

8. Epidometría

La epidometría proviene de dos vocablos griegos-latinos: *epidos* = edad y *metros* = medida, Consecuentemente la epidometría forestal, es la especialidad que trata de todos los aspectos relacionados con la edad del árbol y las poblaciones forestales; entre los cuales se encuentran el crecimiento e incremento maderable de los arboles individuales, elementos imprescindibles para determinar o estimar la producción y el rendimiento maderable de las masas o poblaciones forestales.

8.1. Edad.

Los árboles como otros seres vivos, crecen, se reproducen y mueren. En Ingeniería Forestal, es importante que cada una de estas fases de vida de un árbol quede muy bien comprendida. En general se conoce que la edad de cualquier organismo vivo, es el periodo de vida que tiene, considerado desde su origen hasta un punto determinado en el tiempo. En terminología forestal, la edad de un árbol se define como el número de años transcurridos desde la germinación de la semilla hasta el momento en que es observado o medido (Souza, 1973). Genéricamente el estudio de la edad y del crecimiento del árbol, masas forestales o bosques y de sus implicaciones es tratado por la epidometría.

Los árboles fácilmente consiguen llegar a más de 100 años de vida. Muchos individuos de bosque tropical probablemente alcanzan edades entre 100 y 700 años (Botosso y Mattos. 2002). Se conoce que el árbol más viejo del mundo, aún en pie, es el *Pinus aristata* que habita en el estado norteamericano de California con una edad estimada entre 4.200 y 4.600 años.

La posibilidad de conocer o estimar la edad de los árboles, permite hoy en día contar con sólidos fundamentos de interpretación en las ciencias forestales, como la ecología y son imprescindibles para aplicar correctos ciclos de corta, raleos y otras actividades silviculturales y efectuar el aprovechamiento sostenible, así como para estudiar la dinámica de poblaciones vegetales y la productividad de ecosistemas. Para este propósito, conocer la edad como un parámetro medible, se transforma en una herramienta de decisión de apreciable valor.

En la práctica, la variable edad comprende el periodo en años que ha transcurrido desde el comienzo de la vida del árbol hasta el momento en que la comunidad forestal se encuentra en su última fase de crecimiento, periodo de senescencia de los árboles.

Se diferencia de la edad de rotación comercial, que se refiere al año en que los árboles deben ser cortados siguiendo los principios establecidos en los Planes de Aprovechamiento Forestal.

Una consecuencia visible de la edad, es el crecimiento reflejado en el aumento del tamaño de los árboles. Sin embargo, sobre este periodo de tiempo el tamaño del individuo, es el resultado de las interacciones, la capacidad genética, inherente al individuo y del sitio en el cual esta se está desarrollando. En el periodo de crecimiento intervienen también factores climáticos, tales como la temperatura, humedad del aire, duración e intensidad de luz, y otros factores como la fertilidad del suelo, los cuales constituyen elementos decisivos para el crecimiento de los árboles, periodo conocido como estación o época de crecimiento.

Las alteraciones de esas condiciones ambientales, pueden producir periodos de crecimiento estacionario en las plantas, que en muchos árboles se refleja en la estructura anatómica de la madera, que adquiere características anatómicas estructurales muy bien definidas y fácilmente observables. Es la respuesta a tales procesos fenológicos que marcan el comienzo y fin de la estación de crecimiento. De este modo, de acuerdo a la precisión que se desee en la determinación de la edad de un árbol, se puede recurrir a métodos de medición que permiten estimarla.

8.2. Estimación de la edad.

8.2.1. Por observación.

Se puede estimar la edad de un árbol por su tamaño o apariencia general, a través de un simple análisis visual. Este método requiere de mucha experiencia y práctica; el mensurador debe estar completamente familiarizado con el comportamiento silvicultural y las características fenológicas de la especie o especies y del ambiente donde el árbol o los árboles se desarrollan; es necesario por tanto un profundo conocimiento del ritmo de crecimiento de las especies existentes en el área de estudio. La estimación de la edad es muy subjetiva y bastante inexacta. Puesto que se basa en la historia del bosque y en las características morfológicas de las especies, como el alisamiento y cambio de coloración de la corteza: como tal, su uso está generalmente restringido para agrupar árboles en intervalos de clases de edad de 10, 15, 20 o más años.

Sin embargo, este método puede ser utilizado cuando se trata de clasificar los árboles silviculturalmente, considerando la posibilidad de identificación de los individuos para el ingreso en los respectivos Planes de Manejo Forestal. En este sentido, los árboles pueden ser clasificados en brinzal, latizal y fustal.

Brinjal es aquel individuo que tiene una altura comprendida entre los 30 cm. y menor o igual a 1,5 m. *Latizal* es aquel individuo que tiene una altura mayor a 1,5 m. y un diámetro normal menor o igual a 10 cm. *Fustal* es el árbol que tiene un diámetro normal entre 10 y 25 cm.

De acuerdo a la exposición a la luz solar, los árboles se pueden clasificar en árboles emergentes (los que ocupan el estrato superior del dosel del bosque), dominantes, codominantes, intermedios y suprimidos (los que están posicionados debajo del dosel) Mostacedo, 2000. Los tamaños y la forma de los árboles siempre estarán afectados y dependientes de las características del sitio y de las condiciones en que están creciendo. Así, los árboles de una misma especie y con la misma edad podrán presentar notorias diferencias en sus variables dendrométricas, pudiendo presentar valores semejantes en el diámetro normal a 1,3 m. pero muy diferentes en altura total.

En ese sentido una de las finalidades de la silvicultura es orientar y optimizar el crecimiento de los árboles a través de la manipulación de los efectos del sitio, principalmente de la intensidad de luz disponible para el crecimiento correspondiente.

8.2.2. Cuento de verticilos.

Algunos de los árboles como las Araucarias (y otras especies de coníferas) muestran una forma típica de crecimiento que en botánica se denomina de crecimiento monopodial (cuando presente solo un ápice definido como yema apical). Cuando deja de existir la predominancia del crecimiento de la yema apical, entran en actividad las yemas subyacentes que dan origen a las diversas ramas formando el crecimiento simpodial, situación que se presenta en la mayoría de los árboles tropicales.



Monopodial (*Cupressus sempervirens*)



Simpodial (*Melia azedarach*)

Muchos árboles de la especie *Pinus spp.* forman en algunos sectores del tronco una estructura particular en forma de nudos, de donde nacen las ramas laterales, formando anualmente lo que se denominan verticilos. Este fenómeno se explica en el sentido de que al final de cada época de reproducción vegetativa, el árbol origina en la punta de su último brote la yema apical; con el inicio de la siguiente época de crecimiento vegetativo, esta yema continúa creciendo, desarrollando una nueva yema apical con un nuevo brote formando en su base los verticilos.

Contando el número de verticilos se puede estimar la edad del árbol asociando el número de verticilos a la edad del individuo en años; sin embargo, solamente en algunas especies forestales, el número de verticilos a lo largo del tronco corresponde exactamente a la edad del árbol. Las especies forestales que presentan esa característica normalmente crecen en climas templados.

Un inconveniente con esta forma de determinar la edad de los árboles, es la tendencia natural de los verticilos ubicados en la sección inferior del árbol de perderse con el avance del tiempo, pudiendo dificultar la determinación de la edad real del individuo. Para utilizar este método es indispensable conocer bien el hábito de ramificación de la especie; puede acontecer que algunos árboles individuales, en sitios específicos, formen además del verticilo anual uno o dos verticilos más por año, o que formen los verticilos en periodos superiores a un año.

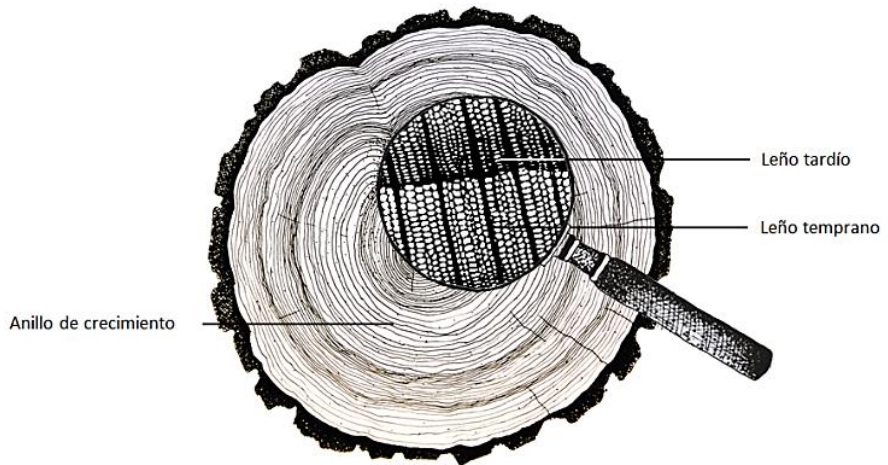
Midiendo la distancia entre dos verticilos se puede también determinar el correspondiente crecimiento en altura. En este caso, la distancia entre verticilos puede corresponder al incremento en altura de un año para el otro. No existe registro de que este método de determinación de la edad de los árboles, haya sido utilizado en áreas tropicales o subtropicales.

8.2.3. Conteo de anillos de crecimiento.

Los anillos de crecimiento, resultan de la sobreposición sucesiva de las capas de tejido leñoso en el tronco del árbol, en razón de la actividad periódica del cambium. Así, la actividad del cambium va acumulando año a año capas sobrepuestas que van a originar la formación de los anillos de crecimiento. Los anillos de crecimiento se inician en la médula del árbol y continúan hacia la corteza; consecuentemente la formación de los anillos de crecimiento tiene lugar en el cambium del árbol. Junto a los anillos se forman también los radios leñosos (rayos medulares o del xilema), elementos anatómicos que actualmente vienen adquiriendo mayor importancia en la investigación dendrocronológica, la ciencia que se ocupa del análisis de los anillos de crecimiento desde una perspectiva temporal y que ha dado origen a la dendroclimatología, que constituye una disciplina especializada que permite extraer y seleccionar la información de carácter climático contenida en la variabilidad de los datos dendrocronológicos.

El anillo de crecimiento está compuesto básicamente de dos capas de tejido meristemático, la primera de tonalidad más clara que es llamada de leño inicial, temprano o primaveral, y la segunda de tonalidad más oscura denominada de leño tardío o secundario; son en consecuencia resultado de la actividad del cambium del árbol en dos períodos: la vegetativa y la relativa al reposo fisiológico de la especie, equivalente al periodo de stress fisiológico, inadecuado para el crecimiento.

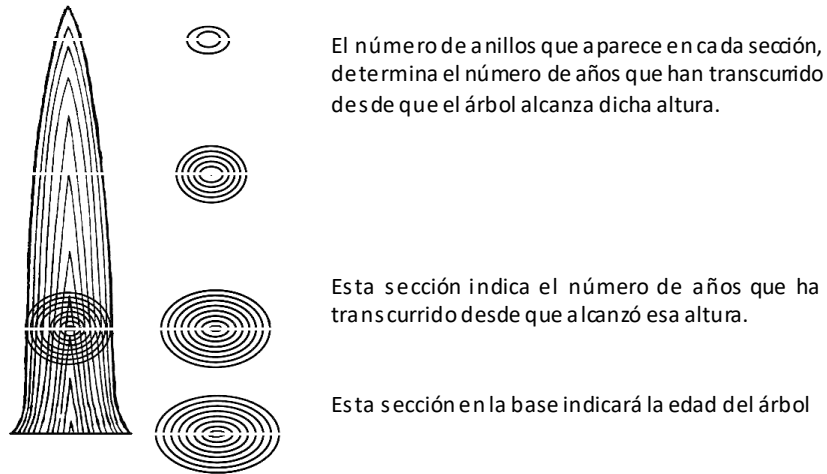
En sitios donde existen claramente diferenciados períodos específicos de verano e invierno, o de lluvias y sequías, el crecimiento de los árboles se refleja en esas características, originando sectores que, comparativamente, crecen más y sectores donde el crecimiento es mínimo y en muchos casos, es nulo. Esa diferencia de crecimiento entre los tejidos del leño inicial o temprano y leño tardío, representados en las capas sobrepuestas, produce nítidamente áreas más o menos concéntricas que son denominadas anillos de crecimiento. Sin embargo, algunos cambios expresivos en la cantidad de luz diaria disponible (iluminación directa al árbol) pueden ocasionar crecimientos diferenciados que podrían reflejarse en la formación de los anillos de crecimiento.



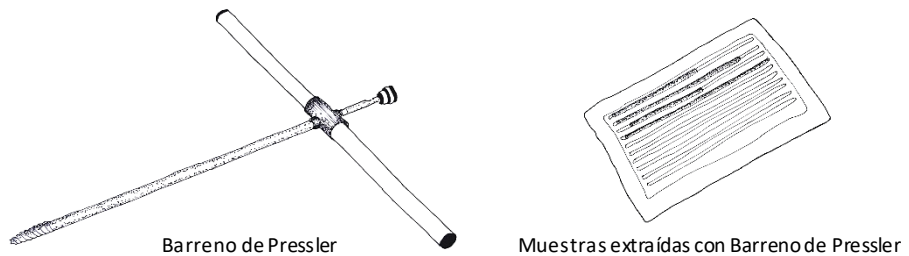
Anillos de crecimiento de una especie de *Pinus spp.*

La formación de los anillos de crecimiento requiere consecuentemente de la existencia de un período de stress fisiológico durante el año, lo que se asocia a climas de la región templada, es decir que en ese tipo de clima la formación de los anillos queda bien definida la edad del árbol.

El conteo de los anillos de crecimiento que es realizado en la base del tronco, suele indicar con mayor precisión la edad del individuo observado; mientras que en la parte superior del tronco existe evidentemente menor número de anillos, toda vez que las capas de formación del leño se acumulan en la parte inferior del tronco.



En árboles cortados, los anillos de crecimiento pueden ser observados en segmentos de troncos cortados en forma de discos o en cortes transversales del tronco. En árboles en pie, las muestras que se extraen de forma cilíndrica, obtenidas mediante el uso del Taladro de o Barreno de Pressler, se denominan tarugos de incremento.



En las dos últimas décadas, del estudio de los anillos de crecimiento surgieron las especialidades de dendrocronología y la dendroclimatología. La dendrocronología se refiere al conocimiento del leño, relacionándolas a datos biológicos (por ejemplo, la cantidad y calidad del polen de especies vegetales en determinados períodos) y de las variaciones ecológicas y ambientales ocurridas en el sitio donde se encuentran o encontraron esos árboles.

La dendroclimatología, los anillos de crecimiento permiten la identificación y la reconstrucción de las condiciones del clima que existieron en esos sitios y, consecuentemente, reconocer las alteraciones ambientales naturales que influyeron en la dinámica de las poblaciones arbóreas e indirectamente sobre el comportamiento del recurso hídrico y sus correspondientes procesos geomorfológicos (Tomazello, et. al., 2001).

En especies tropicales y subtropicales normalmente no existe un claro contraste entre el leño inicial y el leño tardío, no siempre existe una perfecta diferenciación entre los períodos de crecimiento en función de un periodo seco que se reflejen en los anillos de crecimiento: en consecuencia, en climas tropicales y subtropicales este método aún precisa de muchos trabajos de investigación como para ser utilizado con confianza. Para especies de clima templado, especialmente las coníferas, el método es bastante preciso y tiene importante uso práctico. Naturalmente, es posible que ocurra la formación de los llamados *falsos anillos de crecimiento*, producidos como consecuencia de sucesivos períodos cortos de sequía y lluvias, ataque de insectos, enfermedades, heladas y otros factores, que originan más de un ciclo de crecimiento durante el período de un año, complicando la estimación de la edad por este medio. En el trópico, también existen los llamados *anillos sobrepuestos*, causados por el crecimiento irregular de la madera, especialmente en la madera de los denominados aletones, contrafuertes o raíces tubulares, donde es posible encontrar configuraciones de anillos sobrepuestos que probablemente son formados por el efecto de la abundancia de agua en los suelos, lo que obliga en algunas especies a disminuir la actividad de absorción de nutrientes, causa probable de la formación de esos anillos.

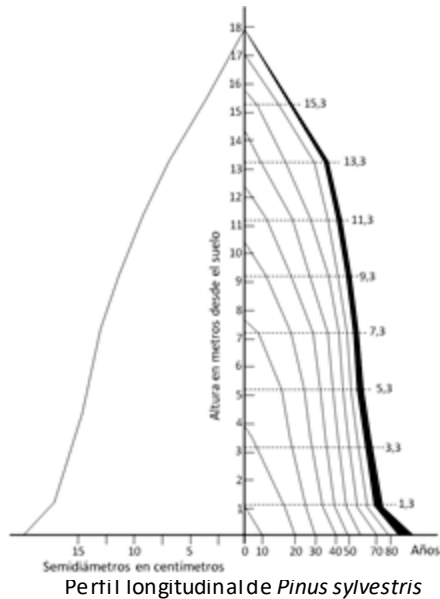
Así, la determinación de la edad de los árboles en especies tropicales, a través del conteo de los anillos de crecimiento, resulta un trabajo mucho más complejo, puesto que existe poca información. Además, se debe considerar que: **a)** no todas las especies caducifolias forman anillos de crecimiento; **b)** algunas especies siempre verdes forman estructuras muy similares a los anillos de crecimiento, conocidas como zonas de crecimiento; **c)** algunas especies mantienen el ciclo de crecimiento estrictamente influenciado por las lluvias; y **d)** presentan una discontinuidad de la estructura colorida. En consecuencia, en los trópicos, la determinación de la edad de los árboles constituye uno de los problemas que precisa ser solucionado por la investigación de la ciencia forestal.

8.3. Análisis del tronco de un árbol.

La producción de un determinado rodal, puede ser estimada con bastante precisión a partir del estudio del crecimiento de los árboles individuales o de un bosque como un todo. En general, este tipo de estudio es realizado por medio de inventarios forestales continuos ejecutados en Parcelas Permanentes de Muestreo PPM's y en intervalos de tiempo predeterminados (normalmente de 3, 5 o 10 años).

Así el análisis del tronco se presenta como una interesante alternativa para evaluar el crecimiento pasado de un árbol, de forma rápida y precisa, permitiendo la realización de inferencias sobre la producción maderera futura del bosque. Este método adquiere importancia toda vez que en cualquier época se puede reconstruir el pasado de un árbol, sintetizando su comportamiento desde su fase juvenil hasta el momento en que es realizado el análisis.

El análisis del tronco también es conocido como análisis del fuste o análisis troncal, y consiste en la medición, equidistante o no, de cierto número de discos o secciones transversales del tronco de un árbol para determinar el crecimiento y el desarrollo en los diferentes períodos de la vida del individuo observado. Esta técnica permite determinar el crecimiento pasado de los árboles individuales (Silva y Paula Neto, 1979).



El análisis del tronco es adecuado para especies que tienen anillos de crecimiento fácilmente observables, como resultado de la actividad del cambium (tejido divisorio entre floema y xilema) de los árboles durante los periodos de máxima actividad vegetativa y de periodos de reducción de las actividades fisiológicas (Finger, 1992). Este análisis, además de permitir la determinación de la edad del árbol, también proporciona la posibilidad de conocer en sus diferentes fases de crecimiento los correspondientes crecimientos anuales en diámetro y altura y en consecuencia el crecimiento del área basal o seccional y el volumen de madera producido en cada una de esas fases de crecimiento.

Tomando un ejemplo de Mackay (1964) realizado en un árbol de *Pinus sylvestris*, el análisis de un tronco también se puede representar de forma gráfica a través de un perfil longitudinal, que incluye por un lado el perfil del tronco en cada año o período de crecimiento y por otro la altura del árbol. En el gráfico se trazan dos ejes horizontales, uno para la edad y otro para los radios o diámetros de los anillos y un eje vertical común representando la altura en que se obtuvieron las muestras.

En el perfil longitudinal, se observa que a nivel del tocón se contaron 78 anillos de crecimiento y se midió el desarrollo del mismo cada 2 metros en altura.

El análisis del tronco, además de ser usado para determinar la edad de los árboles, también puede ser útil para la interpretación del crecimiento en respuesta a los cambios de estación, de la cantidad de precipitación, en el estudio de las tasas de crecimiento y como herramienta en los Planes de Manejo Forestal (Brienen y Zuidema, 2003). Pueden ser clasificados en dos tipos, el análisis del tronco parcial y el análisis completo del tronco; en ambos casos se trata de contar los anillos de crecimiento.

8.3.1. Análisis parcial del tronco (árbol en pie).

En el análisis parcial del tronco, el árbol no precisa ser cortado, se trata consecuentemente de un método no destructivo y puede servir en consecuencia para analizar mayor número de individuos mejorando la exactitud de las estimaciones.

Los anillos de crecimiento se cuentan en un pequeño cilindro de madera, tarugo, obtenido utilizando el barreno de incremento o Barreno de Pressler, aplicado en el tronco a la altura de 1,30 m. por efectos de estandarización. De cada árbol a ser analizado se puede extraer una o dos muestras, siendo lo usual retirar dos muestras de cada árbol manteniendo un ángulo de 90° entre los puntos de extracción. Las muestras deben ser acondicionadas en recipientes apropiados para evitar que se resequen o se quiebren. Se estima la edad final del árbol, contando el número de anillos de crecimiento, más la edad necesaria para que el árbol consiga llegar hasta la altura de 1,30 m.

Cuando se usa este método se deben tomar en consideración algunas restricciones que pueden presentar las muestras extraídas, particularmente debido a la excentricidad de las secciones de las formaciones irregulares de los anillos y del tamaño de los mismos, principalmente en árboles de mayor edad y de grandes dimensiones. A pesar de estas restricciones, el conteo minucioso de anillos de crecimiento permite una determinación rigurosa de la edad del árbol y permite realizar estudios precisos de los correspondientes incrementos.

Otra dificultad cuando se emplea esta técnica surge de la naturaleza del leño, puesto que aquellas especies, cuya madera tiene un grado de dureza tan alto, hacen muy difícil la penetración del barreno de Pressler en el tronco; se ha sugerido el uso de cuerdas que se enroscan sobre el tronco, como un torniquete, que ayudan a que el barreno penetre en el tronco. En casos imposibles de usar el barreno, deberá recurrirse al análisis completo del tronco.

8.3.2. Análisis completo del tronco (árbol cortado).

En la práctica forestal, la capacidad productiva de un determinado sitio puede ser determinada mediante inventarios forestales continuos utilizando unidades de muestreo permanente; el inconveniente con este procedimiento es que demanda un largo periodo de monitoreo, además de consumir más trabajo y costos elevados de operación. Alternativamente, puede utilizarse el análisis del tronco completo, que puede realizarse en cualquier época para reconstruir el desarrollo de un árbol en términos de crecimientos pasados. Sin embargo, para este procedimiento el árbol tiene que ser cortado o tumbado, previa selección mediante muestreo según el modelo estadístico que asegure mejor precisión en la estimación.

Los pasos que se seguirán para el análisis completo del tronco de un árbol son:

a) Selección de los árboles muestra.

Deben reflejar las características de sitio por lo que deben ser escogidos preferentemente árboles de los estratos dominantes y codominantes (individuos libres de competencia). Si se desea estimar el valor medio de la población, deberán escogerse árboles que tengan un área basal promedio. Si el propósito es tener una estimación de todo el rodal, la muestra debe contener árboles de diversos sitios, de diferentes edades y de todas las clases diamétricas.

b) Seccionamiento del árbol.

Se debe procurar obtener la máxima variación posible, tomando en consideración el costo del proceso y de los aspectos operacionales. Seleccionado el árbol muestra, este será cortado y de él retirados las muestras (Secciones transversales del tronco), empezando por el extremo inferior del tronco próximo a la altura de 0,30 m. siguiéndose hasta el ápice del tronco. El grosor de las muestras, puede variar entre 3 y 5 cm. Considerando que muestras más delgadas se agrietan con mucha facilidad y que muestras más gruesas demoran en su secado.

c) Secado.

Después de obtener las muestras, éstos deben pasar por el proceso de secado y posteriormente de lijado. El secado debe ser realizado en lugares bajo sombra; el proceso de secado estará concluido cuándo el contenido de humedad de las muestras se encuentre en equilibrio con la humedad del aire.

En el caso de usar una estufa, el tiempo de secado se reduce significativamente de 3 a 5 días, el secado estará concluido cuando las muestras presenten pesos constantes, es decir, que no exista más pérdida de agua. Después del secado las muestras deben ser lijadas para que los anillos de crecimiento sean más visibles y faciliten el correspondiente conteo y medición pertinente.

d) Marcado de los radios de medición.

Para medir el grosor de los anillos de crecimiento se trazan radios desde la médula hasta el borde de la muestra. Es conveniente el trazado de cuatro radios dispuestos perpendicularmente. El grosor estimado de los anillos de crecimiento que se obtenga de la media aritmética de los cuatro radios será evidentemente el más representativo.

En especies donde los anillos de crecimiento no son visibles se pueden utilizar colorantes químicos como fucsina, azul de metileno u otros para mejorar la visualización de anillos.

e) Medición de los anillos de crecimiento.

La medición del número y espesor de los anillos se realiza sobre los radios trazados, considerándose que la médula, es el punto cero. Para la medición pueden usarse reglas o aparatos ópticos (lupas). Es recomendable realizar un buen análisis de los anillos de crecimiento a la altura de 1,30 m. puesto que es el parámetro de referencia para estimar otras variables. Cuando se han realizado mediciones tanto del número como el espesor de los anillos de crecimiento pueden lograrse correlaciones interesantes para estimar posteriormente el crecimiento del árbol.

f) Trazado del perfil longitudinal del árbol.

A partir de los datos medidos, se construye el perfil longitudinal del árbol, de donde se puede estimar su edad, altura, diámetro, área basal, transversales y volumen.

En la construcción del perfil longitudinal se observan los datos y se transfieren a un papel milimetrado, sobre el cual se marcan los pares de datos en un sistema de coordenadas.

Uno de los ejes debe ser considerado para marcar las alturas donde fueron retiradas las muestras hasta la altura total, usualmente el eje de las abscisas, ejex, y en el eje y el diámetro correspondiente. Después de la marcación de los diámetros en cada nivel de altura se procede con la unión de los puntos correspondientes a cada anillo en el eje del árbol. La unión de los puntos se efectúa de la corteza hacia la médula, representando así el análisis completo del tronco.

El análisis de un tronco permitirá a demás describir las distintas circunstancias por las que ha pasado el árbol a lo largo de su vida, habiendo quedado plasmadas estas en la formación de sus anillos de crecimiento.

En el ejemplo se puede observar que este árbol tiene 62 años, ha sufrido situaciones adversas (incendios, sequías, plagas) y condiciones favorables.

En sus primeros años crece rápidamente sin perturbaciones, con abundantes lluvias y luz solar en primavera y verano, los anillos de crecimiento son relativamente anchos y regularmente espaciados.

Cuando el árbol tenía 6 años, algo lo empujó fuertemente haciéndole inclinar (quizás una copiosa nevada o un árbol caído). El árbol sobrevive muy inclinado y al desaparecer la circunstancia que lo motivó, sus anillos se ensanchan en el sentido adecuado, produciendo madera de reacción para enderezarlo.

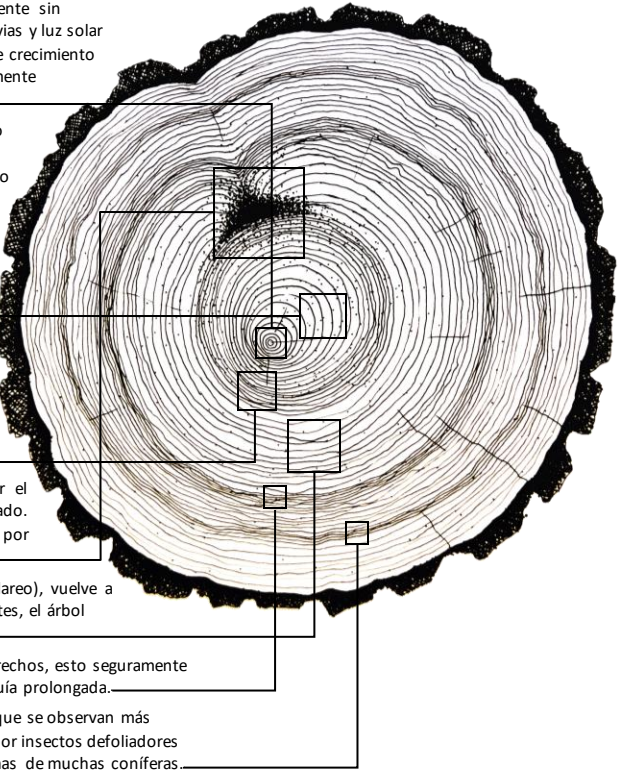
El árbol crece derecho de nuevo, También crecen los árboles próximos. Aparece la competencia por la luz, el agua y sustancias nutritivas entre los sistemas aéreos y las raíces.

Un incendio pasa velozmente por el bosque, el árbol solo resulta dañado. Año tras año la cicatriz es cubierta por madera de nueva formación.

Se produce una corta de mejora (aclareo), vuelve a tener luz, agua y nutrientes suficientes, el árbol vuelve a crecer con rapidez.

Se observan una serie de anillos estrechos, esto seguramente causado por varios años de una sequía prolongada.

Esta otra serie de anillos estrechos que se observan más adelante pudo haber sido causada por insectos defoliadores cuyas larvas devoran las hojas y yemas de muchas coníferas.



Varios años después el árbol es apeado.