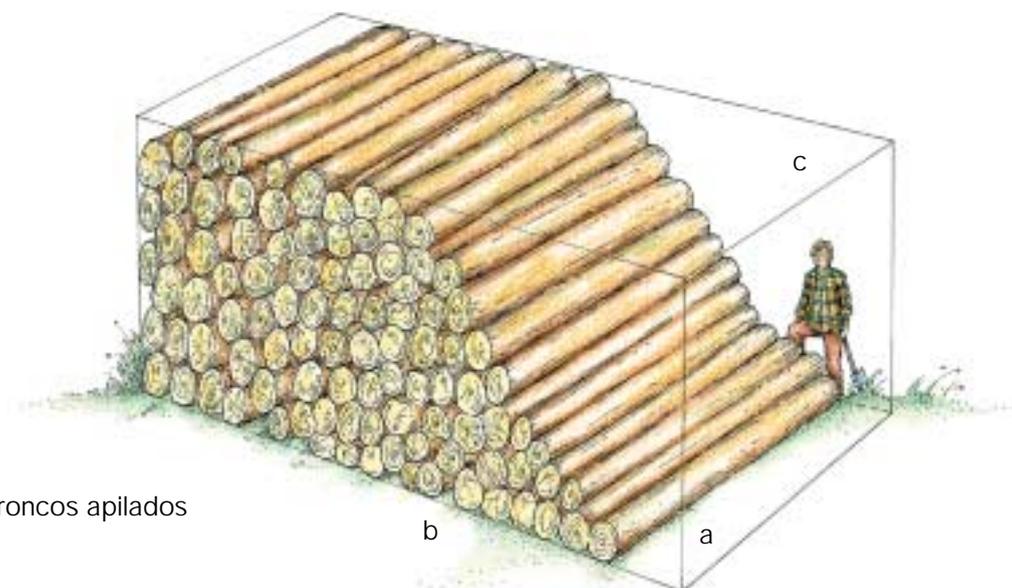
Habitualmente estos se miden en estéreos, equivalente a un metro cúbico de apilado. Esto lleva a considerar también la cubicación del espacio existente entre las trozas, con lo que se aplica un coeficiente de apilado, que en función de la calidad del agrupamiento oscila entre 0,6 y 0,75 (media de  $2/3$ ).



Leña sin apilar

Otra manera de calcular el volumen es mediante el peso, pero tiene el inconveniente de que la humedad de la madera da un margen amplio a las existencias reales (factor variable según el tiempo pasado desde la corta y las condiciones ambientales).

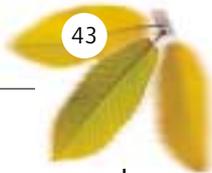
Para la cubicación de las leñas se emplea la cubicación por estéreos o por peso si esta se encuentra apilada en montones.



Troncos apilados

Como referencia indicamos algunos pesos específicos de madera, pero cuidado, son muy variables en función de la humedad ambiental, humedad de la madera, por su procedencia y por el tamaño de sus crecimientos corrientes en los que influye la intensidad de tratamientos selvícolas aplicados y la calidad de la estación. Unidades en tonelada/m<sup>3</sup>.

Haya	0,7 – 1,1
Roble	0,7 – 1,2
Pino radiata	0,4 – 0,6
Pino silvestre	0,5 – 0,7
Pino pinaster	0,4 – 0,6
Picea abies	0,4 – 0,5
Alerce	0,5 – 0,6
Chopo	0,4 – 0,6
Encina	0,8 – 1,2

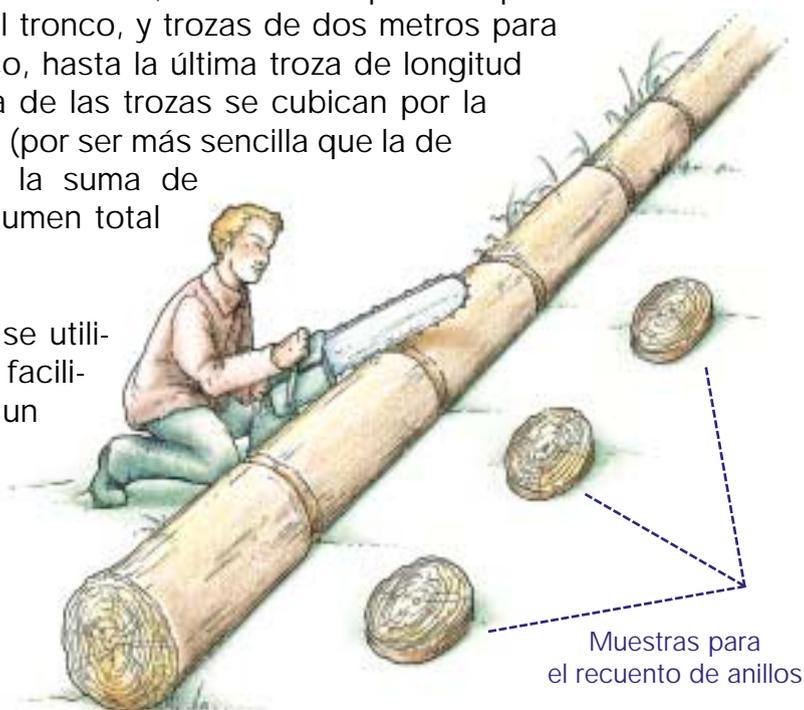


La humedad de la madera es importante cuando se compra y vende según peso, habitual en madera de pequeña dimensión. Especial atención requiere el estacionamiento en cargadero durante un dilatado periodo de tiempo sin que se haya realizado el pesado, porque a mayor tiempo transcurrido desciende la humedad hasta que se alcanza el seco de la madera (un máximo de 5-12% de humedad según que especies).

### Árboles tipo. Análisis del tronco

La forma más precisa para la medición de un árbol apeado es el método de cubicación de árboles tipo. Este consiste en la toma de medidas en trozas, de un metro para los primeros 10 metros del tronco, y trozas de dos metros para el resto del tronco, hasta la última troza de longitud menor. Cada una de las trozas se cubican por la fórmula de Huber (por ser más sencilla que la de Smailan), siendo la suma de todas ellas el volumen total del tronco.

Los árboles tipo se utilizan con el fin de facilitar el cálculo de un proyecto de ordenación, son también utilizados para



Muestras para el recuento de anillos



Troceado y toma de muestras en un árbol tipo apeado

obtener las curvas diámetros – altura de un monte, así como conocer las curvas de calidad de una especie forestal. En este último caso los árboles deben ser dominantes, ya que las curvas de calidad se basan en la relación altura dominante – edad. En todo caso y en relación con el objetivo de los árboles tipo a estudiar, estos deben ser representativos de la población estudiada o sobre los que se van a aplicar los resultados procedentes de los árboles tipo.

El empleo del método de cubicación por árboles tipo también es posible realizarlo en árboles en pie, pero con un rendimiento infinitamente menor al dado en los árboles apeados (10 árboles por 8 horas de trabajo por persona), ya que para ello sería necesario subir por el árbol, escalado o empleando escaleras muy altas (6 a 8 m). Por carecer de práctica este método no se emplea.

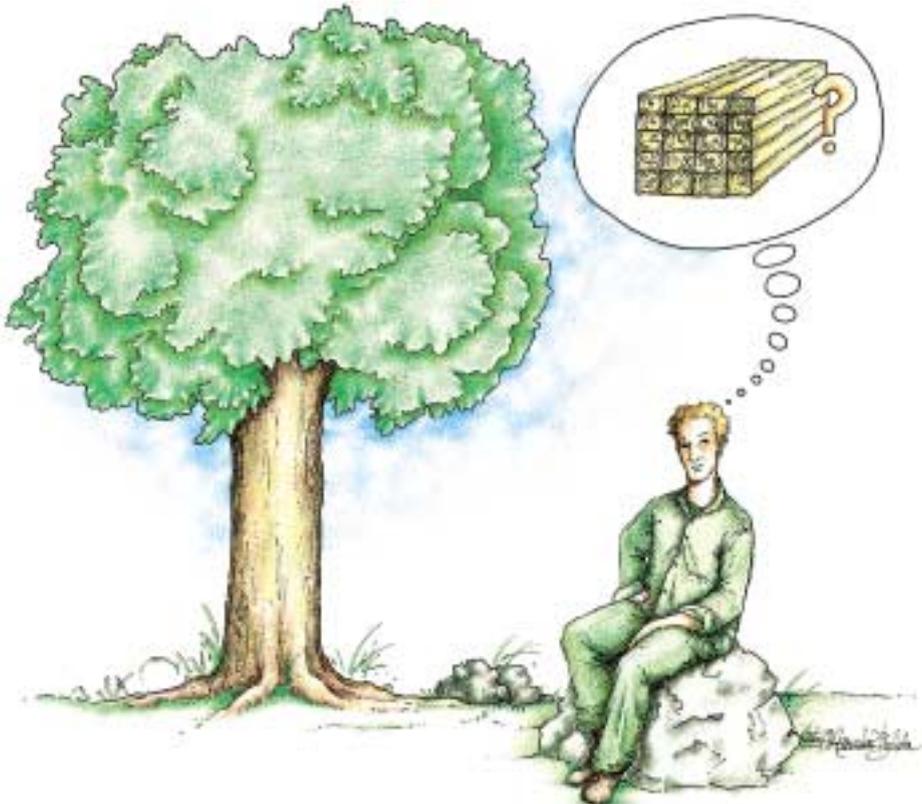
Las fases que se siguen para el estudio y análisis del árbol tipo son:

- Toma de secciones transversales a diferentes alturas
- Determinar el diámetro normal, la altura total y el número de años necesarios para llegar a la altura del tocón.
- Contar la edad
- Medir la altura de corta y longitud de cada troza
- Medir el diámetro medio de cada troza
- Seleccionar un radio medio sobre el que se cuentan el número total de anillos y el tamaño de una grupo de anillos, por ejemplo de 10.

Obviamente al aplicar Huber sobre trozas pequeñas el error es mínimo, por lo que se consigue una gran exactitud en el volumen apeado, sin embargo es tan laborioso el proceso que los rendimientos del método rondan por término medio los 30 pies cubicados por día, en un equipo de tres personas, una de las cuales se dedica al apeo y las otras dos a la toma de mediciones. Esto supone la medición de 10 árboles por persona y jornada de trabajo de 8 horas, por lo que resulta un método solo aplicable al cubicaje de pies destinado a la construcción de ecuaciones de cubicación.

Con vistas a homogeneizar los datos tomados en los árboles tipo en Navarra, y de esta forma poder compatibilizar las medidas y determinar perfectamente el rango de aplicación, existe un modelo para la presentación de los datos que se anexa al final del manual.

La medición de los árboles, diámetro y altura, es una tarea sencilla y necesaria si se quiere conocer su volumen. En muchas ocasiones se necesita calcular el volumen de un conjunto de árboles, masa forestal, por lo que el empleo de herramientas que nos sirvan para ahorrar esfuerzo y tiempo tiene su relevancia (ordenaciones, inventarios estatales,...).



No siempre es fácil calcular la cantidad de madera en un árbol

Según PARDÉ (1994) se tiene constancia desde comienzos del siglo XX que numerosos forestales construían tarifas de aplicación a sus zonas de trabajo. Pero ¿qué son las tarifas de cubicación? ¿Y las ecuaciones, gráficos y tablas de cubicación?

Muchos forestales hemos oído mencionarlas e incluso las utilizamos habitualmente en nuestro trabajo, pero desconocemos su fundamento, las ventajas e inconvenientes que presentan. Intentemos aclarar ciertos aspectos.

En sentido riguroso no existe diferencia entre ecuación de cubicación y tarifa de cubicación. Tradicionalmente se han diferenciado ambos términos en que la ecuación representa un tarifa para cubicar árboles con dos o más variables de entrada, mientras que se expresaba como tarifa la expresión con la que se obtiene el volumen mediante una única variable (habitualmente el diámetro a 1,30 m). Para fijar un criterio claro se hablará de aquí en adelante de tarifas de cubicación, ya sean de una o varias entradas.

Ejemplo de tarifas de cubicación de una, dos y tres entradas (ecuación alométrica), para las hayas en la zona de Irati y de Aralar:

	TARIFA 1 ENTRADA	TARIFA 2 ENTRADAS	TARIFA 3 ENTRADAS (ECUACIÓN ALOMÉTRICA)
IRATI	$V = -0,31 + 0,001d^2$	$V = -0,93 + 0,0009d^2 + 0,036h$	$V = 1,1 \cdot 5 \cdot d \cdot 0,39 \cdot d_4 \cdot 0,99 \cdot h^{0,85}$
ARALAR	$V = -0,08 + 0,00067d^2$	$V = -1,5 + 0,048d^2 + 0,034h$	$V = 1,8 \cdot 5 \cdot d \cdot 0,33 \cdot d_4 \cdot 2,14 \cdot h^{0,7}$

Fuente: Modelos matemáticos de cubicación de haya en Navarra (GOBIERNO DE NAVARRA 1998)

Donde:

V es el volumen en m<sup>3</sup>

d es el diámetro normal en cm

d<sub>4</sub> es el diámetro a 4 metros de altura en cm

h es la altura total del árbol en m

La tabla de cubicación es la lista donde aparecen los valores del volumen, ya sea en función de una entrada o dos entradas (habitualmente el diámetro y la altura). Éstas están calculadas a través de las tarifas de cubicación, pero permiten evitar el uso de los cálculos.

Veamos con un ejemplo el uso de la tabla: Sea un árbol con 29 cm de diámetro normal y una altura estimada hasta los 7 cm en punta delgada de 12 m, la cubicación será de 0,458 m<sup>3</sup>.



Las tarifas de cubicación proporcionan (tabla, gráfico o fórmula), una estimación del volumen de un árbol, o mejor dicho, el volumen medio de un árbol de un conjunto de árboles.

Una tarifa de cubicación debe establecerse a partir de datos observados fiables. Su ámbito de validez es aquel donde se han hecho las observaciones (monte, comarca, provincia, etc).

Antes de caer en la generalización de su uso hemos de saber que:

- No sirven para la cubicación de un solo árbol.
- Para la obtención de valores destinados a cortas comerciales solo han de utilizarse cuando el error conocido es asimilable.
- El objetivo primordial es la cubicación aproximada (en función del error) de una masa o masas.
- El ámbito de aplicación solo es válido para el medio de donde se han sacado los datos de su construcción, y eso para cada especie.
- Para precisar más en el cálculo del volumen, las tarifas tiene divisiones de calidad, normalmente en relación a la altura dominante - edad.
- Con el cambio de la edad de la masa, o del grosor medio en masas irregulares, se modifica la forma de los árboles y su cubicación, por lo que cambia también la tarifa.

Aunque algunas de ellas aún no se han difundido (se espera que a nivel oficial estén a disposición pública antes del año 2005), en Navarra existen tarifas de cubicación utilizables a nivel de toda la provincia de las especies:

Haya (*Fagus sylvatica*)  
Pino laricio (*Pinus nigra*)  
Roble americano (*Quercus rubra*)  
Pino silvestre (*Pinus sylvestris*)  
Pino radiata (*Pinus insignis*)

Por otro lado es interminable la relación de tablas de cubicación existentes y construidas en la Comunidad Foral a nivel de monte o comarca



para diferentes especies, según apeos históricos, con datos recogidos por personal del Gobierno de Navarra en diferentes apeos históricos (semejantes a las incluida en este apartado).

Las más habituales son:

- Tarifas de una sola entrada, de diámetro a 1,30 m
- Tarifas de dos entradas: diámetro a 1,30 m y altura (maderable o total)

Existen tarifas de cubicación con entradas de valor de edad, altura media, profundidad del suelo, etc. Son escasas y normalmente se originan por peculiaridades del lugar para donde son construidas.

### Aplicación de tarifas de cubicación

Con los ejemplos de tarifas anteriores vamos a ver el manejo de las mismas.

Sea un árbol de diámetro normal de 29 cm, altura total de 23 m, diámetro a 4 metros de 24 cm su cubicación será:

	Una entrada	Dos entradas	Tres entradas
<b>Ecuación</b>	$V = -0,31 + 0,001d^2$	$V = -0,93 + 0,0009d^2 + 0,036h$	$V = 1,1^{-5} * d^{0,39} * d_4^{0,99} * h^{0,85}$
<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	V = 0,531	V = 0,654	V = 0,670

Lógicamente existen diferencias entre los valores dados, y lo que es más importante, la fiabilidad de este resultado es baja ya que las tarifas de cubicación se deben utilizar para un conjunto de árboles.

## Precisión y errores de las tarifas de cubicación

Es obligado que en las tablas de cubicación se presente la desviación típica de las observaciones realizada para su construcción.

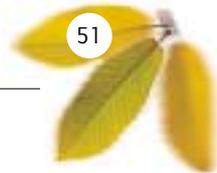
Esto es el estudio matemático de los datos, siendo más fiables cuanto más parecidos son los datos utilizados en la elaboración de la tarifa.

Por ejemplo, el volumen de dos árboles de similar diámetro y altura, si el volumen fuera muy distinto, significaría mayor dispersión, un error mayor y por tanto menos precisión.

En el caso anterior los errores de cubicación viene dados por una desviación del 17,6%, al 95% de nivel de confianza (es decir 95 de cada 100 casos cumplen con la ecuación y el error).

Aplicado al resultado tenemos que:

	Una entrada	Dos entradas	Tres entradas
<b>Ecuación</b>	$V = -0,31 + 0,001d^2$	$V = -0,93 + 0,0009d^2 + 0,036h$	$V = 1,1^{-5} * d^{0,39} * d_4^{0,99} * h^{0,85}$
<b>Volumen m<sup>3</sup></b>	V = 0,531	V = 0,654	V = 0,670
<b>V con error de 17,6% m<sup>3</sup></b>	0,437 a 0,622	0,539 a 0,770	0,552 a 0,788



## Casos habituales en navarra

### **Construcción de tablas a partir de árboles apeados (hayas, chopos, ...). Cuadros de cubicación**

En las diferentes demarcaciones de montes en el territorio Foral, también llamadas celadurias, se utilizan diferentes tablas de cubicación para cada especie, muchas veces son tablas construidas para uno o varios montes en concreto, dependiendo de la calidad de los árboles.

Su construcción se ha realizado mediante la medición de árboles apeados en los aprovechamientos.

Los valores medidos han sido el diámetro y altura, para realizar el cálculo del volumen. Con estos datos se obtenían valores para un árbol medio en cada clase diamétrica.

La acumulación de varios de estos árboles medios permitía obtener la cubicación media. A partir de estos árboles tipo también se extraía el coeficiente mórfico de los árboles con el que se rellenaban valores de las tablas.

Este sistema de construcción de tablas es válido (recordemos la multitud de lugares donde se ha utilizado), pero presenta algunos problemas, no en todos los casos pero si en buena parte de ellos, en concreto:

- En cada una de las mediciones de árboles apeados no se han tomado los datos hasta el mismo diámetro en punta delgada, teniendo referencias de 24, 20, 18 ó 7 cm. También existentes diferencias entre las distintas localizaciones.
- Para la construcción de un árbol tipo, se ha utilizado diferentes número de pies, lo que significa que en algunos casos la muestra pudo estar formada por 5 ó 500 árboles.
- No se sabe si los valores de diámetro tomados han sido con corteza o sin ella.
- No se tiene conocimiento del error estadístico de los datos.
- Los diámetros más gruesos se han promediado con pocas mediciones lo que puede acarrear grandes desviaciones.

Lógicamente los anteriores aspectos perjudican la fiabilidad de las tablas, pero en ocasiones son las mejores herramientas de cubicación existentes. En muchas situaciones basta realizar algunas comprobaciones sobre varios árboles para validar la precisión sobre el grupo de árboles a cubicar.

### Desarrollo y edad del árbol

Es la epidometría la parte de la dasometría que se encarga del estudio del crecimiento y producción de los árboles. Los árboles son seres vivos y lógicamente experimentan cambios dinámicos en su forma y tamaño. Los aumentos de tamaño se producen en los periodos vegetativos, caracterizados por las condiciones de temperatura y humedad adecuadas. Normalmente en nuestras latitudes se producen entre los meses de marzo a octubre. Durante este periodo de crecimiento es habitual que existan periodos de sequía, por lo que en el árbol repercute en una ralentización del crecimiento de otoño. Esto se aprecia en los anillos de crecimiento en que los anillos de otoño son más estrechos y lignificados, con un color más oscuro que el anillo de primavera, con un crecimiento mayor y de color más claro.

En el caso de años de sequía puede que no se aprecie el anillo de crecimiento de un periodo vegetativo o de varios (para varios años de sequía o en ocasiones en presencia de plagas). Estos hechos se aprecian en la distribución de los anillos en un corte del tronco.

La dendrocronología es el estudio de la sección transversal de los anillos de crecimiento para determinar la edad de la madera.

Un árbol crece en altura y en diámetro, tanto en las ramas como en el tronco. Sin embargo no solo el clima y las plagas influyen en el crecimiento, también la herencia genética de cada árbol, la edad y la calidad de estación son aspectos que influyen en los crecimientos.

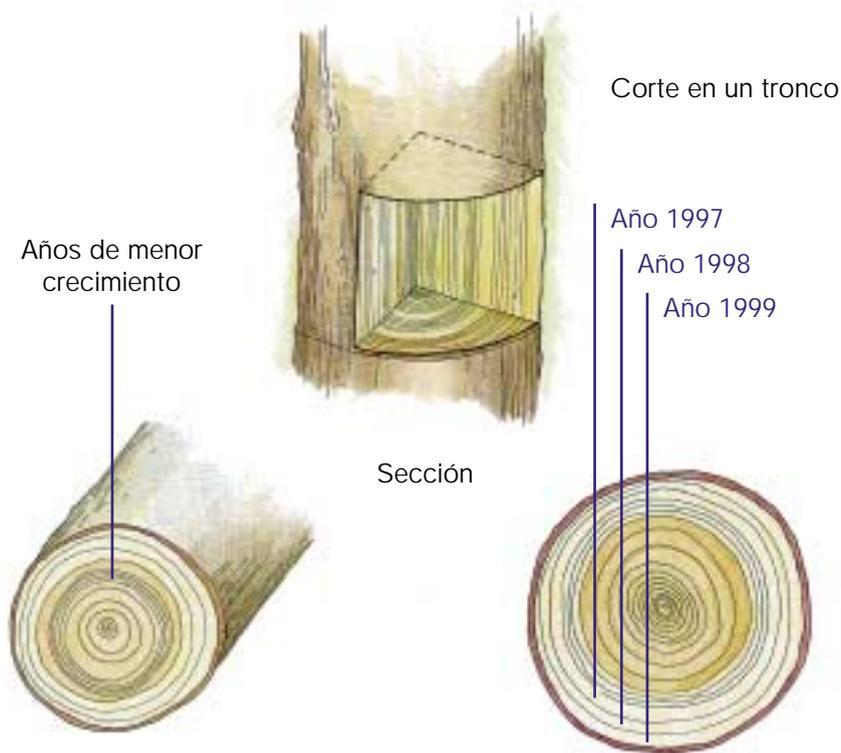
Aclaremos conceptos usados o de habitual manejo forestal:

**Edad:** nº de años de un árbol contados desde su germinación en semilla o a partir de su plantación sin tener en cuenta el tiempo de vivero.

**Crecimiento:** referido a la evolución a lo largo del tiempo

**Incremento:** referido a la cantidad de materia elaborada por unidad de tiempo

**Producción:** referido al crecimiento de una superficie



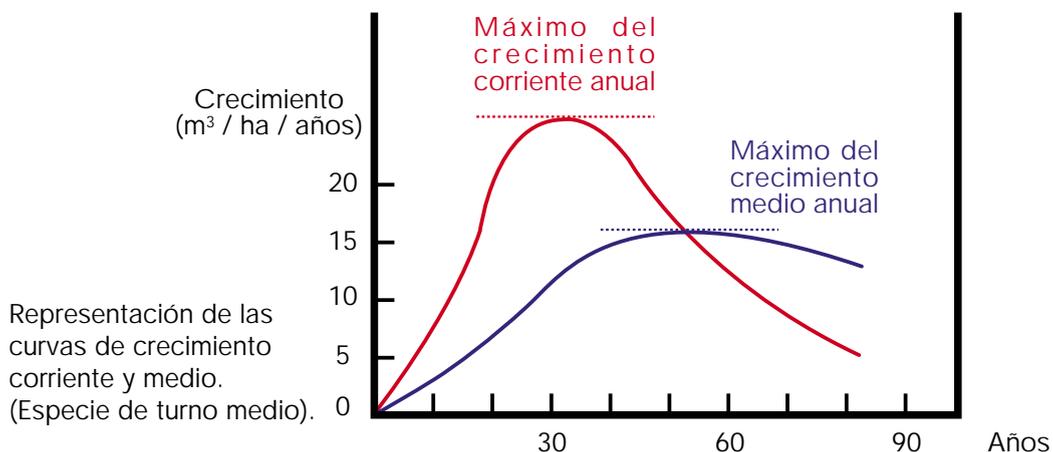
Disposición de los anillos de crecimiento

Los crecimientos referidos a espacio de tiempo, puede considerarse que son varios, siendo los que más nos interesan:

crecimiento corriente anual: es el crecimiento a lo largo de un año

crecimiento medio anual: es el crecimiento total del árbol dividido entre la edad del árbol

La disposición de los anillos del crecimiento según la edad se aprecia en el dibujo adjunto. Es en la capa de cambium, donde se sitúan las células vivas y son éstas las que generan el nuevo anillo en cada periodo vegetativo, por lo que concéntricamente los anillos interiores son los más antiguos.



A la hora de calcular la edad de un árbol lo más preciso es el conteo de los anillos de crecimiento (cuidado con los anillos dobles de primavera y otoño; con los casos en los que no se distinguen estos dos anillos anuales; con los casos de crecimiento policíclico en los que hay varios anillos de crecimiento). En las coníferas se puede emplear otro sistema en el que se corresponde un periodo de crecimiento con cada verticilo, normalmente uno por año. En este conteo de nudos y entrenudos los pinos radiata y pinaster presenta dos o más cada año por lo que no es un sistema bueno para el cálculo de su edad.

En los dos casos anteriores hay que tener en cuenta la altura a la que se toma la sección o donde comienzan los verticilos, ya que los primeros años del árbol el crecimiento es menor y por lo tanto sus anillos son más estrechos y los verticilos pueden haber sido absorbidos.

A semejanza de las personas los árboles no crecen con la misma intensidad a lo largo su vida, ni en los diferentes periodos de tiempo. Una representación gráfica de este hecho lo tenemos en el gráfico anterior.

Si se representa en una gráfica las dos curvas de los anteriores crecimientos, el punto donde estas se cortan suelen indicar el momento de corta de un árbol si se aplican criterios de máxima renta en especie.

## Crecimiento en edad

El sistema más preciso para conocer la edad de un árbol es haberlo plantado uno mismo, pero en ocasiones ni las tortugas alcanzan la longevidad de algunas especies.

Otro método más práctico es tomar las referencias escritas del momento de plantación de los árboles, pero claro, esto solo vale para las repoblaciones y cuando alguien se molestó en escribir y guardar esta información.

De esta forma llegamos al método habitual para saber la edad de un árbol, que es la lectura de sus anillos. Existen dos formas de hacer esta lectura: directamente en una sección, para lo que se necesita el derribo del árbol; mediante la extracción de muestras que no supongan daños significativos en el árbol (barrena de Pressler). Cuidado con especies como el pino laricio (*Pinus halepensis*) con crecimiento policíclico, donde en ocasiones solo con el empleo del microscopio podemos diferenciar los anillos.

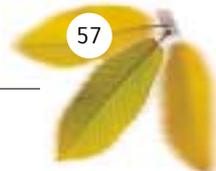
### Método no destructivo: Barrena de Pressler



Es el aparato más utilizado para la extracción de muestras de los anillos de crecimiento de un árbol. Existen en el mercado diferentes longitudes y grosores, según los tamaños de árboles a muestrear. En su uso es importante acertar al centro del árbol para no "olvidar" el conteo de algunos anillos.

En la toma de muestras no debemos olvidar que cuanto mayor sea la altura al suelo, más número de anillos dejaremos de contar.

Ejemplo de la barrena de Pressler



## Método destructivo. Apeo de árboles (árboles tipo)

En el apeo de árboles tipo la toma de las muestras de la edad es interesante de cara a conocer los crecimientos corrientes en los intervalos de tiempo, por ello no es casual el realizar trozas de un metro de longitud en donde se midan tanto los diámetros, el número total de anillos y el espesor de los anillos externos (5 ó 10 anillos). Es interesante realizar este proceso desde la base del árbol, incluido tocón, hasta las partes más delgadas del tronco, de cara a recoger toda la información de los crecimientos corrientes.

Según PITA (1979) la mejor manera de observar tanto el crecimiento en altura como en volumen de un árbol es mediante la comparación de inventarios.

### Crecimiento en altura de un árbol

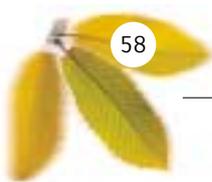
El proceso de desarrollo en altura del árbol se inicia con una fase juvenil de duración relativamente corta, sigue con un periodo más largo de crecimiento constante y termina con una disminución paulatina del ritmo de crecimiento, que llega a ser imperceptible cuando el árbol corona su copa.

### Crecimiento en volumen de un árbol

La curva de desarrollo del volumen con la edad del árbol se caracteriza por un periodo juvenil relativamente largo de crecimientos en aumento, seguido de un tramo de auténtica madurez maderable que se prolonga hasta épocas posteriores al de los crecimientos de alturas y diámetros normales.

### Crecimiento de la masa

Los crecimientos de un árbol son el paso previo para conocer el aspecto más interesante de los incrementos en volumen: el crecimiento medio anual de una masa. Ya se ha comentado anteriormente que los árboles deben ser tratados como una agrupación, ya que es la manera más frecuente como se encuentran en la Naturaleza. Dentro de las masas nos interesa conocer el incremento en volumen en un unidad de tiempo y en



una zona dada, rendimiento de la masa, para poder aprovechar los recursos en su justa medida.

Si nos excedemos en el aprovechamiento, comprometemos la persistencia del arbolado, mientras que si aprovechamos por defecto, limitamos el uso de los recursos existentes al tiempo que limitamos su producción.

Para saber el crecimiento de una masa son de aplicación los conocimientos de crecimiento en un árbol, ya que la suma de los crecimientos individuales es la suma de los crecimientos de la masa. La mayor diferencia radica en la incorporación de nuevos árboles que aportan crecimientos y el descuento de las bajas (derribos, apeos, incendios,...). El incremento de área basimétrica, consecuencia del crecimiento diametral de cada uno de los árboles que integran la masa, es una herramienta útil para conocer el crecimiento en volumen y de las implicaciones selvícolas y dasocráticas que se derivan de ellas.

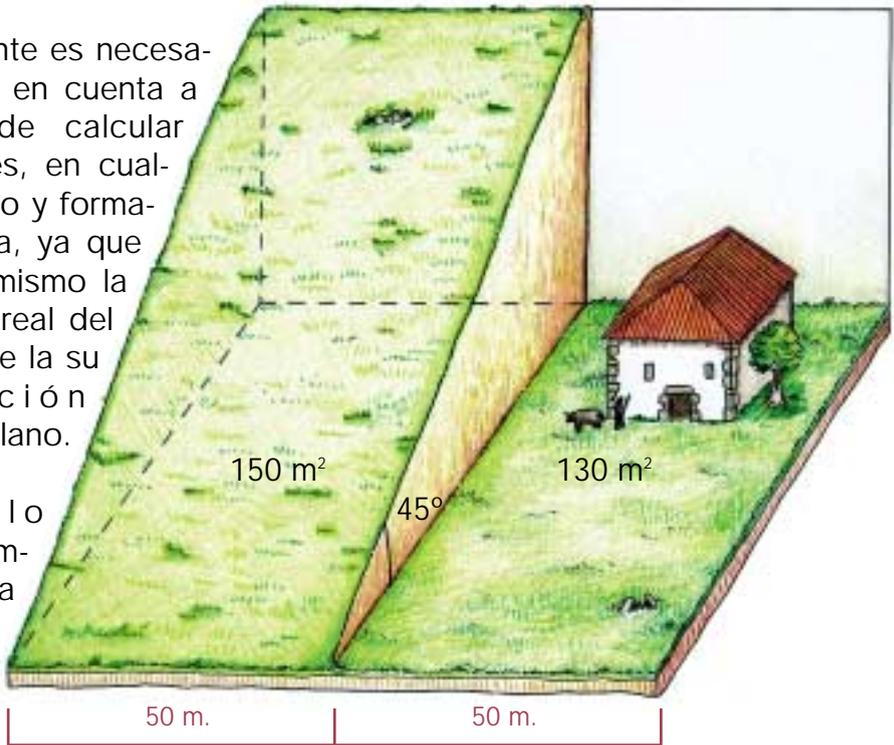
Por otro lado el crecimiento en volumen de una masa es una de las variables más importantes, ya que con ella se consigue tener una previsión de la evolución y así se permite aplicar las cortas en la medida que avanza el crecimiento. Por el contrario es una de las variables más difíciles de conocer para la epidometría.

La inclusión de este apartado dentro de un manual de medición de árboles se ha hecho por las dificultades que se presentan a la hora de realizar mediciones de masas sobre las que se realizan cortas a hecho o tratamientos de silvicultura.

No siempre es fácil conocer con precisión la superficie de una zona, y esto tiene mucha importancia cuando los precios se ofrecen por unidad de extensión, normalmente por hectárea. Por ejemplo: aprovechamientos de tronquillo y cortas de poco valor; labores de limpiezas; clareos; desbroces; etc.

La pendiente es necesario tenerla en cuenta a la hora de calcular extensiones, en cualquier medio y formato que sea, ya que no es lo mismo la superficie real del terreno que la su proyección sobre un plano.

Ve á m o s l o con el ejemplo de la casa en una zona inclinada.



Representación de una superficie inclinada y en plano horizontal.

*En un terreno de 300 m² sobre una colina inclinada 30° se quiere hacer una casa en la mitad de la superficie y la otra mitad dejarla para jardín. Lógicamente para que la casa no esté inclinada y no se sobre el agua de la bañera, es necesario excavar hasta dejar plana la mitad del terreno (150 m²). Esta superficie mediará 130 m² en lugar de los 150 m² del comienzo, por lo que cada piso de la casa tendrá no más de este tamaño. Sin embargo cada vez que queramos cortar el césped del trozo no excavado hemos de saber que la superficie de trabajo es de 150 m², ya que la tarea se desarrolla sobre plano inclinado.*

Esta diferencia de plano inclinado o plano en proyección horizontal es muy importante tenerla en cuenta para el cálculo de algunos trabajos, ya que por ejemplo un desbroce se efectúa sobre el plano inclinado, mientras el arbolado se calcula a semejanza de los edificios, sobre proyección horizontal de una superficie.

Esta "sutileza" puede parecer una tontería pero en pendiente habituales, del  $45^\circ$  por ejemplo, una medida u otra cambia el 30%. Para su cálculo es necesario aplicar el resultado del coseno del ángulo (coseno de  $45^\circ = 0,70$ ). Otro ejemplo:

*Si 1 Ha (100 x 100 m) de terreno inclinado  $45^\circ$  se dedica a la plantación de maíz, realmente se están trabajando 14.142 m<sup>2</sup>, mientras que si vamos la notario a venderlo, se harán las escrituras sobre 10.000 m<sup>2</sup>.*

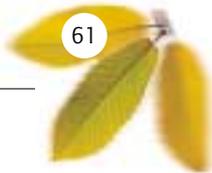
Las superficies de las masas arboladas deben basarse en su proyección sobre el plano, pero no así todos los trabajos a realizar en ellas (limpiezas del suelo, arado,...).

### Métodos para medir la superficie de un terreno: En oficina

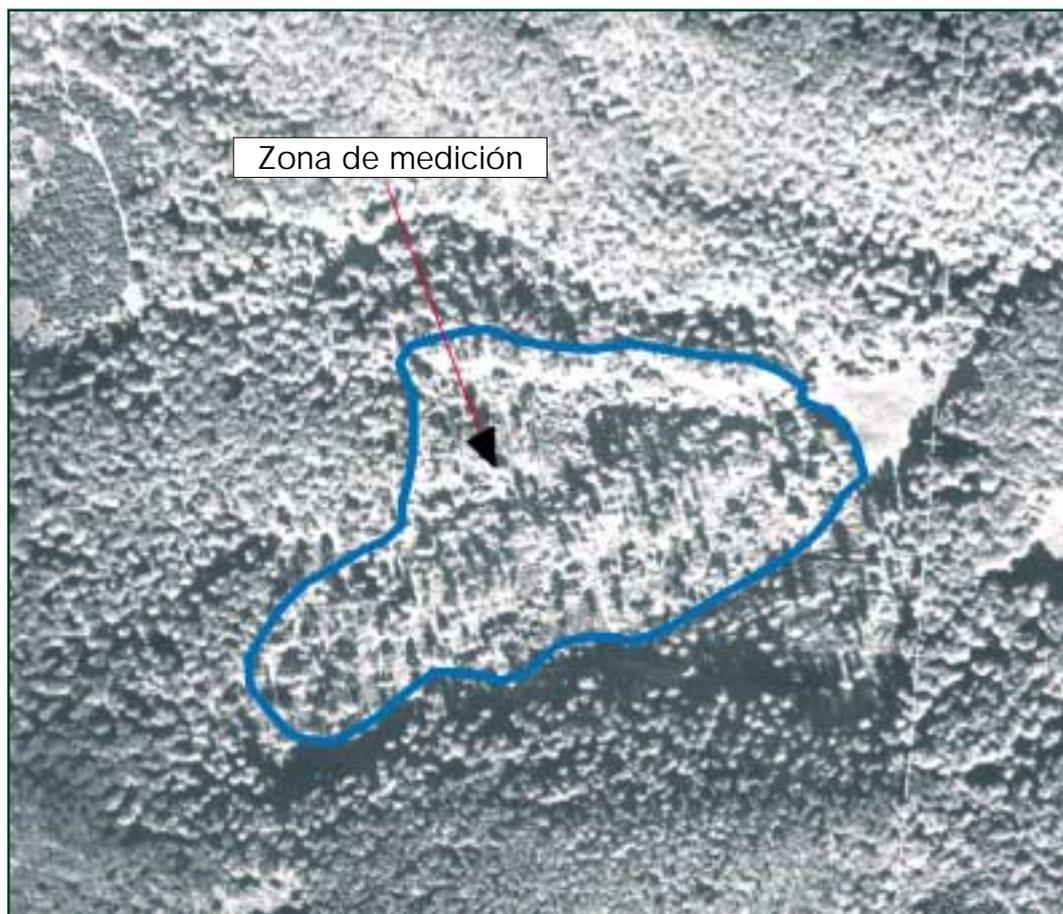
Si la zona a medir tiene bien definidos los límites en base a la vegetación u otras marcas claramente reconocibles desde el aire, se simplifica mucho la medición ya que entonces se recurre al cálculo en base a medios gráficos existentes.

Uno muy utilizado es el empleo de planos con curvas de nivel o de ortofotomapas. En ellos se aprecian claramente los límites de la zona de trabajo, por lo que luego es necesario el empleo de planímetros u hojas milimetradas, en base a los cuales se obtiene el área según la escala del plano. Los errores de medición son prácticamente nulos siempre que se traspasen correctamente los límites reales al plano.

Lógicamente para la medición de unas decenas de hectáreas las escalas de trabajo no deben ser mayores que 1/5.000 ó 1/10.000. Con la aparición de la informática los planos se presentan en soporte digital, por lo que es también posible la medición de una zona en concreto, ya sea en ortofoto o en ortofotomapa, siempre y cuando se trabaje en una escala conocida.



Un hecho habitual es el uso discrecional de las palabras plano y mapa, pero tiene acepciones diferentes. Mapa es más amplio que plano en el sentido que representa al conjunto de planos de territorio pero a una escala mayor.



Zona sobre ortofoto

## Métodos para medir la superficie de un terreno: En campo

Para evitar fallos en la interpretación sobre el plano lo más preciso es la medición in situ. También cuando es imposible reconocer los límites de una zona sobre el plano, es necesario recurrir a la medición sobre el terreno.

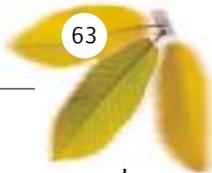
Lo malo de estos métodos de medición en campo es el menor rendimiento con respecto a la medición en oficina, al tiempo que se necesitan al menos dos personas.

### a) Método de la cuerda

Es el método de medición en campo más utilizado, pero el más impreciso y subjetivo. Consiste en asimilar el terreno a figuras geométricas, rectángulos y triángulos, donde se toman medidas con cinta métrica.



Mediciones de varias distancias internas en la zona de trabajo.

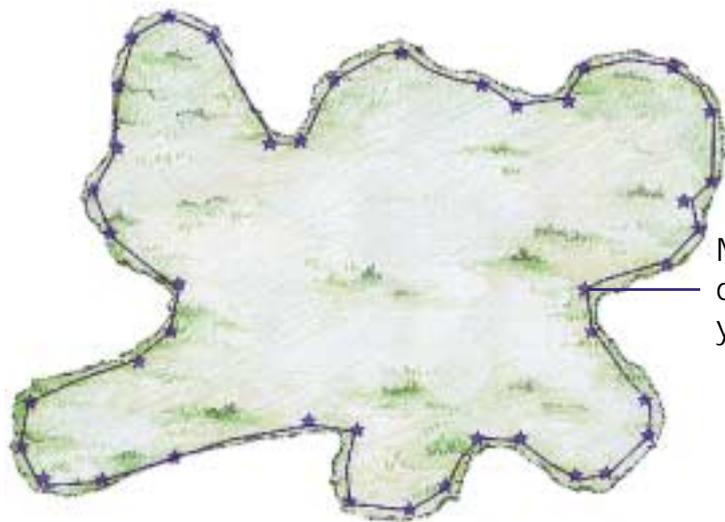


En la práctica resulta a veces engorroso y de poco acierto, porque la zona a medir no es fácil asimilarla a figuras geométricas, además no se consideran siempre las pendientes y se necesita conocer bien la zona a medir para no dar rodeos inútiles. Aún así es interesante para tener algunas referencias.

El rendimiento depende de la forma de la superficie trabajada como de las mediciones tomadas. Entorno a 70 Ha dos personas al día, con cálculos incluidos. Precisión desconocida.

### b) Por recorrido perimetral

Otros métodos más exactos son los que recorren el perímetro de la zona de trabajo. se basan en tomar datos de diferentes puntos, para luego realizar los cálculos en base a operaciones complejas realizadas con medios informáticos. la exactitud es alta y depende de la precisión con la que se tomen los datos y el número de ellos.



Mediciones de puntos del perímetro con GPS y taquímetro.

El rendimiento está en relación con la zona de trabajo, pero como referencia en un día dos personas pueden medir una media de 100 Ha, proceso de cálculo incluido, con una precisión de error menor al 1%. Los métodos más usados son:

### b1) Recorrido con GPS

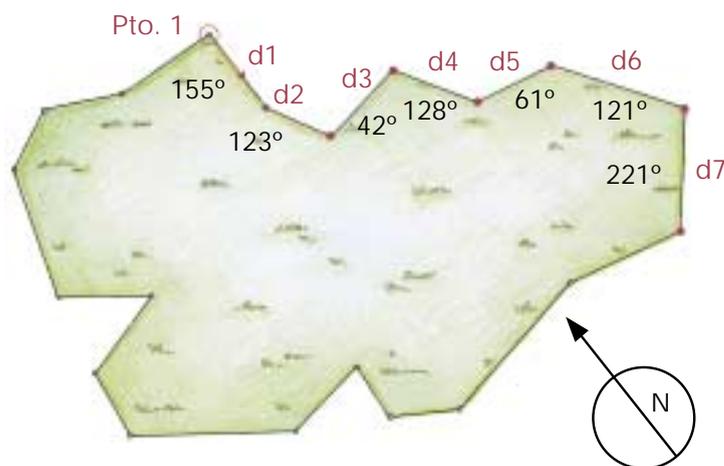
Se recorre todo el perímetro con aparato de lectura GPS (Sistema de Posicionamiento Global), donde se obtienen coordenadas emitidas por el sistema de satélites puestos en órbita (lectura simultánea de la menos 4 de ellos).

Desventajas:

- Aparatos caros.
- Zonas sin cobertura de satélites tales como vaguadas, regatas, ...
- Las condiciones atmosféricas influyen en la lectura.
- Bajo cobertura arbórea no siempre funcionan.
- Posterior proceso de cálculo.

Ventajas:

- Muy preciso si se emplea aparato de precisión submétrica (error menor del 0,01%).
- Rápido para grandes superficies.
- Tienen en cuenta la altura, por lo que se consideran superficies inclinadas o en proyección horizontal.



### b2) Recorrido con rumbo y distancia

A realizar con teodolito o brújula de precisión más distanciómetro (cinta métrica, metro-sónico o laser).

Ventajas:

- Se lee en cualquier tipo de terreno
- Da igual las condiciones atmosféricas
- Funcionan bien en cobertura arbórea.

Desventajas:

- Necesidad de dos personas para hacer el recorrido

Según MADRIGAL (1999) las tablas de producción se definen como cuadros numéricos que tratan de cifrar la evolución con la edad de las variables de una masa forestal coetánea o regular, de una especie dada, dentro de un ámbito geográfico determinado, para las distintas clases de calidad de estación, y para los diferentes regímenes selvícolas aplicables a dicha masa.

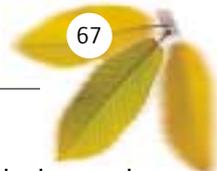
Es necesario tener en cuenta que son un importante instrumento de gestión y planificación cuyos valores deben considerarse una media, pero nunca como algo exacto, ya que en ellas se describen masas ideales, sin huecos ni pérdidas, lo que es necesario tener en cuenta a la hora de su utilización. Es más útil tomarlas como una referencia.

Por otra parte, no podemos confundir las Tablas de producción con las Tablas de cubicación. Las primeras nos dan una acotación de cómo deben ser las masas a lo largo del tiempo en lo que respecta a su densidad, calidad, edad volumen y otros aspectos. Las Tablas de cubicación nos permiten cubicar un árbol o grupo de ellos en un momento determinado de la vida de la masa.

Las Tablas de producción se emplean en silvicultura, inventario y ordenación. Las utilidades varían desde la estimación de volúmenes en una masa o de los crecimientos corrientes, el establecimiento de un modelo de régimen de claras (aunque no debe considerarse más que una referencia), así como para la discusión de la posibilidad o la definición de turnos de máxima renta en especie, tecnológicos o financieros.

Ejemplo de Tabla de Producción de silvicultura media:

Edad	Altura dominante (m)	MASA PRINCIPAL ANTES DE LA CLARA					MASA EXTRAÍDA					MASA PRINCIPAL DESPUÉS DE LA CLARA					MASA TOTAL		CRECIMIENTO EN VOLUMEN DE MASA TOTAL		Edad
		Nº pies Ha	Diámetro Cua Medio (cm)	Área Basim m <sup>2</sup> /Ha	Vol hasta 7 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 18 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 24 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Nº Pies Ha	Área Basim m <sup>2</sup> /Ha	Vol hasta 7 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 18 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 24 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 7 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 18 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Vol hasta 24 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Área Basim m <sup>2</sup> /Ha	Vol hasta 7 cm. m <sup>3</sup> /Ha	Corrien. Anual m <sup>3</sup> /Ha	Medio Anual m <sup>3</sup> /Ha		
10	6,8	3164	8,7	18,9	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,9	27	-	2,7	10
15	11,0	3164	11,3	32,0	113	0	1328	13,0	34	34	1836	19,0	79	0	0	0	32,0	113	17,2	7,6	15
20	15,2	1836	14,5	30,0	194	17	852	11,7	70	104	984	18,6	124	14	0	0	43,3	228	23,0	11,4	20
25	19,1	984	20,0	30,9	258	110	355	8,4	70	174	629	22,5	188	95	20	20	55,6	362	26,8	14,5	25
30	22,6	629	26,4	34,5	329	248	184	7,6	70	244	445	26,9	259	206	110	67,6	503	28,2	16,8	30	
35	25,6	445	32,7	37,3	398	353	102	6,8	70	314	343	30,5	328	295	226	78,0	642	27,8	18,3	35	
40	28,1	343	38,2	39,4	457	429	64	6,3	70	384	279	33,1	387	365	316	86,9	771	25,8	19,3	40	
45	30,2	279	43,0	40,6	505	485	44	5,5	70	454	235	35,1	435	419	384	94,4	889	23,6	19,8	45	
50	32,0	235	47,6	41,8	545	495	29	4,7	59	513	206	37,1	486	472	443	101,1	999	22,0	20	50	
55	33,5	206	51,6	43,0	587	573	19	3,6	51	564	187	39,4	536	524	497	107,0	1100	19,6	20	55	
60	34,8	187	55,2	44,7	628	616	15	3,2	45	609	172	41,5	583	572	548	112,3	1192	19,0	19,9	60	
65	35,9	172	58,4	46,0	666	655	12	2,9	41	650	160	43,1	625	614	591	116,8	1275	16,6	19,6	65	
70	36,9	160	61,2	47,1	700	689	10	2,7	39	689	150	44,4	661	651	628	120,8	1350	15,0	19,3	70	
75	37,8	150	64,0	48,2	730	720	8	2,4	36	725	142	45,8	694	684	661	124,6	1419	13,8	18,9	75	
80	38,4	142	66,3	49,0	754	742	7	2,2	35	760	135	46,8	719	708	687	127,8	1479	12,0	18,5	80	



Según MADRIGAL (1999) se definen una serie de variables a la hora de entender las tablas de producción:

- **Variables de entrada:** son aquellas son las que se determina la calidad de estación, y por tanto, la tabla a emplear.

Son dos:

- Edad, escalonada en periodos.
- Altura dominante, definida como la altura media de los 100 pies más gruesos por hectárea.

En cada una de las tablas existirán valores diferentes de altura dominante – edad, en función de las calidades de estación.

- **Variables de la masa principal:** la masa principal se define como la masa que permanece en pie con dimensiones inventariables. Algunas de estas variables son el número de pies por hectárea, el área basimétrica, el volumen aprovechable y la altura media.
- **Variables de la masa extraída:** tras las actuaciones a realizar, se definen mediante las mismas variables anteriormente relacionadas, a las que se añade el volumen extraído acumulado en las distintas claras.
- **Variables de la masa total:** en general dentro de este se incluyen el volumen total con corteza, obtenido como suma del correspondiente a la masa principal después de la última clara más el acumulado en las claras precedentes, así como los crecimientos anuales medio y corriente de la masa total.

En todos los casos deberá indicarse, en cuanto a volúmenes y crecimientos, el diámetro en punta delgada que considera la Tabla de producción.

## Tipos de tablas de producción según Madrigal

- Tablas de producción de existencias normales o de producción normal: son las primeras tablas que empezaron a construirse.

Son tablas de espesura completa, cuyo fin es dirigir la ordenación de bosques hacia un espesura completa (tangencia de copas), que utilicen la forma total y eficaz, buscando la plena utilización de los recursos y la máxima producción, es decir, buscan lo que se ha definido como "monte normal".

- Tablas de producción de selvicultura media observada: son tablas que reflejan la selvicultura que realmente se está aplicando. Estas consideran un único régimen de claras, que suelen ser moderadas, no permitiendo ninguna alternativa salvo la elección del turno.

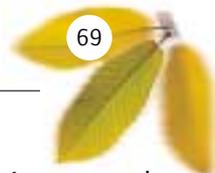
- Tablas de selvicultura de referencia: se elaboran a partir de las de selvicultura media, ofreciendo una alternativa selvícola que consiste en la intensificación de claras.

- Tablas de producción de selvicultura variable: son tablas que representan diversas opciones selvícolas por lo que, generalmente, incluyen distintos regímenes de claras para cada calidad.

Existen además Tablas denominadas de selvicultura "a la carta" (pretenden determinar la intervención que se precisa para conseguir un objetivo concreto), y Modelos de simulación (intentan predecir la producción en función de diversos tratamientos).

## Utilización de tablas de producción

Una Tabla de producción es aplicable a una masa cuando ésta sea coetánea o regular, monoespecífica, se encuentre dentro del ámbito geográfico para el que se haya construido la tabla, pertenezca a alguna de las distintas clases de calidad de la estación definidas, y se haya gestionado siguiendo alguno de los diferentes regímenes selvícolas establecidos en la tabla.



En el caso de Navarra, se han construido Tablas de producción para el haya (*Fagus sylvatica*) y para el pino laricio (*Pinus nigra*).

Las Tablas de producción para el haya MADRIGAL (1992), establecen una selvicultura media y una selvicultura de referencia, diferenciando las masas en cinco calidades.

Por otra parte, las Tablas de producción para el pino laricio GOBIERNO DE NAVARRA (1997), diferencian las masas en tres calidades de estación, estableciendo para cada una de ellas unas tablas de selvicultura media y de referencia.

Edad	Altura dominante (m)	MASA PRINCIPAL ANTES DE LA CLARA				MASA EXTRAÍDA				MASA PRINCIPAL DESPUÉS DE LA CLARA			MASA TOTAL		CRECIMIENTO EN VOLUMEN DE MASA TOTAL		Edad	
		Nº pies Ha	Diámetro Cuad. Medio (cm)	Área Basim m <sup>2</sup> /Ha	Altura media m	Vol. m <sup>3</sup> /Ha	Nº Pies Ha	Área Basim m <sup>2</sup> /Ha	Vol. m <sup>3</sup> /Ha	Vol. Acum. m <sup>3</sup> /Ha	Nº pies Ha	Área Basim m <sup>2</sup> /Ha	Vol. m <sup>3</sup> /Ha	Vol. Acum. m <sup>3</sup> /Ha	Corrien. Anual m <sup>3</sup> /Ha	Medio Anual m <sup>3</sup> /Ha		
20	6,3	7510	2,0	2,4	5,8	0,0	3300	0,5	0,0	0,0	4210	1,9	0,0	2,4	0,0	0,0	0,0	20
30	8,9	4210	5,8	10,9	8,4	31,5	1458	2,8	0,0	0,0	2752	8,1	31,5	11,4	31,5	3,2	1,1	30
40	11,2	2752	9,1	17,8	10,5	76,2	776	4,0	6,5	6,5	1976	13,8	69,7	21,1	76,2	4,5	1,9	40
50	13,2	1976	12,1	22,7	12,5	120,3	464	4,5	11,8	18,3	1512	18,2	108,5	30,3	126,8	5,1	2,5	50
60	15,1	1512	14,9	26,2	14,2	161,3	303	4,5	15,0	33,3	1209	21,7	146,3	38,0	179,6	5,3	3,0	60
70	16,7	1209	17,4	28,7	15,8	198,9	210	4,3	16,9	50,2	999	24,4	182,0	45,0	232,2	5,3	3,3	70
80	18,3	999	19,8	30,6	17,3	233,2	153	4,0	17,8	68,0	846	26,6	215,4	51,2	283,4	5,1	3,5	80
90	19,7	846	22,0	32,1	18,6	264,6	115	3,8	18,1	86,1	731	28,3	246,5	56,7	332,6	4,9	3,7	90
100	21,0	731	24,0	33,2	19,9	293,5	89	3,5	18,1	104,2	642	29,7	275,4	61,6	379,5	4,7	3,8	100
110	22,2	642	26,0	34,1	21,1	320,1	71	3,3	17,7	121,9	571	30,8	302,4	66,0	424,3	4,5	3,9	110
120	23,4	571	27,9	34,8	22,2	344,8	58	3,1	17,3	139,2	513	31,7	327,5	70,0	466,7	4,2	3,9	120
130	24,5	513	29,6	35,4	23,2	367,9	47	2,9	16,8	156,0	466	32,5	351,1	73,7	507,1	4,0	3,9	130
140	25,6	466	31,3	35,9	24,2	389,4	40	2,7	16,2	172,2	4265	33,2	373,2	77,1	545,4	3,8	3,9	140
150	26,6	426	32,9	36,3	25,2	409,5	34	2,6	15,5	187,7	392	33,7	394,0	80,2	581,7	3,6	3,9	150
160	27,5	392	34,5	36,6	26,1	428,5	29	2,4	14,8	202,5	363	34,2	413,7	83,1	616,2	3,5	3,9	160
170	28,4	363	36,0	36,9	27,0	446,5	25	2,3	14,2	216,7	338	34,6	432,3	85,8	649,0	3,3	3,8	170
180	29,3	338	37,4	37,1	27,3	463,4	-	-	-	216,7	-	-	-	88,3	680,1	3,1	3,8	180

Punto de partida:

- Monte de Erro-Zilbeti
- Realizar una corta de pies mayores de haya dejando otros a modo de padres.
- Tratamiento de desbroce de restos de corta y de vegetación arbustiva en la zona de trabajo
- Medición y marcación de cada uno de los árboles a derribar, para su venta por subasta a riesgo y ventura

### Superficie

Se necesita conocer la superficie de trabajo para la realización de los desbroces, ya que se calculan los costos como un importe por hectárea.

No es una superficie claramente definible en las ortofotos, por lo que realizaremos un itinerario con brújula y distancia (el aparato GPS no funciona correctamente por la orografía accidentada de la zona).

Tiempo estimado para medición y marcación de la superficie de un día de trabajo dos personas.

Al no existir pistas ni zonas en las que se pueda evitar la realización de los desbroces, consideramos la superficie total medida como completa para la realización de los trabajos.

Se presenta plano de la delimitación de la zona, con una extensión total de 12,3 hectáreas

Línea delimitación de marcación 

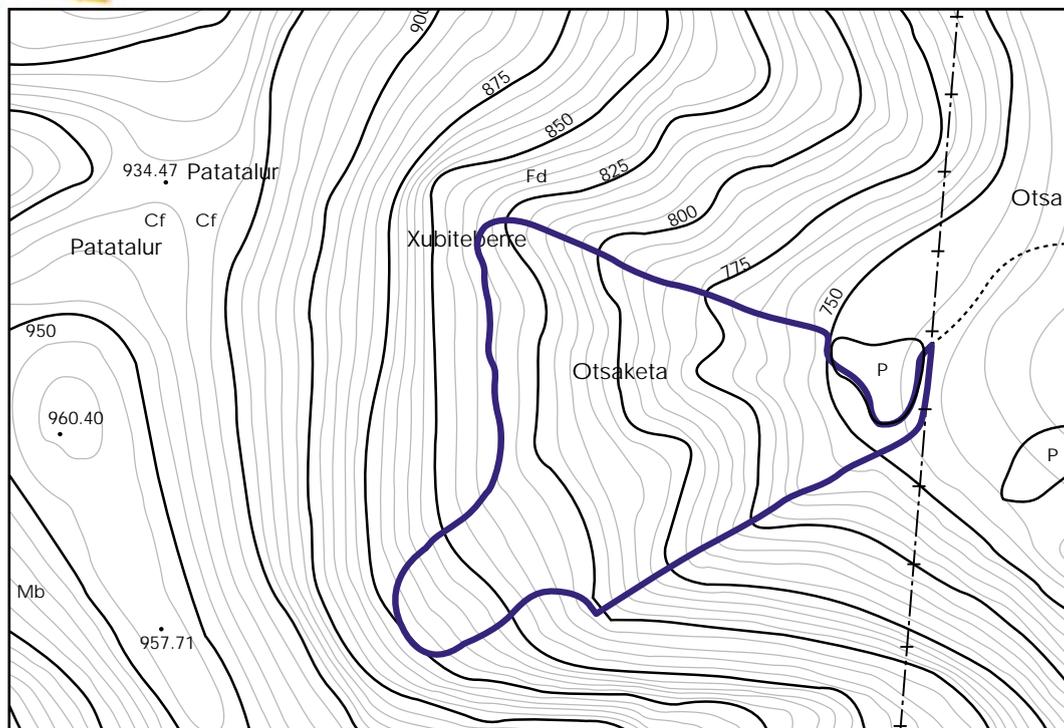


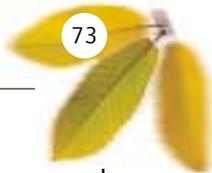
Gráfico de Erro-Zilbeti

### Arbolado adulto. Madera de dimensiones diametrales altas (media menor de 20 cm de diámetro a 1,30 sobre el suelo).

Los árboles a apaar son marcados con una numeración correlativa, inscrita en la madera previa realización de una chaspe que quite la corteza y permita su escritura con martillo numerador.

Además se le añade dos cuños con el martillo oficial del Gobierno de Navarra, uno a la altura del número, entre uno y dos metros, y otro a ras del suelo de manera que permanezca en el tocón para la realización de una contada en blanco, comprobación de que los pies tirados han sido previamente marcados.

Se toman los diámetros normales con forcípula, realizando dos mediciones en cruz y anotando la media de ambas. Las alturas se toman con la referencia de una pértiga de avellano de 3 metros de larga, hasta el punto estimado con 20 cm la zona delgada.

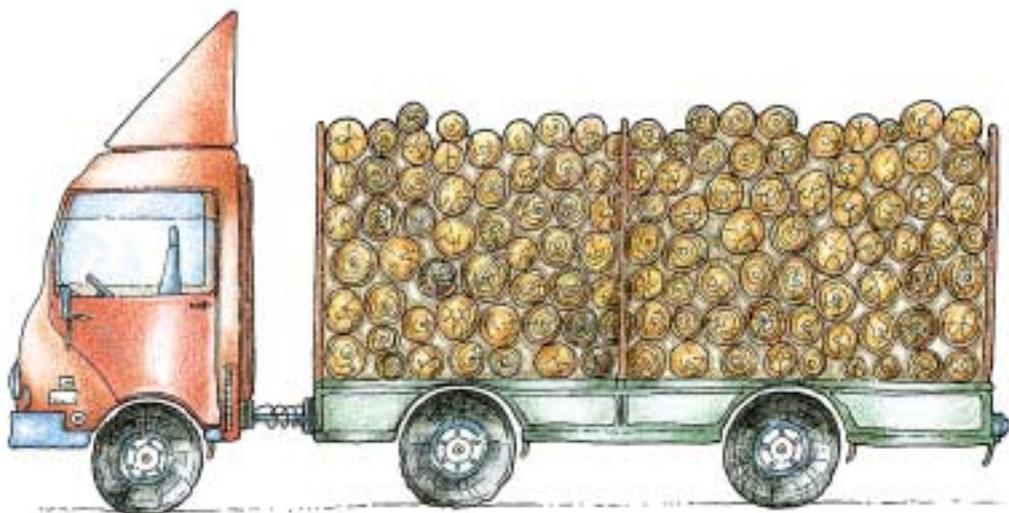


A partir de este punto los árboles que presentan una parte aprovechable para tronquillo se estima y anota longitud. Se puede considerar las diferentes ramas si tienen una longitud mínima de dos metros.

Según se miden los árboles se clasifican en madera de 1ª y en madera de 2ª, según los defectos, heridas u otras variables que condicionen su destino.

Cuando se realiza la cubicación a partir de estas mediciones, en cada árbol figurará un número con el valor de la madera clasificada. A partir de aquí cada potencial comprador podrá verificar la veracidad de los datos aportados para la venta.

Tras la comprobación de las diferentes opciones para cubicar (modelos matemáticos para el haya en Navarra, tablas de cubicación local), la cubicación la realizamos con una tarifa de dos entradas (diámetros normal y altura hasta los 20 cm de diámetro mínimo), ya que es la que más fiabilidad presenta para la zona en cuestión. Utilizamos la misma ecuación para la cubicación del tronquillo.



Personal mínimo: peón nº1 (con hacha para chaspe, más martillo numerador más martillo de sello oficial); peón nº2 (pértiga de tres metros, forcípula o cinta métrica); técnico forestal (selecciona los árboles a medir, calcula las alturas y anota las mediciones). Rendimiento de equipo de trabajo de tres personas en 8 horas de trabajo, con desplazamiento a no más de 20 minutos, 200 árboles por día. Si se miden alturas con hipsómetros (Blume-Leiss, Suunto ó Vertex), es necesaria otra persona para los mismos rendimientos.

Parte de los resultados se presentan en detalle en la tabla adjunta, con un resumen de 31,34 m<sup>3</sup> de madera de 1ª, 2,64 m<sup>3</sup> de madera de 2ª y 1,76 m<sup>3</sup> de madera de tronquillo.

### CONCEJO ERRO-ZILBETI. MARCACIÓN DE HAYAS EN GURUZTEGUI

Cubicación con la fórmula :  $V = -1,14 + 0,0008 \times D^2 + 0,05 \times H$

nº árbol	D (cm)	H (m)	(m) Tronquillo	MADERA (m <sup>3</sup> )	MADERA 2ª (m <sup>3</sup> )	TRONQUILLO (m <sup>3</sup> )
1	52	18		1,92		
2	60	16		2,54		
3	44	15		1,16		
4	45	15		1,23		
5	42	13		0,92		
6	37	16		0,76		
7	40	14		0,84		
8	48	14		1,40		
9	44	18		1,31		
10	42	14		0,97		
11	45	17		1,33		
12	54	21		2,24		
13	42	17		1,12		
14	24	12	T			0,18
15	21	8	T			0,16
16	38	6		0,32		
17	49	17		1,63		
18	42	10	8	0,77		0,4
19	51	12	4	1,54		0,3

## EJEMPLO DE CÁLCULO

## DE VOLUMEN EN CORTA DE UN HAYEDO

n° árbol	D (cm)	H (m)	(m) Tronquillo	MADERA (m <sup>3</sup> )	MADERA 2ª (m <sup>3</sup> )	TRONQUILLO (m <sup>3</sup> )
20	45	12		1,08		
21	47	14	4	1,33		0,2
22	42	8	5	0,67		0,3
23	34	11		0,33		
24	52	12		1,62		
25	62	14	2°		2,64	
26	42	13		0,92		
27	28	7	T			0,22
28	47	12		1,23		
29	25	6		0,18		
30	55	14		1,98		
			<b>SUMAS</b>	<b>31,34</b>	<b>2,64</b>	<b>1,76</b>

En algunas demarcaciones es frecuente calcular la leña como un porcentaje de la madera total medida, por ejemplo de un 20 a una 30%. Este valor depende directamente de la consideración de una mayor o menor ramosidad de los árboles



Uno de los campos en desarrollo para la dasometría es la utilización de fotografías aéreas, ya sean tomadas desde aviones o desde satélites. Mediante ellas es posible la medición de altura de los árboles, conocer el tamaño de las copas y el cálculo de su volumen. Ahora bien, los numerosos problemas y desviaciones que aparecen al medir un solo árbol mediante las fotografías, se diluyen cuando se trabaja sobre masas.

La proyección a corto plazo de las mediciones aéreas radica en la dasometría a gran escala, sobre grandes superficies de terreno, con el fin de evitar los inventarios a nivel del suelo, muy "costosos y molestos". De cualquier manera, estos procesos se encuentran en superar la fase de automatización de la medición de alturas, paso previo al reconocimiento de la morfología, de las especies y de su cubicación.

Lógicamente con el paso de los años y el mayor desarrollo de nuevas tecnologías, la dasometría ha experimentado a lo largo de un siglo grandes cambios. Los nuevos métodos ya utilizan metodologías complejas, con variables a nivel regional, con simulaciones de evolución en los llamados métodos de modelización de crecimientos. En ellos se pretende la reducción de sistemas tan complejos como son los forestales a otros sistemas más simples, que sirvan de instrumento a los gestores forestales para conocer antes de tiempo su producción, evolución, crecimiento y cuantas variables se puedan cuantificar (algunos modelos matemáticos ya se aplican a modo experimental).

Según fuentes del Gobierno de Navarra en un horizonte de unos cinco años se van a desarrollar "perfiles de tronco" mediante modelización matemática, de manera que sirvan como herramientas para la cubicación de otros árboles. Como base se emplearán los múltiples datos extraídos de los árboles tipos existentes.



**Localización**

Cuartel	Tramo	Cantón	Rodal	Masa
	96			

N° ARBOL TIPO	3
---------------	---

**Características generales**

1-especie	Haya	diámetro normal(cm)	47
2-calidad masa		altura total(m)	29,8
3-serie cubicación		altura 20 cm	21,4
4-clase sociológica		altura 7 cm	26
5-clase de fuste		edad	128
6-clase de copa		diámetro a 4m(cm)	42

7 Troza	8 Long.	9 DIÁMETRO			10 CORTEZA			11-esp10anil	12-v.t.c.	13-v.t.sc.	14- c.p.	15- v.c
		d1	dm	d2	c1	c2	cm					
1	1,3	52	49,5	47	0,5	0,5		1,7	0,250388138	0,250286036	0,003771098	0,000102102
2	2,7	47	44,5	42	0,5	0,4		1,4	0,420369642	0,420195754	0,001370052	0,000173888
3	1	42	41,25	40,5					0,133655445	0,133655445	0	0
4	1	40,5	39,75	39					0,124112835	0,124112835	0	0
5	1	39	38,75	38,5					0,117934355	0,117934355	0	0
6	1	38,5	38	37,5					0,113418305	0,113418305	0	0
7	1	37,5	37,5	37,5					0,110446875	0,110446875	0	0
8	1	37,5	36,625	35,75					0,105372864	0,105372864	0	0
9	1	35,75	36,125	36,5					0,102499609	0,102499609	0	0
10	1	36,5	36,25	36					0,103208105	0,103208105	0	0
11	1	36	35,5	35					0,09898658	0,09898658	0	0
12	1	35	34,25	33,5					0,092147055	0,092147055	0	0
13	1	33,5	33	32,5					0,085536605	0,085536605	0	0
14	1	32,5	33,25	34					0,086845605	0,086845605	0	0
15	1	34	34	34					0,09079224	0,09079224	0	0
16	1	34	30,75	27,5					0,074541005	0,074541005	0	0
17	1	27,5	26,5	25,5					0,055180895	0,055180895	0	0
18	1	25,5	24	22,5					0,045297945	0,045297945	0	0
19	1	22,5	21,75	21					0,037169055	0,037169055	0,0041852	0
20	0,4	21	20,5	20	0,4	0,3		3,5	0,013205192	0,013189484	0,004987997	0,000015708
21	5,6	20	13,75	7,5	0,3	0,2		1,8	0,0888811	0,088766746	0,000699791	0,000114354
22									0	0	0	0
23									0	0	0	0
24									0	0	0	0
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												

**Datos volumétricos**

V.T.C.C.(7)	2,3500	VTCC(20)	2,261	f(total)	0,46	f (20)	0,61
V.T.S.C.(7)	2,3496	VTCC(7-20)	0,089	f( 7)	0,52	f(7-20)	0,11



*La presente relación de los términos aquí recogidos son algunos de los más utilizados en el manual, siendo sus significados meramente indicativos y aclaratorios. Algunas palabras tienen varias acepciones pero las que aquí se presentan son las de aplicación dentro del sector forestal. La procedencia de las palabras de esta lista han sido muy variadas, desde el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, publicaciones de consagrados especialistas en la materia, o interpretaciones de autores y colaboradores.*

**Adjudicatario:** Persona física o jurídica a la que corresponde –bien por subasta, concurso o adjudicación directa- el aprovechamiento de un determinado lote de madera.

**Altura total:** distancia entre la base de un árbol y parte más alta del mismo.

**Altura dominante:** es la altura total media de los 100 árboles más gruesos por hectárea.

**Altura maderable:** distancia entre el tocón y el punto donde se aprecia el diámetro mínimo, habitualmente considerado de 20cm.

**Altura media:** Media aritmética de las alturas de los distintos árboles que forman una masa.

**Apea:** Troza de madera que por su escaso diámetro se destina a las industrias de desintegración, a postes de cercado o similares, o a la industria minera (de mina).

**Apeo:** Operación inicial de aprovechamiento de un árbol, en la que se corta el fuste por su parte más próxima al suelo hasta conseguir su caída.

**Aprovechamiento forestal:** 1. - Conjunto de operaciones que consisten en separar los productos forestales y transportarlos para ponerlos a disposición de la industria forestal. 2. - Disciplina académica que estudia estas operaciones.

**Área Basimétrica:** es la suma de las secciones normales en m<sup>2</sup> de los árboles existentes en una hectárea de terreno.

**Brinzal:** Término utilizado para las plantas procedentes de semilla, de unos metros de altura y menos de diez centímetros de diámetro normal.

**Calle:** Infraestructura para la saca de madera, dispuesta generalmente en línea de máxima pendiente, que se caracteriza por no exigir ningún movimiento ni compactación de tierras, sino por ser únicamente un

corredor estrecho abierto por eliminación de la vegetación arbórea preexistente.

**Cantón:** División dasocrática con carácter permanente en un monte ordenado, cuyos bordes se apoyan en accidentes físicos o geográficos (camino, divisoria, vaguadas, regatas,...).

**Certificación ambiental:** Acreditación, reconocida mediante un sello o certificado, que se concede a las empresas y a sus productos si cuentan con un Sistema de Gestión Medioambiental integrado en su organigrama, siempre que éste cumpla una serie de condiciones, entre las que destacan el cumplimiento de la legislación ambiental, la identificación de impactos ambientales desfavorables, la propuesta de medidas para su reducción y la mejora continua que se controla mediante auditorías periódicas.

**Certificación forestal:** Acreditación, normalmente mediante un sello que se puede conceder a los productos finales de las industrias de la madera y otros productos forestales de su proveniencia de montes gestionados de forma sostenible. Implica una doble certificación: por un lado, se controla la propia gestión y, por otro, la cadena de comercialización, transporte y transformación industrial.

**Clasificación (de la madera en rollo):** Separación de las trozas en función de uno o varios criterios relacionados con un destino industrial y generalmente con su valor. Los criterios dominantes en esta clasificación suelen ser dimensionales (comúnmente diamétricos) y cualitativos –rectitud, presencia y tipo de nudos, etc.-.

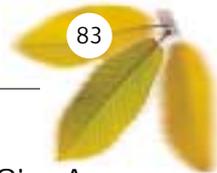
**Chapa madera:** es toda de madera de espesor inferior a 5 mm, obtenida por desenrollo o rebanado.

**Chirpial:** Término utilizado para las plantas procedentes de brote de cepa o raíz, de unos metros de altura y menos de diez cm de diámetro normal.

**Clisímetros:** son aquellos aparatos cuyas escalas de lectura están reflejadas en las tangentes de los ángulos.

**Coefficiente mórfico:** relación entre el volumen del árbol y el de un cilindro del mismo diámetro y altura. En la práctica se suele considerar el diámetro normal del árbol, es decir, el que se toma a 1,30 m desde el suelo.

**Contada en blanco:** Fase de las subastas en montes públicos consistente en la comprobación de que la madera aprovechada se ajusta a lo establecido, y en su marcado para el control posterior. La contada en blanco se produce nada más aperearse la madera y antes de su tronzado y saca.



**Corta:** 1. Acción de apea un árbol o conjunto de árboles (Sin: Apeo, Derribo, Tala) 2. Area de corta: Zona en que se realiza un aprovechamiento. 3. Conjunto de los productos obtenidos en un aprovechamiento maderero.

**Crecimiento corriente anual:** Crecimiento de un año determinado

**Crecimiento medio anual:** Crecimiento total dividido por la edad

**Daños:** 1. - Efectos desfavorables del aprovechamiento forestal, que se suelen concretar en heridas en la masa remanente, alteraciones edáficas como la compactación o la producción y acumulación de residuos de corta además de otros posibles efectos indirectos, y que la ciencia y la legislación forestales tratan de reducir al mínimo. 2. - evitables. La legislación española clasifica los daños en evitables e inevitables prescribiendo la imposición de sanciones sobre las empresas responsables de los primeros.

**Dasocracia:** Parte de la dasonomía que trata de la ordenación de los montes.

**Dasometría:** Parte de la dasonomía encargada de la medición de los árboles y masas forestales (alturas, diámetros, volúmenes, etc.).

**Dasonomía:** palabra que congrega al conjunto de operaciones encargadas de la medición de los montes y los productos en ellos existentes

**Dendrometría:** Parte de la dasometría que se encarga del estudio de la forma, de las dimensiones y cubicación de árboles.

**Descalce:** Operación previa al apeo de un árbol por la que se elimina la corteza de la base del fuste y se descubre parte del cuello de la raíz, con el objetivo de aprovechar más el fuste y facilitar el apeo.

**Diámetro dominante:** Es el diámetro medio cuadrático de los 100 árboles más gruesos por hectárea.

**Diámetro normal:** diámetro de un árbol tomado a la altura del pecho o a 1,30 metros sobre el suelo.

**Eclímetros:** las escalas de lectura están reflejadas en los ángulos

**Ecuación alométrica:** tarifas de cubicación de tres o más entradas.

**Ecuación de regresión:** ecuación que expresa la relación que existe en determinados valores de una o más variables y la medida de los valores de otra llamada dependiente.

**Edad:** nº de años de un árbol contados desde su germinación en semilla o a partir de su plantación sin tener en cuenta el tiempo de vivero.

**Epidimetría:** Parte de la dasometría que estudia las leyes del crecimiento y producción de los árboles así como de su valor económico.

**Espaciamiento:** En sentido dasométrico, es la relación del área basimétrica del rodal respecto al área basimétrica por hectárea.

**Estéreo:** Medida del volumen aparente de madera apilada, que equivale a un metro cúbico aparente, por lo que provoca que la cantidad real de la madera en un estéreo sea bastante inferior a un metro cúbico.

**Fenda:** Rotura o grieta de la madera en el plano longitudinal o radial. Según las causas de las fendas, se clasifican en fendas de heladura, fendas de cuadratura o de pata de gallo, causadas por las tensiones de crecimiento o fendas de secado. Según el lugar en donde aparezcan las fendas se clasifican en fendas de testa, fendas superficiales y fendas internas.

**Hipsómetros:** las escalas de lectura dan las alturas de la medición siempre que nos coloquemos a la distancia indicada en cada escala. También suelen incorporar otra lectura de ángulos (eclímetros) o de tangente de los ángulos (clisímetro).

**Índice foliar:** es la superficie del conjunto de las hojas en relación a la superficie horizontal correspondiente del suelo.

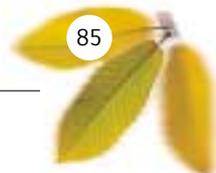
**Lote (de madera):** 1. - Conjunto de árboles o de madera apeada que es objeto de compraventa para su aprovechamiento. 2. - Área del monte en que se encuentra dicha madera.

**Madera clasificada:** Sistema de aprovechamiento en que la madera se extrae del monte en forma de trozas desramadas y tronizadas a diferentes longitudes en función de su destino industrial.

**Madera corta:** Sistema de aprovechamiento en el que la madera se extrae del monte en forma de trozas desramadas y tronizadas a una longitud inferior a 2,5m.

**Madera de chapa:** Trozas que por sus grandes dimensiones, rectitud, escasa conicidad y otras características se destina a la industria de chapa, ya sea de desenrollo o "a la plana". Entre esas otras características se valoran los diámetros en punta delgada mayores de 35 cm, la longitud superior a 2,4 m –aunque con el chopo se admite desde 1,2 m–, y la ausencia de nudos, fendas o ataques bióticos.

**Madera de postes:** Trozas que por sus grandes dimensiones, rectitud, escasa conicidad y otras características se destinan a la industria preparadora de postes. Entre esas otras características, se valoran su escasa contracción volumétrica, su alta resistencia, la ausencia de nudos no sanos y de fendas de cierta profundidad, la ausencia de acebolladuras de cualquier tipo y de marcas de resinación y su buena dura-



bilidad natural.

**Madera de sierra:** Trozas que por sus grandes dimensiones y buena calidad se destinan a la industria de aserrado. Entre otras características, se valoran los diámetros en punta delgada superiores a 20 cm, aunque para ciertos usos se está llegando a aceptar desde 15 cm, así como la rectitud, la poca conicidad, la escasez de nudos y fendas y la ausencia de ataques bióticos.

**Madera en rollo:** Piezas de madera antes de su elaboración industrial, esto es, trozas o fustes sin más elaboración que el desramado y, en su caso, tronzado.

**Maderista:** Persona cuya actividad es el aprovechamiento maderero, y que generalmente actúa como intermediario entre la propiedad forestal y la industria.

**Madero:** Pieza larga de madera en rollo o escuadrada.

**Mapa:** Plano de la superficie terrestre que muestra la situación y distribución de varios hechos geográficos.

**Metro cúbico a la cuarta:** Unidad de medida tradicional empleada en el País Vasco para la cubicación de fustes y trozas. La medición se realiza evaluando la longitud "L" del fuste mediante una cinta métrica y el diámetro "D" con una forcípula o su circunferencia "C" mediante una cinta métrica, en la sección media de dicho fuste. El volumen en metros cúbicos a la cuarta se obtiene aplicando la fórmula adjunta. Este valor es el de la sección del cuadrado inscrito en la sección media del fuste o troza multiplicada por su longitud, y se puede asimilar al volumen de la madera después de su escuadrado o labra.

$$V_c = \left(\pi \frac{D}{4}\right)^2 L \approx 0,78 V_r$$

**Metro cúbico real:** Unidad de medida para la cubicación de fustes o trozas, que consiste en la valoración del volumen real sólido de madera, con o sin corteza. La medición se realiza a veces evaluando la longitud "L" del fuste y el diámetro "D" o su circunferencia C en la sección media de dicho fuste, y aplicando la Fórmula de Smalian – ver recuadro adjunto – o alguna otra tabla de cubicación.

$$V_r = \left(\pi \frac{D^2}{4}\right) \times L$$

**Plano:** representación de un terreno, zona, edificio, máquina, etc.

**Plica:** En una subasta al alza, se llama así a cada una de las ofertas económicas presentadas, en sobre cerrado, por los maderistas.

**Precio base:** Precio mínimo al que se tiene que ajustar el valor de una subasta (Sin: Precio de tasación)

**Precio índice:** Precio relacionado con el precio base, hasta el cual, el propietario puede ejercer derecho de tanteo en la adjudicación de una subasta.

**Producción total:** se refiere al volumen en pie de una masa más el volumen ya extraído en procesos de claras desde el establecimiento de la masa como tal.

**Punta delgada:** En un fuste, el diámetro del extremo más pequeño, producto del despunte y que se determina al despuntarlo en función de los requerimientos dimensionales de la industria de destino.

**Puntal:** Madero que sirve de sostén.

**Raberón:** En un fuste, la parte más delgada que resulta de la operación de despunte y que no es aprovechable por la industria maderera.

**Rematante:** Persona física o jurídica que presenta una oferta en una subasta de madera.

**Remate:** En una subasta de madera, oferta económica que presenta un rematante.

**Restos de corta :** Ramas y raberones que, en muchos casos, no son extraídos del monte después de un aprovechamiento maderero. También pueden incluir la corteza cuando se descortezan a pie de tocón.

**Restos de corta:** Ramas y raberones que, en muchos casos, no son extraídos del monte después de su aprovechamiento. También pueden incluir la corteza cuando se descortezan a pie de tocón.

**Rodal:** Agrupación de árboles o plantas que ocupando una superficie de terreno determinada y continua, es suficientemente uniforme en su especie, edad, calidad o estado, para poder distinguirla del arbolado que lo rodea.

**Señalamiento:** Operación por la que se marcan los árboles que deberán ser objeto de aprovechamiento. En cortas selectivas, el señalamiento se realiza marcando los árboles con uno o dos chasques en una cara del arbolado y puede incluir la numeración y marcado (sello) de cada árbol. En las cortas a hecho, el señalamiento consiste en marcar los límites del área de corta.

**Tabla de cubicación:** Es la presentación de las tarifas de cubicación en



forma de cuadro numérico en los que a través de una o más variables (diámetros, alturas, edad) se obtiene la cubicación de un árbol.

**Tabla de producción:** Son los cuadros numéricos que tratan de cifrar la evolución con la edad de las variables de una masa forestal coetánea o regular, de una especie dada, dentro de un ámbito geográfico determinado, para las distintas clases de calidad de estación, y para los diferentes regímenes selvícolas aplicables a dicha masa.

**Tasación:** 1. - Valoración de la madera de un aprovechamiento. 2. - Precio de Tasación: En una subasta al alza, valor inicial, mínimo, en el que comienzan las pujas (Sin: Precio base)

**Tocón:** Parte aérea de un árbol unida a sus raíces que queda en el suelo después de su apeo.

**Tractor forestal:** Tractor especialmente diseñado para transitar por el medio forestal y para realizar las una o varias de las operaciones del aprovechamiento maderero. Normalmente, suele disponer de dirección articulada y trenes de rodaje adaptados, además de ser especialmente robusto y tener una distribución de su carga en vacío que prima al eje delantero.

**Trocha (Sin: Calle, Arrastradero, Jorro):** En el norte de España, se denomina así a las pistas temporales de desembosque.

**Troza:** Cada una de las partes en que queda dividido un fuste tras su tronzado.

**Vara (de medir):** Palo largo y delgado que se suele emplear para dimensionar las trozas o para su cubicación.

**Volumen comercial:** cantidad de madera que se considera vendible de un árbol o masa.

**Volumen total:** cantidad de madera total sin ningún tipo de deducción. Se entiende las ramas incluidas.

**Volumen en bruto:** cantidad de madera relativamente gruesa, sin descuento de los defectos o pudriciones.

**Volumen neto:** cantidad de madera relativamente gruesa, menos las deducciones por los defectos o pudriciones.

- AUNOS A., RODRIGUEZ F., 2002:** Precisión y rendimientos comparativos de dos tipos de hip-sómetros en la medición de alturas en choperas. Revista Montes nº 68, pag. 21-24 Madrid.
- BITTERLICH W., 1984:** The relascope idea: relative measurements in forestry. Commonwealth Agricultural Bureaux, 242 pag. Great Britain.
- DUPLAT R., PERROTTE G., 1981:** Inventarie et estimation de l'acrosissement des peuplement forestiers. Section technique de l'Office National des Forêts. 432 pag. Fontainebleau.
- GOBIERNO DE NAVARRA, 1998:** Modelos matemáticos de cubicación de haya en Navarra. Sin editar.
- GOBIERNO DE NAVARRA – INIA, 1997:** Tablas de producción del pino laricio var. Austria, en Navarra. Sin editar.
- E.N.G.R.E.F., 1984:** Tables de production pour les forêts françaises. École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 158 pag. Nancy.
- FERNÁNDEZ-GOLFÍN J., 1996:** Manual de usuario Pino insignis del País Vasco. Centro técnico de la madera, 79 pag. Bilbao.
- LANIER L., 1994:** Précis de sylviculture. École Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, 477 pag. Nancy.
- MADRIGAL A., PUERTAS F., MARTINEZ J., 1992:** Tablas de producción para "Fagus sylvatica" en Navarra. Gobierno de Navarra, Serie Agraria nº 3, 122 pag. Pamplona.
- MADRIGAL A., ALVAREZ J.G., RODRIGUEZ R., ROJO A., 1999:** Tablas de producción para los montes españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar, 253 pag. Madrid.
- NEIRA M., MARTINEZ F., 1973:** Terminología forestal española. INIA, 480 pag. Madrid.
- NUTSCH W., 2000:** Tecnología de la Madera y del Mueble. Editorial Reverte, 509 pag. Barcelona
- PARDÉ J., BOUCHON J., 1994:** Dasometría. Editorial Paraninfo, 387 pag. Madrid.
- PITA P., 1979:** Apuntes de dasometría Tomos 1, 2 y 3. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Madrid
- TOLOSANA, E., GONZALEZ, V. M., VIGNOTE, S., 2000:** El aprovechamiento maderero. Fundación Conde de valle de Salazar y Mundi-Prensa, 575 pag. Madrid.
- PITA, P.A., 1979:** Apuntes de dasometría Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. 3 tomos. Madrid.
- PITA, P.A., 1973:** El inventario en la ordenación de montes. INIA. Madrid.