

## CAPÍTULO 4: CRECIMIENTO DE ÁRBOLES

POR: ENRIQUE WABO.

### 1 INTRODUCCIÓN

#### 1.1 Generalidades

Se define como crecimiento al aumento gradual e irreversible del tamaño de un elemento vivo debido a causas naturales; puede referirse a un individuo completo, a un órgano o a una parte de un órgano.

Asimismo, si un elemento vivo aumenta de tamaño en forma natural, gradual e irreversible, es señal de que un crecimiento ha ocurrido. Este es el criterio que utilizamos para indicar o reconocer un crecimiento, es decir, la diferencia del estado de una variable entre un momento inicial  $M_1$  y un momento posterior  $M_2$ ; la magnitud del cambio representa el crecimiento ocurrido en ese período. Este concepto es aplicable a partes del árbol o al árbol completo; incluso a un bosque, tema que no veremos en este momento.

Queda claro que conocer la magnitud de un incremento carece de valor si se desconoce el período de tiempo en que ocurre. En un árbol, un crecimiento en altura de 10 cm sería importante si ocurriera al cabo de un día, pero insignificante si ocurriera al cabo de 20 años. Hablamos del mismo incremento y, sin embargo, las conclusiones fueron opuestas debido a la diferencia de tiempo requerido en cada caso. Así, vemos que cuando hablamos de incrementos y crecimientos la variable *TIEMPO* estará siempre presente.

El crecimiento de los árboles es una respuesta a la acción del medio ambiente sobre el sitio en donde el árbol crece. A lo largo del tiempo y durante toda la vida del árbol, distintos componentes del medio se comportarán de distinta manera:

- Pueden mostrar un comportamiento invariable o casi invariable a lo largo del tiempo, tal como es la altitud, la exposición y la textura del suelo donde crece.
- Pueden mostrar un comportamiento cíclico a lo largo del tiempo. Por ejemplo, en zonas templadas la temperatura ambiente muestra un ciclo anual.
- Pueden mostrar un comportamiento relativamente errático a lo largo del tiempo. Se refiere al efecto que la muerte de árboles vecinos produce sobre el crecimiento.

Además del ciclo anual, los árboles poseen un ciclo de crecimiento propio, desde que nacen hasta que mueren. Por ejemplo, si registramos año tras año el crecimiento acumulado del diámetro del árbol, podemos reproducir su ciclo. No podremos reproducir la evolución del crecimiento dentro de cada año, que es lo que ocurre si medimos el crecimiento a través de los anillos de crecimiento. Los estudios de crecimiento tienen por objeto reproducir el ciclo de vida normal del árbol. Pero sobre este ciclo se superponen los ciclos climáticos y la competencia, afectando sus incrementos anuales.

#### 1.2 El crecimiento del árbol en la silvicultura y en el manejo forestal

En la Silvicultura la unidad de atención es el árbol individual. Cada árbol del rodal es lo suficientemente importante como para justificar su reconocimiento y tratamiento en forma individual; ello implica, entre otras

cosas, decidir que árbol permanecerá hasta la corta final, cuál será un ocupante temporario a ser removido mediante raleo, y cuál se dejará que muera por supresión.

Además, las dimensiones y calidad del fuste son componentes económicos que influyen en los tratamientos silviculturales. El espaciamiento entre árboles, asociado con el desarrollo de las copas resultantes, influenciarán profundamente la tasa de crecimiento del diámetro y de la longitud de cada fuste, así como su calidad y la de otros productos a obtener. Esta es razón suficiente para que la Silvicultura esté interesada en el crecimiento a nivel de árbol individual.

El crecimiento a nivel de árbol y el crecimiento a nivel de rodal no son valores directamente interconvertibles: el crecimiento medio por árbol no refleja el crecimiento de la masa y el crecimiento de la masa no refleja el crecimiento medio por árbol. El crecimiento a nivel de árbol depende básicamente de la competencia entre árboles vecinos; los efectos de la competencia a nivel de raíces por agua y nutrientes, y a nivel de copa por la luz, predominan sobre otros factores asociados con el crecimiento del árbol individual. Mientras tanto, el crecimiento por unidad de área depende básicamente de la calidad de sitio.

#### 1.3 Definición de términos

En el tratamiento del tema nos vamos a encontrar con una serie de términos asociados, que conviene definir desde un comienzo para evitar confusiones.

##### Crecimiento

Como puede deducirse de la definición dada al comienzo, la palabra crecimiento tiene un significado amplio y, por lo tanto, poco preciso. Con el crecimiento del árbol estamos incluyendo el de las raíces, hojas y otros componente que, por ahora, no nos interesa conocer. Por otro lado, hablamos de crecimiento para indicar incrementos e incrementos acumulados, sin hacer mención a período alguno de tiempo. Se concluye que el término crecimiento se puede usar tanto para descripciones generales como para descripciones específicas.

##### Crecimiento acumulado

Las magnitudes medibles que nos interesan tienen la particularidad de ser acumulativas: diámetros, alturas, volúmenes. Si representamos en forma gráfica su evolución en el tiempo, obtenemos una curva de crecimiento de forma sigmoidea que indica el crecimiento acumulado en el período; no señala incrementos.

##### Incrementos

Es el crecimiento ocurrido en un período de tiempo determinado. Por ejemplo, si el diámetro de un árbol en un momento dado es de 18 cm y al cabo del período es de 20 cm, el incremento del diámetro para ese período fue de 2 centímetros. El período de tiempo mínimo usual es 1 año.

##### Tasa de crecimiento o tasa de incremento

Representa la "velocidad" con que un crecimiento o incremento ocurre. Si al incremento lo dividimos por el

período en que ocurrió obtenemos la tasa media de incremento para ese período.

#### Rendimiento o Producción

Es el crecimiento acumulado de madera útil hasta el momento de la cosecha.

#### **1.4 Incrementos según el período de tiempo**

El período de tiempo durante el cual observamos un incremento puede ser de cualquier duración, pero por costumbre se suele considerar de uno o varios años. Según el período de tiempo involucrado y la forma en que el incremento se exprese, se reconocen 4 tipos de incrementos; que también son válidos para rodales.

##### Incremento Anual Corriente (IAC)

También llamado Incremento Corriente, es la diferencia entre las dimensiones medidas al comienzo y al final de 1 año; representa el incremento real ocurrido durante ese año. Es el más usado para estimaciones de corto plazo. Posee dos desventajas: 1) puede ser difícil de medir cuando la tasa de crecimiento es baja y 2) puede verse afectado por ciclos climáticos. Para evitar estos inconvenientes se suele medir el incremento en pequeños períodos de años, que recibe el nombre de Incremento Periódico.

##### Incremento Periódico (IP)

Es la diferencia, entre las dimensiones medidas al comienzo y al final de un período de varios años.

##### Incremento Anual Periódico (IAP)

Si al Incremento Periódico lo dividimos por el número de años del período, obtenemos el incremento promedio por año dentro de ese período; a este incremento medio lo llamamos Incremento Anual Periódico. Es común su uso como indicador del Incremento Anual Corriente; si los ciclos climáticos han sido eliminados ambos términos son idénticos.

##### Incremento Anual Medio (IAM)

Es el incremento promedio por año ocurrido desde la instalación del árbol (o del bosque). Se obtiene dividiendo el crecimiento acumulado hasta un determinado momento por la edad en ese momento. El IAM alcanza su valor máximo cuando iguala al IAC.

## **2 CRECIMIENTO DEL ÁRBOL**

### **2.1 Introducción**

Para alcanzar su etapa reproductiva el árbol debe incrementar su tamaño, lo que implica incrementar su fotosíntesis neta.

Ello requiere de una mayor superficie foliar, lo que trae aparejado un aumento en el tamaño de su copa. Para sostener este peso creciente de la copa, el tronco debe aumentar de grosor, lo que logra incorporando nuevos anillos de madera. La muerte de los árboles jóvenes, resultado de la competencia entre plántulas y árboles jóvenes, brinda el espacio para el crecimiento de las copas de los árboles sobrevivientes. La mortalidad de

árboles maduros y vigorosos es baja; en esta clase la mayor mortalidad la produce la corta.

El árbol cuyo crecimiento pretendemos registrar NO es un árbol aislado, sino que forma parte de un conjunto, por lo que su crecimiento será influenciado por las condiciones ambientales y por los árboles vecinos. Si no fuera por la competencia con los árboles vecinos, el rendimiento de madera por hectárea sería bajo, no crecerían productos de valor y el bosque como cultivo no sería provechoso. En consecuencia siempre vamos a tratar con árboles que crecen en competencia dentro de una masa.

### **2.2 Medición del crecimiento pasado en altura**

El crecimiento pasado en altura de árboles individuales, se puede determinar por tres vías.

- 1) Mediante mediciones al comienzo y al final del período. El crecimiento surge como la diferencia entre ambas lecturas. Alturas hasta 10-15 metros pueden medirse en forma aceptable mediante pértigas telescópicas; para alturas mayores conviene usar teodolito o algún instrumento preciso montado sobre trípode, ya que mediciones repetidas con hipsómetros de mano generalmente no son lo suficientemente precisas para medir incrementos.
- 2) Mediante la medición de incrementos ya ocurridos. Pueden hacerse rápidamente si se utiliza alguna referencia física, como una vara: el incremento para un período determinado puede medirse a partir de este punto de referencia. En especies para las cuales las distancias entre nudos indica un año de crecimiento la altura pasada puede medirse mediante las longitudes internodales. Otra alternativa es el análisis de fuste.
- 3) Mediante la medición de diámetros y curvas altura/diámetro. Si altura y dap están correlacionados podemos construir curvas de altura en función del dap. El crecimiento en altura se obtiene a partir del crecimiento del diámetro, mediante aplicación de la función de ajuste. Algunos modelos de predicción de alturas son:

$$H = 1,30 + bD + cD^2$$

$$H = 1,30 + H(1 - e^{-aD})$$

$$\text{Log } H = a + b \text{ Log } D$$

$$H = a + b \text{ Log } D$$

### **2.3 Medición del crecimiento pasado del diámetro**

El crecimiento pasado del diámetro puede determinarse:

- a) **Mediante mediciones al comienzo y al final del período.** La diferencia entre ambas lecturas es la medida del incremento. Si el crecimiento anual es pequeño y se va a usar cinta diamétrica o calibre se suele recurrir a mediciones en intervalos de varios años. El incremento del diámetro a 1,30 m sobre árboles de alta calidad se suele obtener a partir del diámetro a la altura del tocón, para no dañar el

fuste, para lo cual se recurre a una regresión entre ambos diámetros.

- b) **Por medición de anillos de crecimiento.** Puede hacerse sobre tarugos extraídos mediante el barrenado de incrementos (barreno de Pressler), o por medición directa sobre una sección transversal expuesta. El incremento del diámetro con corteza no se puede obtener en forma directa ya que el único anillo que posee corteza es el del último año. Para su determinación, una alternativa es el cociente entre el diámetro con corteza (dc) y sin corteza (ds) del último año, que indicamos con k; es decir:

$$k = dc/ds \quad (1)$$

$$dc = k \times ds \quad (2)$$

Una vez estimado k, (2) se aplica a los diámetros sin corteza observados. El factor k se puede estimar para cada árbol o puede ser un valor medio para todos los árboles de la muestra. La determinación del k medio se efectúa mediante  $k = \sum dc / \sum ds$ .

En ocasiones se requiere el incremento diamétrico por clase de diámetro, para lo cual se suele recurrir a incrementos observados sobre una muestra de árboles. Los árboles muestra son seleccionados a partir de parcelas de muestreo o de puntos de muestreo. Para una estimación confiable se recomienda una muestra de por lo menos 100 árboles por especie. Obtenida la muestra se puede determinar el incremento periódico medio por clase diamétrica. No se debe barrenar una cantidad fija de árboles por parcela o por punto, ya que se sobrestimará el crecimiento.

## 2.4 Análisis de fuste

El análisis de fuste es un registro de crecimientos en altura de un árbol, con o sin sus diámetros correspondientes, ambos por encima del tocón. El procedimiento se describe a continuación:

- i) Se apea el árbol seleccionado y su fuste se separa (corta) en secciones de longitud apropiada.
- ii) En cada extremo de cada pieza se determina el diámetro medio con y sin corteza con una regla. La mitad del diámetro medio sin corteza obtenido, se toma como radio medio sin corteza.
- iii) Sobre la cara expuesta del corte se traza una línea desde el eje del árbol hasta el cámbium, de igual longitud que el radio medio sin corteza (calculado). La línea se traza con lápiz previo alisado con un formón o instrumento similar.
- iv) A lo largo de la línea dibujada y desde el cámbium hacia el centro se cuenta cada n-ésimo anillo, que es marcado con lápiz; n es el número de años del período con que estamos operando. El incremento entre dos marcas sucesivas es el Incremento Radial
- v) Hechas las marcas se mide y registra la distancia entre el eje del árbol y cada anillo marcado. El radio que va desde el eje hasta la última marca representa el radio del árbol a esa altura a la edad actual; los radios restantes representan el radio para n años antes.

vi) Con los datos registrados se construye un Cuadro Resumen a partir del cual se confecciona un gráfico de altura en función de la edad y otro de altura en función del diámetro.

En el ANEXO se presenta un ejemplo de datos y de análisis de fuste para un árbol de 34 años de edad.

## 2.5 Incrementos en por ciento

El crecimiento en por ciento es una medida de expresión del incremento ocurrido, en cualquier dimensión del árbol, con relación al tamaño de esa dimensión al inicio del crecimiento. Existen diferentes formas de expresión, las que a continuación se describen; los símbolos a utilizar son:

p = por ciento de crecimiento o incremento.

to = tamaño al comienzo del período de crecimiento.

tn = tamaño al final del período de crecimiento. de tiempo en el período.

### Fórmula de Interés Simple

La fórmula de interés simple para n períodos es:

$$tn = to \left( 1 + \frac{p \times n}{100} \right)$$

y despejando p se obtiene:

$$p = \left( \frac{tn - to}{to} \right) \times \frac{100}{n}$$

### Fórmula de Interés Compuesto

La fórmula de interés compuesto para n períodos es:

$$tn = to \left( 1 + \frac{p}{100} \right)^n$$

y despejando p se obtiene:

$$p = \left[ \left( \frac{tn}{to} \right)^{1/n} - 1 \right] \times 100$$

### Fórmula de Pressler

Toma como referencia la mitad del incremento ocurrido; su valor se acerca bastante al de la fórmula de interés compuesto:

$$p = \left( \frac{tn - to}{tn + to} \right) \times \frac{200}{n}$$

## BIBLIOGRAFIA

Forest Mensuration. 1982. Husch B., C.I. Miller and T.W. Beers. John Wiley & Sons.

Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento. 1980.

Vol 2: Predicción del rendimiento. Alder D. Manual FAO 22/1.

## ANEXO

### ANÁLISIS DE FUSTE

Datos correspondientes a un árbol de 34 años de edad, con cinco cortes.

ALTURA	ANILLOS	Radios (cm)				TIEMPO	EDAD
		4 años	14 años	24 años	34 años		
0,30 m	32	1,6	6,2	9,4	12,8	34-32 = 2	2
4,30 m	24	3,2	7,4	10,8		32-24 = 8	10
8,30 m	17	4,1	7,4			24-17 = 7	17
12,30 m	9	3,3				17- 9 = 8	25
15,30 m	0	0				9-0 = 9	34

TIEMPO : tiempo de paso; número de años transcurridos entre dos cortes sucesivos.

EDAD : acumulación de los tiempos de paso.

Con estos datos construimos el siguiente cuadro resumen, donde se indican los diámetros por altura y por edad.

Edad (años)	Altura (m)	Diámetros (cm)			
		34 años	24 años	14 años	4 años
2	0,30	25,6	18,8	12,4	3,2
10	4,30	21,6	14,8	6,4	
17	8,30	14,8	8,2		
25	12,30	6,6			
34	15,30	0,0			

Con los datos del cuadro resumen hacemos los dos gráficos mencionados: altura en función de la edad y altura en función del diámetro. Se muestra el gráfico de las diámetros a distintas edades para el intervalo de edad de 10 años. A continuación se muestra el segundo gráfico.

