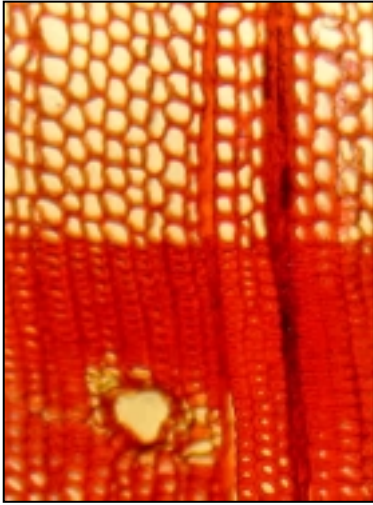


## 2.3 Análisis de tallo

### 2.3.1 Introducción

A partir de la diferenciación anatómica que presentan los tejidos del crecimiento de la madera temprana -o de primavera- y los de madera tardía -o de verano- en la formación del tejido xilemático anual, es que se hace posible medir la edad transcurrida en la formación de cualquier sección del fuste o “rodela” y por lo tanto medir la edad transcurrida entre el año de su formación y el actual, o bien entre períodos de crecimiento.



En la foto se observa claramente en la parte superior un tejido de delgadas paredes celulares y gran diámetro de traqueidas. Este tejido limita con el formado en la estación de crecimiento tardío del año anterior, donde se observan gruesas paredes celulares y un pequeño diámetro del lumen. También es posible observar en ese tejido un canal resinífero propio de la estación estival. Esta foto fue obtenida durante un período de prolongada sequía en la zona de Constitución, VII Región costera de Chile. La foto corresponde a la ampliación de un corte realizado con micrótopo en una sección transversal del fuste. Cuando se dispone de información como ésta es posible la reconstrucción cronológica de la formación del fuste completo, haciendo cortes transversales a distintas alturas, realizando las mediciones diametrales de interés e interpolando la información resultante.

El principio fundamental del análisis de tallo se basa en hacer corresponder las capas de crecimiento que son isocrónicas, esto es que se han formado en el mismo año o período. Esto se basa en el principio de agregación de tejido de crecimiento a partir del cambium.

### 2.3.2 Las rodela

Cuando se efectúa un corte transversal sobre el fuste, -a menudo una rodela o sección de fuste-, se expone a la vista la superficie de los anillos de crecimiento anuales, tal como se muestra en la foto siguiente.



La correcta posición espacial de la rodela permite, -en conjunto con el resto de las rodela del fuste- realizar los mas variados estudios que sean de interés tales como crecimiento diametral, de altura o de volumen anual, densidad de la madera en relación con su exposición, longitud de las fibras, simetrías, excentricidades y huellas de daños o factores del ambiente que han determinado el fenómeno de construcción anatómica de la madera. No corresponde indicar acá exhaustivamente las potencialidades que del análisis de tallo se originan sino su metodología de construcción.

Las rodela para ser correctamente leídas deben ser cuidadosamente preparadas, esto es: seccionadas en el fuste indicando su altura de corte, marcar la posición espacial de la rodela (norte

magnético, área superior o inferior de ésta, etc). La información que se desea extraer puede ser obtenida directamente desde una imagen de ésta o bien medida directamente en terreno. Se debe indicar que no resulta trivial un proceso digital de extracción de información completamente automatizado, dado que los factores del ambiente determinan patrones de crecimiento que muchas veces deben ser interpretados por un experto.

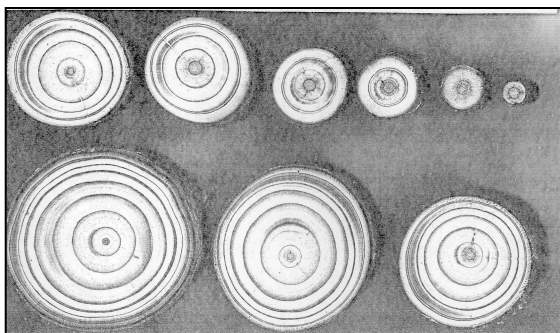
La información así colectada en una sección puede ser correlacionada con las rodela inferiores y superiores para realizar inferencias sobre el crecimiento del árbol.

### 2.3.3 Los cortes en altura

Uno de los problemas habituales asociados a la determinación de la altura a la cual deben ser obtenidas las rodela es que dado que no se conoce -a priori- el crecimiento en altura del árbol se suele utilizar una longitud fija y habitualmente asociada a longitudes comerciales del fuste. Esta práctica resulta habitualmente en un detrimento de la calidad de la información debido a que el árbol puede contener una gran cantidad de información en una pequeña longitud del fuste como suele ocurrir en la base y el ápice de árboles maduros.

Un buen criterio sería intentar obtener una diferencia relativamente constante de anillos de crecimiento entre rodela sucesivas. Para ello se sugiere seguir la metodología indicada por Corvalán (1986) en la construcción de curvas de trozado en Canelo para la X región de Chile. El principio consiste en seleccionar para la zona y la especie que interesa analizar, un árbol prototipo que habiendo alcanzado su madurez, permita la lectura de su historial con el mismo procedimiento que se indica en esta sección, de tal manera de permitir determinar la curva de desarrollo altura total vs edad. Una vez realizado ello se puede utilizar como modelo para determinar las alturas de corte de manera de obtener diferencias de edad constante entre rodela sucesivas.

Para ello es necesario determinar la cantidad de años en que se supone el árbol reflejará diferencias constantes de edades entre anillos. Este período de tiempo debe considerar las variaciones climáticas periódicas como mínimo.

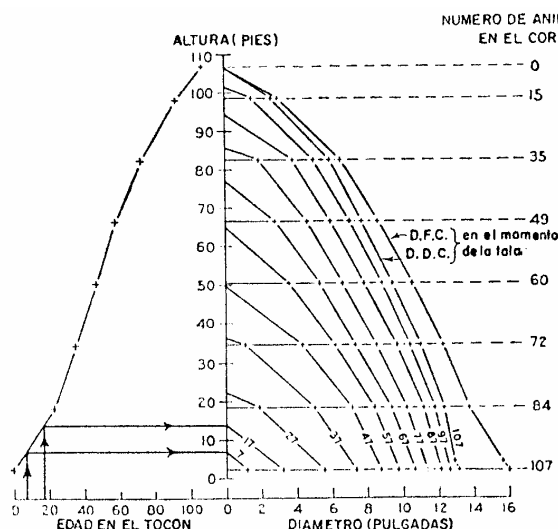


La observación de la siguiente foto indica una secuencia de rodela obtenidas cada un metro de altura a partir del tocón (0.3 m). Si se observa las rodela a partir de la izquierda y abajo, hacia arriba a la derecha en la imagen notará que la cantidad de anillos correspondientes son: 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 y 1. Nótese también que existen dentro del árbol patrones de crecimiento estables en todo el perfil, tales como el doble anillo del último período de verano y el marcado tejido de alta densidad que se observa en el período de madera de primavera del año anterior al corte. Esto confirma el principio de isocronología de los anillos externos.

### 2.3.4 Como construir el modelo de análisis de tallo

Asumiendo que los supuestos que se utilizan son correctos, esto es 1) que las rodela están ubicadas en una posición tal que permiten una correcta interpolación de la información entre rodela

sucesivas, 2) que las rodela representan una sección circular y 3) que las rodela se ubican en una posición vertical y colineal en la posición de las médulas, se pueden entonces realizar las lecturas de diámetros o radios en función de su altura de corte, tal como se indica en la figura siguiente:

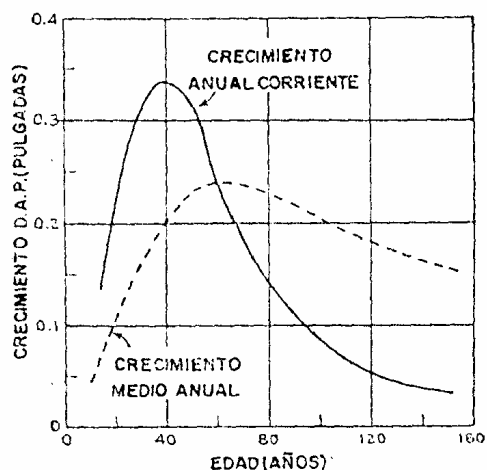


Desde estas ocho rodela se ha medido el diámetro con y sin corteza presente y se ha determinado las curvas isocrónicas en diámetro pasado sin corteza en períodos de 10 años, medidas desde el cambium hacia la médula. Se observa que la rodela basal contiene 107 anillos o edad del árbol para luego terminar en el ápice con edad 0 años. Desde este mismo gráfico es posible trasladar en un tercer eje la edad del árbol y relacionarlo con la altura total interpolada. También es posible extraer información sobre el desarrollo histórico de otras variables tales como DAP vs edad; altura comercial vs edad, coeficientes de forma vs edad y todas aquellas para las cuales este análisis de tallo fue diseñado.

Sin embargo si se violan los supuestos básicos descritos antes será necesario utilizar un sistema de reconstrucción geométrico de las rodela en el espacio para poder hacer inferencias correctas.

### 2.3.5 Los distintos tipos de crecimiento deducibles del análisis de tallo

Las estadísticas de mayor importancia en la medición del crecimiento de un árbol se expresan en función de la longitud del intervalo de tiempo transcurrido en el pasado. Este crecimiento o incremento puede ser **anual** cuando la diferencia se establece entre dos años sucesivos y es conocido como el **crecimiento anual corriente**, o **periódico** cuando se expresa en relación con una diferencia de más de un año. Este período o intervalo de tiempo debe ser claramente conocido e idealmente debe cubrir un período de tiempo necesario para cubrir las variaciones climáticas que inciden en el crecimiento del árbol. En este caso se conoce como **crecimiento periódico**.



A veces interesa conocer los valores **medios** de estas medidas y así se puede definir el **crecimiento anual medio** como el tamaño del individuo dividido por su edad o bien el **crecimiento medio anual periódico** definido como el valor de crecimiento del período dividido por los años del período. Como se observa en el gráfico, las curvas de crecimiento anual corriente se cruza con la curva de crecimiento medio anual en su punto más alto. Esto se debe a que el valor inicial del crecimiento anual corriente es creciente, como se observa en el crecimiento anual medio. Mientras éste valor supere al crecimiento del año anterior la curva del crecimiento anual medio seguirá subiendo, pero de igual forma, cuando éste baje, el crecimiento anual medio también bajará, hasta que éstos se crucen.

## **2.3.6 Los modelos de crecimiento deducibles del análisis de tallo**

### **Crecimiento en diámetros**

Para medir crecimientos diametrales a cualquier nivel de altura del árbol, es necesario determinar un radio representativo del área de estudio para realizar las lecturas. Para ello idealmente se debe medir el área y a partir de ella, deducir el radio de lectura de la información equivalente a un área circular del mismo tamaño. Este trabajo es tedioso si se realiza manualmente, por ello usar el supuesto de fustes de formas elípticas resulta práctico y adecuado a la mayor frecuencia de casos que se encuentran en la práctica. Para ello basta con definir el diámetro mayor y el diámetro menor de la rodela y calcular su radio medio geométrico. Una vez determinado éste bastará con aplicarlo desde la médula hasta el perímetro de la rodela y seleccionar de todos los posibles aquel que represente bien la forma de crecimiento diametral de la rodela. Si la forma de la rodela es circular, entonces cualquier radio es equivalente, en caso de no ser excéntrica.

Las lecturas de crecimiento deben hacerse desde el cambium hacia la médula, y para ello es conveniente registrar lecturas diamétricas acumuladas, para realizar siempre medidas con la misma precisión. En aquellos casos de lecturas diametrales periódicas, las fracciones inferiores a la amplitud del período se pueden expresar como “radios restantes”.

### **Crecimiento en altura total**

El crecimiento en altura total sólo es posible realizarlo en el año en que el árbol es trozado, ya que en los años anteriores se desconocerá la ubicación exacta del ápice correspondiente a ese año. Por ello se utiliza el principio de interpolación, siguiendo la tendencia mostrada por el crecimiento mostrado en el anillo externo y realizando algunos supuestos básicos para realizar la interpolación. La regla más común es realizar una simple interpolación del crecimiento en altura en el período proporcional al diámetro desde el que se intenta estimar su “resto de altura”. Ciertamente el error de interpolación es proporcional a la cantidad de años transcurridos entre la rodela en cuestión y la longitud del último tramo de altura que contiene el ápice. Otro buen supuesto es el de proporcionalidad al área desde la que se está estimando. Dada la incerteza de los supuestos, en términos prácticos no es relevante usar métodos más sofisticados.

### **Crecimiento en volumen**

El crecimiento volumétrico puede realizarse asumiendo que el fuste tiene o se asemeja a ciertas formas geométricas conocidas. La precisión dependerá de la longitud existente entre las rodelas consecutivas, dado que al igual que la altura total el error de estimación será proporcional a la longitud del segmento que separa las rodelas consecutivas. Si la longitud es pequeña se puede asumir un cono truncado entre secciones, como un valor verdadero o de error pequeño. Los métodos de cálculo volumétricos podrán ser gráficos, mecánicos o numéricos, calculando las diferencias entre los años que interesa conocer. Este cálculo puede ser a nivel de todo el árbol o bien a nivel de trozas.