

# MANUAL PARA EL MONITOREO COMUNITARIO DEL CRECIMIENTO DE ÁRBOLES



Silvia E. Purata Velarde  
Patricia Gerez Fernández  
Charles M. Peters

# **MANUAL PARA EL MONITOREO COMUNITARIO DEL CRECIMIENTO DE ÁRBOLES**

Silvia E. Purata Velarde  
Patricia Gerez Fernández  
Charles M. Peters

Adscripción institucional de los autores:

Silvia E. Purata Velarde, People and Plants International (PPI) Xalapa, Veracruz, México.  
Patricia Gerez Fernández, Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA),  
Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México.  
Charles M. Peters, Instituto de Botánica Económica, New York Botanical Garden (NYBG),  
Nueva York, USA.

El contenido de este manual puede ser reproducido citando la fuente. Su distribución es gratuita.

Este trabajo se deberá citar así:

Purata, S.E., Gerez, P. y C.M. Peters. 2016. "Manual para el monitoreo comunitario del crecimiento de árboles". People and Plants International (PPI), United States Agency for International Development (USAID), The Nature Conservancy (TNC), Alianza México REDD+, México 50 pp.

ISBN: 978-1-4951-9891-5

Portada: Charles M. Peters

Diseño e Ilustraciones: Plastkine Diseño / plastkine@hotmail.com

**People and Plants International (PPI)** <http://www.peopleandplants.org/>

**[www.alianza-mredd.org](http://www.alianza-mredd.org)**

Este manual se realizó con el generoso apoyo del pueblo de los Estados Unidos a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) bajo los términos de su Acuerdo de Cooperación No. AID-523-A-11-00001 (Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México) implementado por el adjudicatario principal The Nature Conservancy y sus socios (Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center y Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable). Los contenidos y opiniones expresadas aquí son responsabilidad de sus autores y no reflejan los puntos de vista del Proyecto de Reducción de Emisiones por la Deforestación y la Degradación de Bosques de México, ni de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional y el Gobierno de los Estados Unidos.

# CONTENIDO

## **CAPÍTULO I. EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES**

- 1.1. ¿Cómo crecen los árboles? 6
- 1.2. Variación del crecimiento con el tamaño y la edad 8
- 1.3. Marcas de crecimiento en los árboles 9
- 1.4. Factores ambientales que afectan el crecimiento de los árboles 11

## **CAPÍTULO II. TÉCNICAS PARA MEDIR EL CRECIMIENTO**

- 2.1 ¿Para qué medimos el crecimiento? 15
- 2.2 ¿Cómo se mide el crecimiento? 15
- 2.3 Método para medir el crecimiento en coníferas 16
- 2.4. Método para medir el crecimiento en especies latifoliadas 20

## **CAPÍTULO III. LA SELECCIÓN DE LAS ESPECIES Y ÁRBOLES QUE SE MEDIRÁN**

- 3.1 ¿Cómo seleccionar las especies a monitorear? 24
- 3.2. ¿Cuántos arboles debemos medir? 25
- 3.3 Categorías o rangos de tamaño 26
- 3.4 Ubicación de los árboles 26

## **CAPÍTULO IV. LOS DATOS DE CAMPO**

- 4.1. La hoja de datos 28

## **CAPÍTULO V. LA MEDICIÓN DEL CRECIMIENTO**

- 5.1. Conteo y medición de anillos en coníferas 35
- 5.2. La medición de las bandas en especies latifoliadas 38

## **CAPÍTULO VI. EL ANÁLISIS DE DATOS**

- 6.1 Ecuación predictiva - Relación entre el diámetro y la tasa de crecimiento 41
- 6.2 Agrupando los datos 43
- 6.3 Promedio general por especie 46

## **CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES**

47

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y PÁGINAS WEB**

49

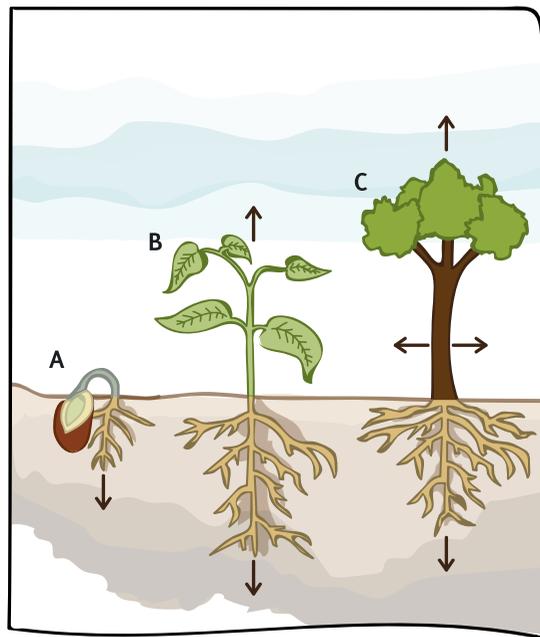
# CAPÍTULO I

## EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

### 1.1. ¿CÓMO CRECEN LOS ÁRBOLES?

Cuando germina una semilla primero nace la raíz y después el tallo. En una primera etapa el crecimiento de una planta se observa en dos puntos específicos: la raíz y el tallo; cada uno crece en direcciones opuestas: la raíz hacia el suelo y el tallo hacia el sol. Esto se conoce como **crecimiento primario**.

El crecimiento de las plantas es el resultado de la multiplicación de células especializadas que van formando diferentes tejidos vegetales. A estas células especializadas se les llama **meristemos**.



En las raíces, tallos y ramas de los árboles se encuentran los **meristemos apicales**, ubicados en las puntas. Éstos originan el crecimiento en longitud de la raíz, tallos y ramas. Hay **otros tipos de meristemos** que se ubican en las ramas, y crean nuevas estructuras, como hojas, flores y frutos.

A diferencia de las hierbas, zacates o arbustos, los árboles cuando crecen en altura, necesitan engrosar para sostenerse y evitar que se doblen o caigan. Por eso conforme el árbol se estira, su tronco necesita engrosar. A este tipo de crecimiento se le conoce como **crecimiento secundario**.

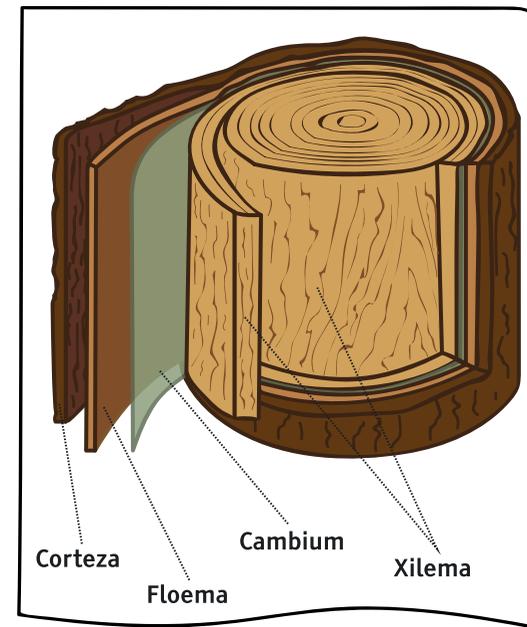
Así, el crecimiento de los árboles va en tres direcciones: hacia abajo por medio de las raíces, hacia arriba con el tallo y las ramas como crecimiento primario, y hacia los lados en su tronco y ramas, como crecimiento secundario.

**Fig. 1.** Tipos de crecimiento de los árboles. A) **Crecimiento primario** en la raíz. B) **Crecimiento primario** (alargamiento) en raíz y ramas. C) **Crecimiento secundario** (engrosamiento) en tronco y ramas y **crecimiento primario** en raíz y ramas.

El tejido vegetal a cargo del crecimiento secundario y con ello de engrosar al árbol, crear madera y corteza en el tronco, es un meristemo muy especializado llamado **cambium**.

El **cambium** está compuesto por dos capas de células que cubren la parte externa del tronco y rodea al árbol como si fuera un tipo de piel:

► La primera capa es interna y es la más profunda, se llama **xilema**. Esta capa se encarga de crear el tejido que se convertirá en madera. En ella hay muchos vasos verticales que transportan el agua absorbida por las raíces. Esta capa funciona de manera similar a los músculos y venas de nuestro cuerpo pues le permiten al árbol sostenerse, crecer y estar vivo.



► La segunda capa es la intermedia, se le llama **floema**. Esta capa de células tiene dos funciones principales: por un lado produce la corteza hacia afuera del árbol, y por otro (en el lado interno) esta capa de células genera tejido celulósico y los vasos verticales que transportan los nutrientes producidos por las hojas y que alimentan a todas las células del árbol, incluidas las de la raíz.

Finalmente estas dos capas están cubiertas por la **corteza**, que es un tejido de células muertas cuya función es proteger al cambium y al árbol de cambios bruscos de temperatura, humedad, contaminantes y plagas.

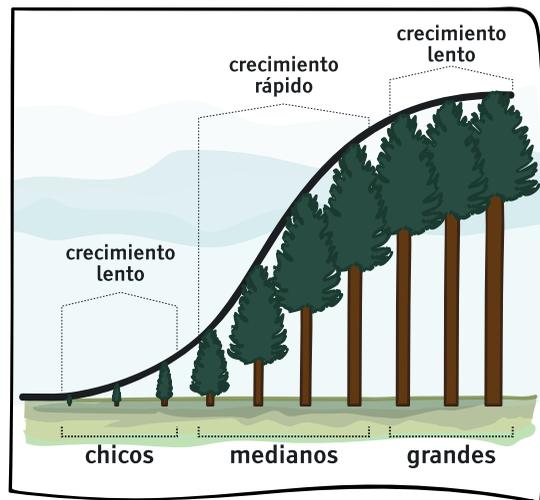
Conforme el árbol crece, estas capas se expanden con el tronco y son las responsables de que se genere madera hacia el interior del árbol y corteza hacia el exterior.

**Fig. 2.** Corte de un tronco mostrando las diferentes capas y tejidos que lo componen.

## 1.2. VARIACIÓN DEL CRECIMIENTO CON EL TAMAÑO Y LA EDAD

El crecimiento de todos los seres vivos es diferente según su edad o tamaño. En el caso de los humanos, por ejemplo, de pequeños y hasta la adolescencia crecemos muy rápido, luego en la juventud el crecimiento es lento en altura, hasta que como adultos ya no crecemos más, solo nos mantenemos. En el caso de los árboles es lo mismo: la velocidad de crecimiento cambia durante las distintas etapas de la vida.

En las plantaciones forestales, o en el renuevo natural de un bosque, esto se observa con claridad:



**Fig. 3.** Variación en el crecimiento respecto a la edad o tamaño. Mientras más inclinada está la curva de crecimiento más rápido crecen los árboles. La etapa juvenil es la de mayor velocidad de crecimiento en los árboles. En la etapa de "grandes" o "maduros" el crecimiento es más lento y por lo tanto el tamaño se mantiene casi igual.

- ▶ Durante los primeros años, cuando los árboles son juveniles crecen muy rápido. En este periodo los árboles capturan más bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y por la alta velocidad del crecimiento, su madera es más suave.
- ▶ Con el paso del tiempo llega un momento en que los árboles crecen lento e incluso se estancan, en este momento se dice que han llegado a su madurez. En este periodo los árboles no capturan tanto CO<sub>2</sub> pero tienen almacenado mucho carbono en la madera, ramas y raíces. La madera generada en este periodo es más densa, pesada y resistente.

En resumen, podemos distinguir tres momentos de los árboles en relación a su velocidad de crecimiento: cuando son juveniles, adultos jóvenes y finalmente adultos maduros. Estas etapas pueden dividirse en tres grandes categorías de tamaño: chicos, medianos y grandes.

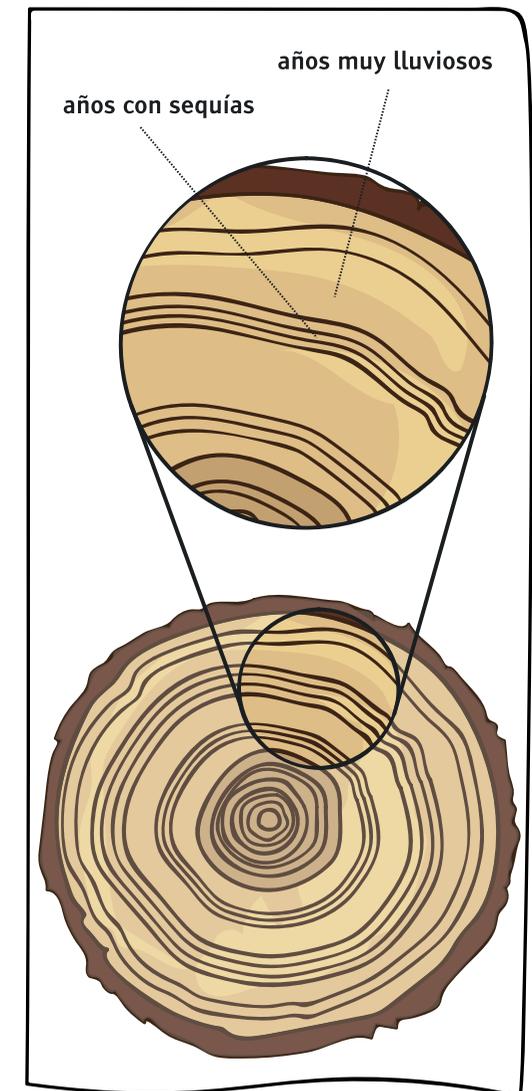
## 1.3. MARCAS DE CRECIMIENTO EN LOS ÁRBOLES

El crecimiento de las células del cambium es diferente con las estaciones del año: en la primavera y verano los árboles crecen rápido, y durante el otoño e invierno crecen lento. Además, cuando hay sequías el crecimiento será menor que en años con lluvia abundante.

Esta combinación de crecimiento rápido-lento durante el año influye en el tamaño de las células. Estas serán más grandes cuando crecen rápido y más pequeñas cuando el árbol crece lento. Así se generan marcas en la madera en forma de anillos o círculos que pueden ser completos, cuando rodean al tronco; o incompletos, si solo abarcan una parte.

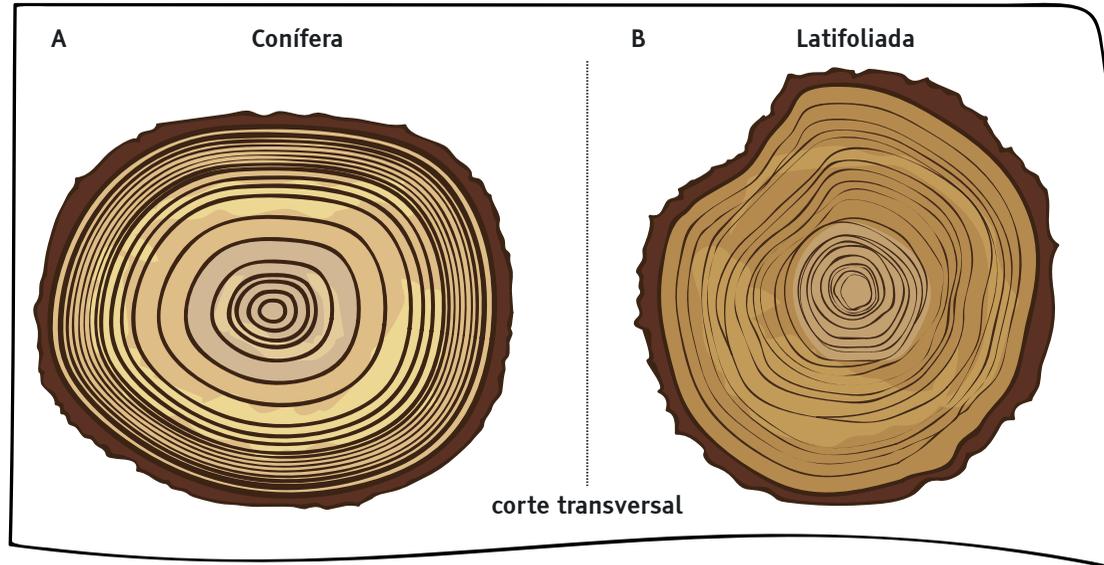
Las especies de coníferas, como pinos y oyameles, crecen en sitios donde hay un cambio de temperatura (o humedad) muy marcada durante el año. En estas condiciones se presentan diferencias en el crecimiento: hay una temporada del año con crecimiento rápido y otra de crecimiento lento. Esto hace que los árboles presenten en sus troncos marcas de crecimiento o anillos.

Estos anillos se observan cuando se corta transversalmente un tronco, es posible ver a simple vista unos círculos bien marcados con tonos oscuros y claros. El tono claro corresponde al periodo de crecimiento rápido de las células, mientras que el tono oscuro corresponde a la época cuando las células crecen menos, más despacio, y por lo tanto están muy juntas. La formación de estas marcas es muy útil para estimar la edad de los árboles y para medir el crecimiento anual.



**Fig. 4.** Corte del tronco de una conífera donde se observa el efecto del clima en el crecimiento. En la ampliación se observa la diferencia entre los anillos correspondientes a años de sequía y años muy lluviosos.

En la mayoría de las especies de hoja ancha, llamadas **latifoliadas**, ya sea tropicales o templadas (como los encinos y las especies de selvas), estas marcas de crecimiento pueden estar presentes, pero no siempre forman anillos completos, es decir, no rodean todo el tronco y tampoco son anuales. En algunas especies puede haber marcas, pero es necesario que se compruebe que son continuas y regulares, como en las coníferas, para que sean útiles en la estimación de edad o crecimiento.



**Fig. 5.** Corte del tronco mostrando marcas de crecimiento. A) Conífera con anillos de crecimiento completos. B) Latifoliada o de hoja ancha, donde se observan marcas o anillos incompletos y difusos.

En las especies latifoliadas sus marcas indican que el árbol tuvo temporadas de crecimiento rápido y lento, a veces respondiendo a las estaciones del año, a épocas de floración o fructificación masiva, y también a épocas de lluvia abundante o de sequía. En este caso los anillos no son confiables para identificar la edad de estas especies.

- ◇ Los anillos de crecimiento pueden utilizarse para estimar la edad de los árboles, cuando se comprueba que son marcas anuales a partir de estudios.

## 1.4. FACTORES AMBIENTALES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

El crecimiento de los árboles está influenciado por varios factores, los principales son:

- Temperatura
- Luz que reciben las hojas.
- Agua y nutrientes en el suelo.
- Competencia con otros árboles.
- Genética del árbol.
- Tipo de especie.

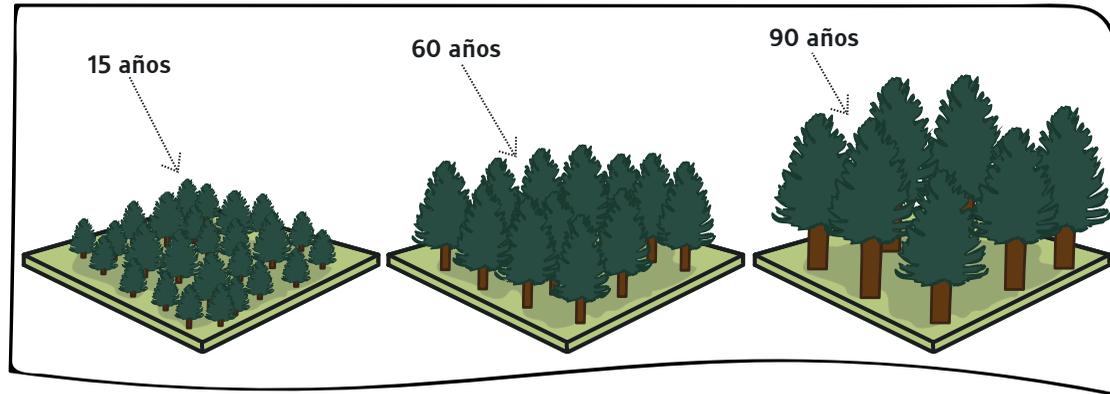
**a. La temperatura influye en el crecimiento.** Durante la época de calor, en primavera y verano, los árboles crecen rápido. En cambio, durante el invierno cuando baja la temperatura, los árboles crecen despacio o dejan de crecer.

**b. Las hojas de los árboles necesitan estar libremente expuestas a la mayor cantidad de luz para producir los insumos que necesitan para crecer.** Por esto la mayor parte de las hojas de un árbol se ubican en la parte externa, para captar la luz. Cuando los árboles jóvenes empiezan a crecer comienza una "carrera" para llegar arriba de todos y captar más luz. Los árboles que se quedan retrasados en su crecimiento y se mantienen debajo de los demás, se llaman suprimidos. Estos árboles captarán menos luz y por eso crecerán despacio y no vivirán mucho tiempo.

**c. El agua y los nutrientes del suelo son esenciales para el crecimiento de los árboles.** Las raíces son las que se encargan de absorber el agua y los nutrientes del suelo, los cuales son transportados a través de los vasos conductores, distribuyéndose por el tronco hacia las ramas y hojas para alimentar el funcionamiento de las células. La cantidad de agua y nutrientes disponibles depende del sitio en el que está creciendo el árbol. Un árbol que crece en un lugar con suelo profundo, rico en nutrientes y cercano al agua, lo hará más rápido que uno que ha crecido en una zona de rocas, sin suelo óptimo y alejado del agua. Algo similar pasa cuando hay varios años secos o muy lluviosos, los árboles responden creciendo muy lento o muy rápido, según las condiciones de humedad durante el año.

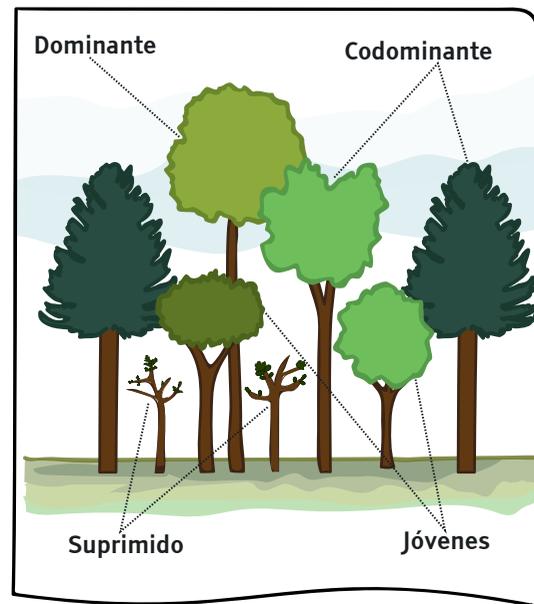
**d. La competencia con otros árboles afecta al crecimiento porque el espacio para crecer y los nutrientes disponibles casi siempre son limitados.** En un lugar donde están creciendo varios árboles no pueden haber más que un cierto número de individuos; conforme crecen y ocupan más espacio habrá mayor competencia. La competencia se puede medir a través del Área Basal, la cual indica cuánto espacio de suelo está ocupado por los árboles en un área definida; esta medición se expresa en metros cuadrados.

El resultado de esta competencia es que algunos árboles pierden vigor y quedan suprimidos en su crecimiento, es decir, dejan de crecer y finalmente mueren. La competencia por espacio, nutrientes, agua y luz tiene el mismo resultado: los árboles más vigorosos serán los que con sus ramas y hojas alcancen más rápido la luz y con sus raíces lleguen más profundo para absorber agua y nutrientes.



**Fig. 6.** Cambios en la densidad del bosque con el paso del tiempo. Con el crecimiento de los árboles se reduce el número de árboles, pero se mantiene la misma área basal.

Se considera que un árbol es dominante cuando sobrepasa en altura a los árboles que lo rodean; un árbol es codominante cuando está en el mismo nivel del dosel que los árboles que lo rodean; y es suprimido cuando está debajo de los árboles de alrededor. Esta clasificación indica la cantidad de luz que recibe el árbol, lo cual tiene una influencia en el crecimiento. Los individuos suprimidos crecerán menos que los codominantes y dominantes, que crecerán más rápido por estar encima de las copas o a la misma altura que los demás y tener mayor exposición a la luz.



**Fig. 7.** Clasificación de los árboles de acuerdo a la ubicación de sus copas en el dosel del bosque.

**e. La genética del árbol influye en la forma en que un individuo responde a los estímulos de su entorno.** Dentro de la misma especie siempre habrá árboles que crecen más rápido y tienen un fuste limpio, mientras que otros crecerán con muchas ramas o torcidos. A veces esta conformación no es resultado de la competencia sino de sus características genéticas y por tanto no puede modificarse.

**f. Las especies presentan diferencias en su respuesta a las condiciones de su ambiente.** Podemos distinguir tres tipos: intolerantes o colonizadoras, tolerantes e intermedias.

- ▶ Las intolerantes o colonizadoras se desarrollan en espacios recién abiertos ya sea por la caída de árboles dentro del bosque, por el abandono de parcelas agrícolas, o después de un incendio. Se trata de especies que necesitan luz directa para germinar y crecer. Se les llama especies intolerantes a la sombra pues no pueden desarrollarse bajo otros árboles. Este es el caso de la mayor parte de las especies bajo manejo forestal: pinos, aile o ilite y otras cuyas semillas son pequeñas, ligeras y se dispersan con el aire.
- ▶ Hay especies que crecen bajo la sombra de las colonizadoras ya que pueden desarrollarse muy bien en condiciones de poca luz, pues sus semillas son grandes y contienen los alimentos necesarios para germinar y establecerse sin necesidad de luz directa. Estas especies crecen lentamente bajo la sombra esperando que se abra un claro en el dosel para disparar su crecimiento hacia arriba. A estas especies se les conoce como tolerantes a la sombra. Generalmente son especies de bosques maduros y de maderas duras por su lento crecimiento. Es importante distinguir a los individuos de estas especies de los suprimidos, ya que las especies tolerantes pueden permanecer bajo la sombra de otros árboles y crecer lentamente hasta llegar al dosel.
- ▶ Por último, las especies intermedias -como su nombre lo indica- pueden crecer junto con las colonizadoras cuando se abre un claro o se abandona una parcela agrícola, como la caoba y el cedro. Sin embargo, su crecimiento puede ser más lento cuando se desarrollan bajo la sombra de las intolerantes. Con el tiempo estas especies reemplazarán a las colonizadoras en el bosque y bajo su sombra se establecerán las tolerantes.

CONDICIONES DE REGENERACIÓN BAJO SOL DIRECTO		CONDICIONES DE REGENERACIÓN BAJO DOSEL O SOMBRA
<i>Especies colonizadoras</i>	<i>Especies intermedias</i>	<i>Especies tolerantes</i>
Sac chacá ( <i>Dendropanax arboreus</i> )	Tzalam ( <i>Lysiloma latisiliquum</i> )	Chechen ( <i>Metopium brownei</i> )
Chaca roja ( <i>Bursera simaruba</i> )	Cedro ( <i>Cedrela odorata</i> )	Zapote ( <i>Manilkara zapota</i> )
Amapola ( <i>Pseudobombax ellipticum</i> )	Caoba ( <i>Swietenia macrophylla</i> )	Pucté ( <i>Bucida buseras</i> )
Primavera o roble ( <i>Tabebuia donnell-smithii</i> )	Ceiba ( <i>Ceiba pentandra</i> )	Siricote ( <i>Cordia dodecandra</i> )
Ixpepe ( <i>Trema micrantha</i> )	Ramón ( <i>Brosimum alicastrum</i> )	Roble ( <i>Quercus sp.</i> )
Ilite o aile ( <i>Alnus sp.</i> )	Liquidambar ( <i>Liquidambar styraciflua</i> )	Palo Zopilote o Caudillo ( <i>Oreomunnea mexicana</i> )
Pinos ( <i>Pinus sp.</i> )	Nogal ( <i>Juglans sp.</i> )	Madroño ( <i>Arbutus xalapensis</i> )
	Pipinque ( <i>Carpinus caroliniana</i> )	Olmo ( <i>Ulmus mexicana</i> )
	Juniperus o enebro ( <i>Juniperus sp.</i> )	Romerillo ( <i>Taxus globosa</i> )
	Encinos ( <i>Quercus sp.</i> )	
	Ciprés ( <i>Cupressus benthamii</i> )	
Oyamel ( <i>Abies religiosa</i> )		

Fig. 8. Algunas especies de interés forestal, de acuerdo a su necesidad de luz para crecer.

## CAPÍTULO II

# TÉCNICAS PARA MEDIR EL CRECIMIENTO

### 2.1. ¿PARA QUÉ MEDIMOS EL CRECIMIENTO?

Los datos de crecimiento sirven para estimar la cantidad o volumen de madera que producen los árboles en un bosque. Esta información es necesaria para evaluar si se está manejando bien el bosque o selva, para monitorear su respuesta a las intervenciones y tratamientos silvícolas, y para asegurar que se hace una cosecha sostenible; es decir, nos ayuda a calcular cuánta madera se puede obtener sin reducir la capacidad del bosque para mantenerse y crecer en el futuro. Estos datos también se utilizan para conocer el potencial de captura de carbono de una especie particular o de un rodal.

Este tipo de medición puede indicarnos si los árboles están creciendo más o menos de lo que se estimaba en décadas pasadas, sobre todo porque los cambios actuales en el clima afectan al crecimiento y, por tanto, a la producción de madera o carbono capturado.

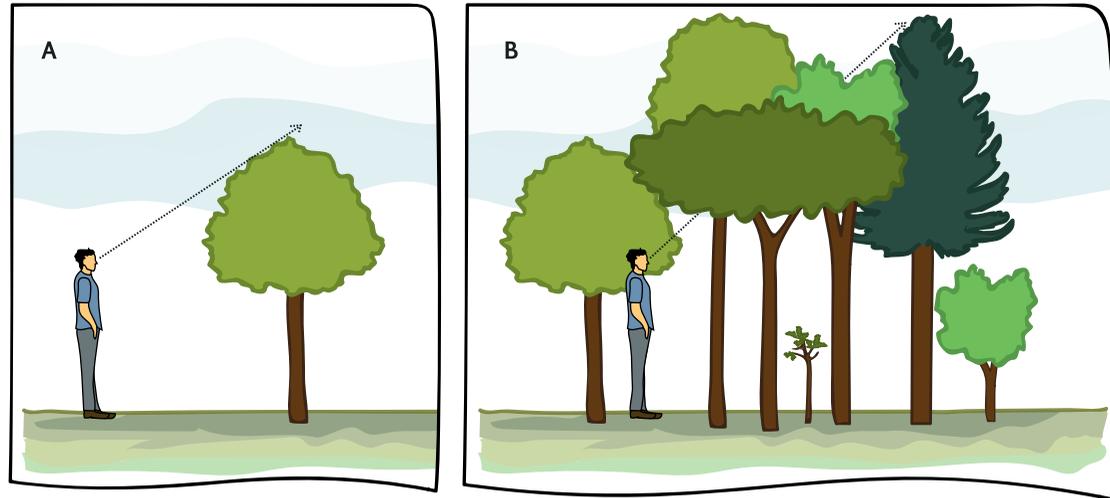
### 2.2. ¿CÓMO SE MIDE EL CRECIMIENTO?

Cuando medimos el crecimiento tenemos que referirnos al incremento en altura o en diámetro durante un periodo de tiempo definido. A este tipo de medida se le llama tasa y generalmente se usa el periodo de un año como referencia. Esta tasa o incremento se obtiene al medir varios individuos de la misma especie durante un número de años definido, para obtener el promedio anual. La medida de crecimiento que usamos es la tasa promedio de crecimiento anual o incremento medio anual (IMA).

Para medir el crecimiento en los árboles pequeños se mide el incremento en altura, hasta el punto en que no podemos medirlo directamente; esto es cuando mide aproximadamente dos metros de altura. En alturas mayores a dos metros la medición puede ser estimada "a ojo" por una persona con mucha experiencia, pero siempre habrá riesgo de errores; otra forma de medir la altura es utilizando instrumentos especializados como el clinómetro.

Dentro de un bosque o selva es difícil medir la altura con precisión ya que las copas se enciman unas con otras y desde abajo no se puede ver el punto más alto al que llegan las ramas del árbol que se está midiendo. Esto suele generar errores, lo que se

comprueba cuando diferentes personas realizan una medición de altura para el mismo árbol: cada quien tendrá diferentes medidas. Por ello, los datos de altura con frecuencia son estimaciones, no una medida exacta.



**Fig. 9.** Medición de la altura de los árboles. **A:** Con visibilidad completa de la copa la medición será precisa. **B:** Dentro del bosque las ramas vecinas impiden ver el tope de las copas, por lo que la medición será imprecisa.

Para evitar los errores mencionados se mide el grosor o diámetro del árbol, ya que es mucho más fácil y preciso. La norma mundial para medir el diámetro indica que debe hacerse a 1.30 metros de altura a partir de la base del árbol. A esta medida se le conoce como Diámetro a la altura del pecho (DAP) o Diámetro normal (DN). La medición del diámetro es sencilla, práctica para hacer en campo y no requiere más que una cinta métrica. Es una medida más precisa que la altura.

◇ El crecimiento del diámetro a la altura del pecho (DAP) es la medida de referencia que se utiliza para estimar las tasas de crecimiento de los árboles.

### 2.3. MÉTODO PARA MEDIR EL CRECIMIENTO EN CONÍFERAS

Las coníferas son especies de bosques templados que tienen la característica de formar anillos de crecimiento cada año (como vimos en el primer capítulo). Estos anillos se ven claramente cuando se corta un árbol; aunque también se pueden contar y medir sin necesidad de derribar el árbol, por lo cual son muy útiles para estimar el crecimiento. Para ello se extrae una muestra de madera o viruta con un instrumento llamado Taladro de Pressler, especial para hacer este tipo de procedimientos. Las siguientes figuras ilustran el procedimiento.

### TRABAJO DE CAMPO - EXTRACCIÓN DE VIRUTAS

#### PASOS PARA EL USO DEL TALADRO DE PRESSLER Y EXTRACCIÓN DE VIRUTAS PARA MEDIR EL CRECIMIENTO EN CONÍFERAS

##### Materiales de campo:

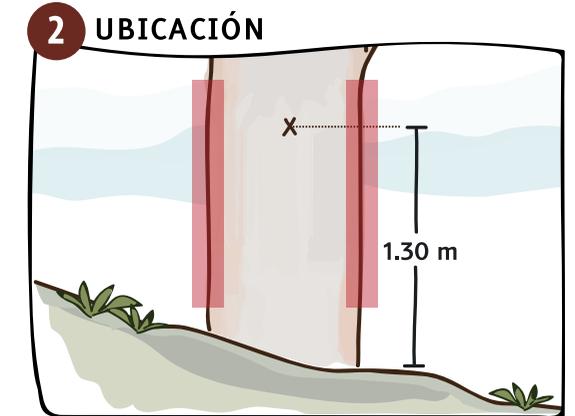
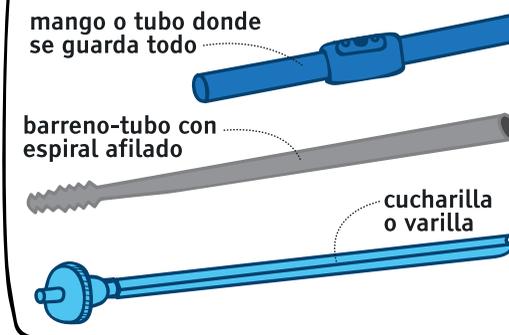
- un taladro de pressler limpio y aceitado (consta de 3 partes: barreno-tubo con la espiral afilada, el mango o tubo donde se guarda todo, varilla o cucharilla)
- Popotes gruesos
- masking-tape
- plumón permanente
- cinta para medir diámetro o perímetro
- hoja de campo



##### Paso 1

Colocar el tubo con espiral (barreno) dentro del tubo externo (mango) para formar una T. Mantener la varilla o cucharilla (extractor de la viruta) en un lugar cercano, alejado del suelo. Colocar el seguro para fijar el barreno y el mango.

#### \* PARTES TALADRO DE PRESSLER



##### Paso 2

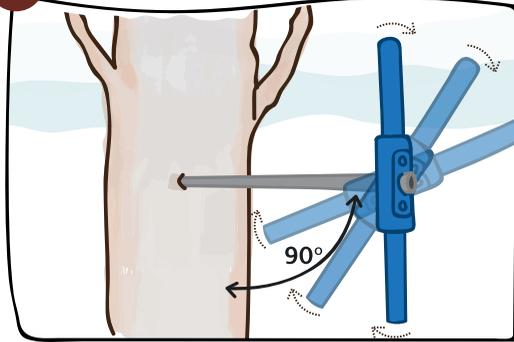
En el tronco localizar un punto donde la corteza sea delgada, a una altura 1.30 m del suelo. Si el árbol está en una ladera, el punto de extracción debe ubicarse en uno de los lados perpendicular a la ladera. No debe ubicarse en el lado orientado ladera arriba, ni en el lado ladera abajo del árbol.

##### → IMPORTANTE ←

Revisar que no haya óxido en el tubo, varilla y barreno o espiral de corte en el taladro; que la espiral este bien afilada y limpia, sin muescas.

**De esto depende que la muestra de madera o viruta salga con un corte limpio y útil.**

**3 COLOCANDO EL TALADRO**



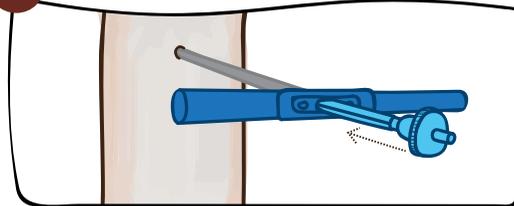
**Paso 3**

Colocar la punta del taladro en la corteza y presionar hacia adentro del árbol, al mismo tiempo que se gira hacia la derecha en el sentido de las agujas del reloj. Los movimientos tienen que ser suaves y constantes, sin detenerse.

El taladro debe entrar perpendicularmente al tronco (ángulo 90°).

Cuidar que no entre inclinado.

**4 INSERTANDO CUCHARILLA**



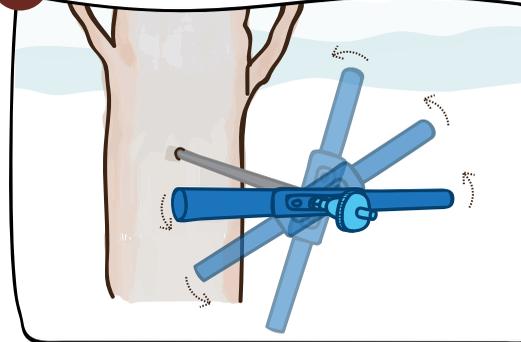
**Paso 4**

Cuando el taladro haya entrado unos 20 cm dentro del árbol, dejar el mango en posición horizontal.

Insertar la varilla dentro del tubo con la cucharilla hacia arriba, para que la viruta quede sentada arriba de ella. La varilla se introduce suavemente pero con firmeza hasta que quede completamente dentro.

**La varilla es muy delgada, por lo que al insertarla debe cuidarse que no se doble.**

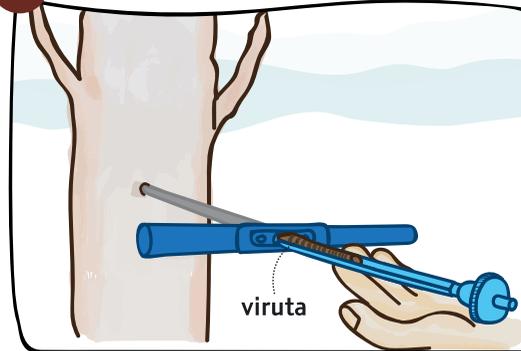
**5 SACANDO CUCHARILLA**



**Paso 5**

Una vez que la varilla entró por completo en el tubo, girar el taladro **una vuelta completa** en sentido contrario a como se atornilló, hasta que el mango quede otra vez en posición horizontal.

**6 EXTRACCIÓN DE VARILLA**



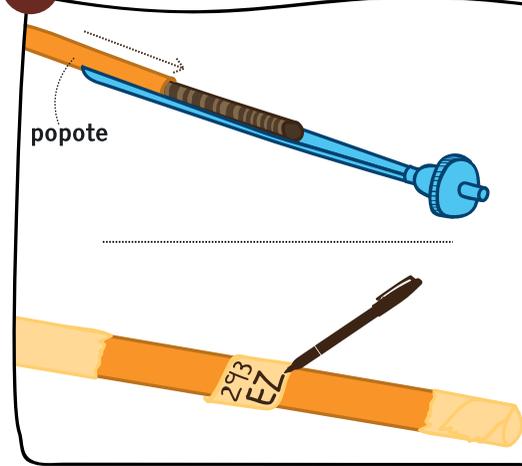
**Paso 6**

Extraer cuidadosamente la varilla con la cucharilla hacia arriba, con una mano debajo para sostenerla y evitar que la viruta se rompa o se caiga al suelo.

Si esto sucede, debe repetirse la operación pues la viruta no será útil.



**7 INSERTAR VIRUTA EN POPOTE**

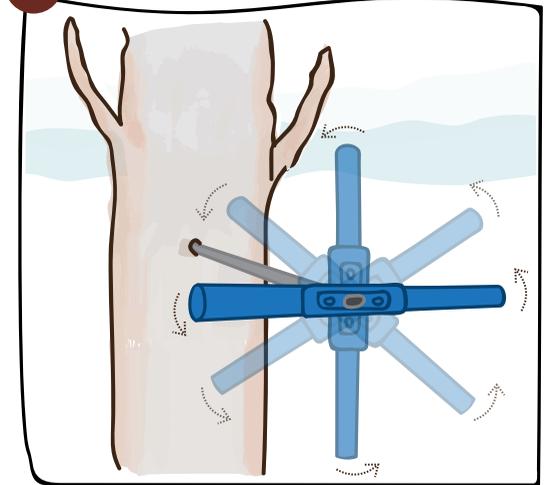


**Paso 7**

Tomar un popote e insertar la viruta completa sin romperla.

Doblar los extremos del popote y asegurarlos con masking-tape. Anotar en el popote el número del árbol con un marcador permanente.

**8 SACANDO TALADRO**



**Paso 8**

Extraer el taladro lo más pronto posible, dando vueltas en sentido contrario a como se metió. Si esto no se hace rápido, el árbol comprime el taladro y será muy difícil sacarlo.

**9 HOJA DE DATOS**

Medición del crecimiento en coníferas. Datos de árboles y de virutas para estudio de crecimiento				
Localidad: Santa María del Valle, Oax.		Paraje: Llano Chico		Fecha extracción: 25/03/2015
Nº árbol -muestra	Especie	Diámetro (cm)	Posición Social	Árboles vecinos
1	P. patula	36	C	8
2	P. pseudostrobus	66.5	C	5
3	P. pseudostrobus	36	C	5

**Paso 9**

En la hoja de campo se anotan los datos del árbol: número, especie, diámetro, posición en el dosel, número de vecinos, salud del árbol.

Anotar otros datos útiles: fecha del último aclareo, cercanía de tocones, de arroyos, pendiente, o algún dato que pueda ser útil en la descripción del árbol o del sitio.

## 2.4. MÉTODO PARA MEDIR EL CRECIMIENTO EN ESPECIES LATIFOLIADAS

Para medir el crecimiento en árboles que no forman anillos, o que los forman pero no se sabe si son anuales, se recomienda utilizar unas bandas o cinchos de acero inoxidable que permiten obtener una medición muy precisa. Estas bandas tienen un resorte de acero inoxidable que se estira conforme crece el árbol sin lastimarlo, dando una medida muy exacta del crecimiento.

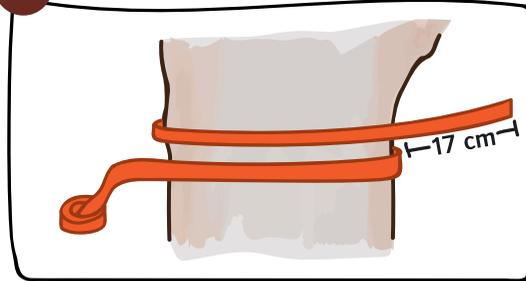
Estas bandas se colocan en los árboles y se dejan durante un periodo mínimo de un año. Es importante considerar que mientras más años se midan, más confiable será el resultado ya que hay variación en las condiciones de cada año: algunos son muy lluviosos, otros presentan sequías que se prolongan por muchos meses. Así que un árbol no crece igual todos los años, como vimos antes, las diferencias climáticas afectan su crecimiento.

En nuestro caso lo que nos interesa obtener es un valor promedio anual por especie, es decir, estimar cuánto se espera que crezcan los árboles de cada especie por año. Por esta razón, los datos de crecimiento de un único año son poco representativos, es necesario medir al menos dos años.

En las siguientes figuras se muestra el procedimiento para elaborar y colocar las bandas.

### CÓMO HACER UNA BANDA PARA MEDIR EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES

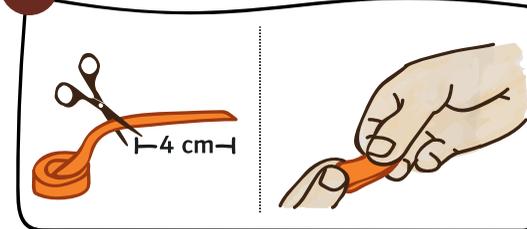
#### 1 BANDA



**Paso 1**

Se mide el largo de la banda colocando la cinta alrededor del árbol. La banda debe ser unos 17 cm más larga que la circunferencia del árbol. Se corta la cinta metálica.

#### 2 ESPACIADOR



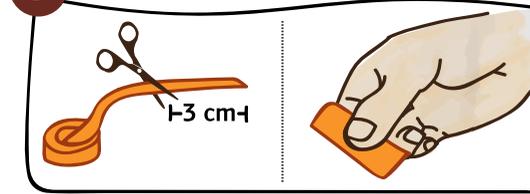
**Paso 2**

Se corta un pedazo de cinta de 4 cm de largo y se dobla a la mitad.

#### Materiales:

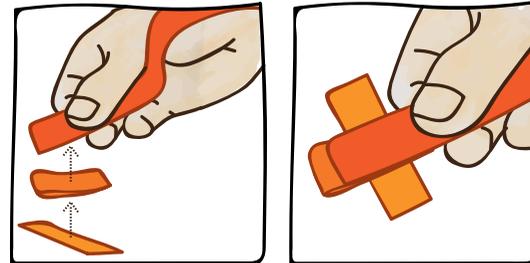
- cinta de acero inoxidable
- resorte • tijeras • martillo
- marcador indeleble
- clavo largo con punta filosa

#### 3 PRESILLA



**Paso 3**

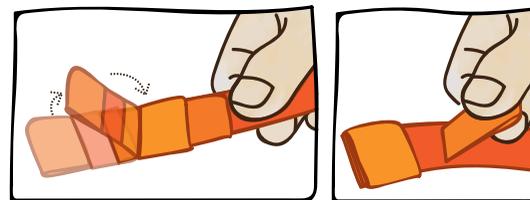
Se corta un pedazo de cinta de unos 3 cm.



Se coloca el espaciador debajo de la banda y el pedazo de 3 cm se pone debajo de todo.

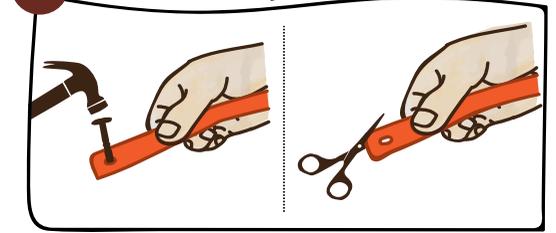


Se doblan los dos lados de la presilla hacia el centro, y luego se dobla el extremo de la banda hacia abajo, sobre la presilla.



Finalmente se dobla todo una vez más y se saca el espaciador.

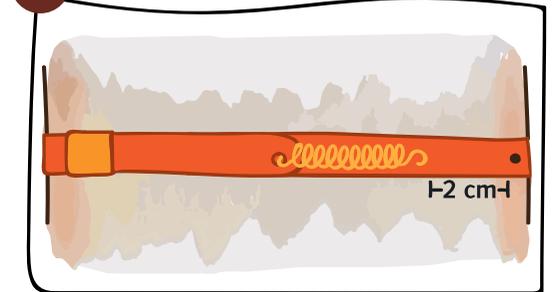
#### 4 PRIMER AGUJERO



**Paso 4**

Con el clavo y martillo se hace un agujero al final de la banda, en el extremo opuesto a la presilla. Con la cabeza del clavo, se aplastan las puntas filosas del agujero y se redondean las esquinas de la banda con las tijeras.

#### 5 SEGUNDO AGUJERO Y VENTANA

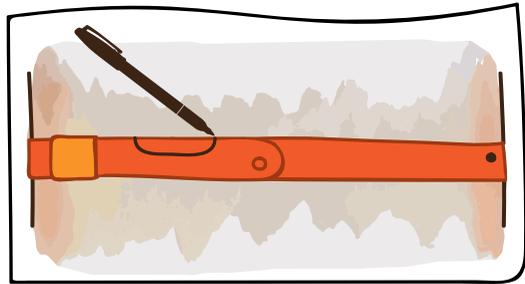


**Paso 5**

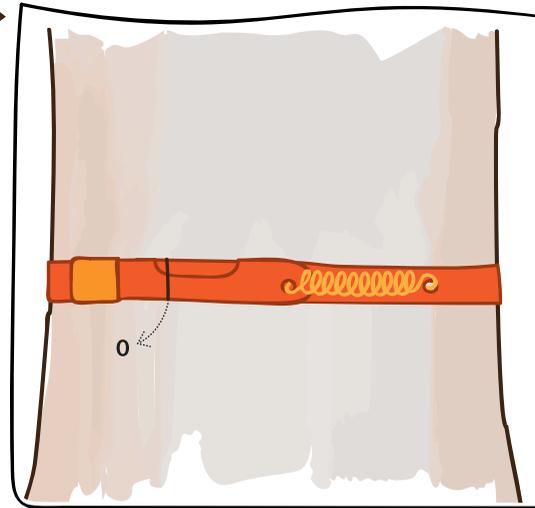
Se vuelve a colocar la banda sobre el árbol, cuidando que la presilla quede siempre en la mano derecha, se ajusta bien la banda y se coloca el resorte en el agujero recién hecho.

Con el plumón indeleble se marca un punto a 2 cm al final del resorte.



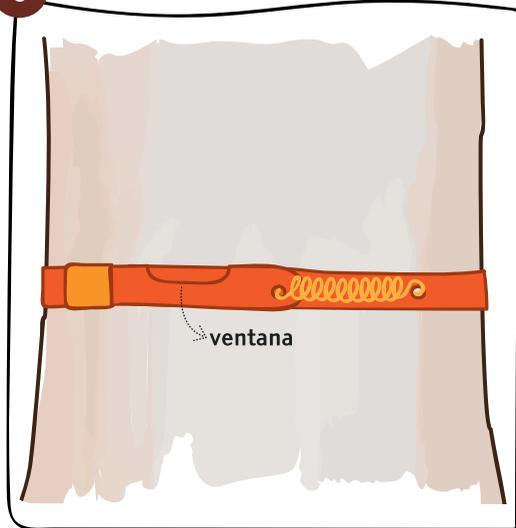


Se marca la ventana entre la presilla y el extremo de la banda. Se quita la banda, se recorta la ventana y en donde se puso la marca se hace el segundo agujero.



Para marcar el cero se colocan las tijeras (para usarlas como regla) y con un clavo se hace una marca en el extremo izquierdo de la ventana, que cruce la banda de arriba y la de abajo. Esta marca se raya por encima con el plumón indeleble, haciendo una raya fina.

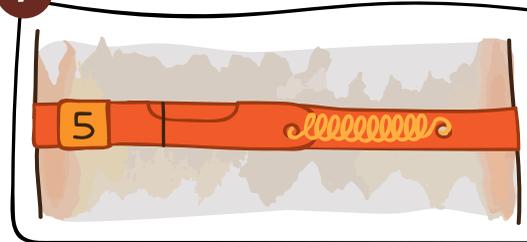
### 6 MARCA DEL CERO



#### Paso 6

Se coloca la banda una vez más, con la presilla en la mano derecha, se ajusta bien al tronco, se pone el resorte, primero en el segundo agujero y luego en el del extremo de la banda.

### 7 NUMERANDO EL ÁRBOL



#### Paso 7

Con el clavo, se escribe el número de árbol en la presilla y en otra parte de la banda. Encima de la marca del clavo, se pasa el plumón indeleble.

### Puntos importantes durante la elaboración y colocación de bandas

Ver video donde se dan las instrucciones:  
[www.youtube.com/watch?v=LHR4MFO-mZs](http://www.youtube.com/watch?v=LHR4MFO-mZs)

1. Las bandas deben colocarse a una altura aproximada de 1.3 m sobre el nivel del suelo. Cuando el árbol tiene contrafuertes, la banda se coloca por encima de ellos, es decir arriba de donde terminan los contrafuertes (como en la foto de la portada). Las bandas se colocan en individuos sanos, que no tengan bifurcaciones, es decir con un solo tronco hasta la altura de la banda. Nunca en individuos ramificados en la base.
2. Poner atención sobre el orden de colocación de las piezas: primero, hasta abajo va la PRESILLA de 3 cm, luego el ESPACIADOR y hasta arriba la BANDA.
3. Cuando se coloca la banda en el árbol, se debe mantener la presilla siempre en la mano DERECHA.
4. Cuando se hace la perforación, hay que aplastar las rebabas o puntas filosas que le quedan al agujero, porque se pueden atorar en la corteza y causar que la banda no se mueva correctamente.
5. Hacer la ventana a 4-5 CENTÍMETROS del extremo de la banda que tiene la perforación.
6. Poner la marca del CERO hacia el lado izquierdo de la ventana y marcarlo con el clavo y encima el plumón.
7. Marcar el número de árbol en la banda, primero con el clavo y luego con el plumón. Anotar este número en dos lugares diferentes de la banda.
8. Llevar al campo repuesto de todos los materiales: tijeras, plumón y clavo, por si se pierde alguno.

## CAPÍTULO III

# LA SELECCIÓN DE LAS ESPECIES Y ÁRBOLES QUE SE MEDIRÁN

### 3.1. ¿CÓMO SELECCIONAR LAS ESPECIES A MONITOREAR?

Para hacer un buen manejo forestal es necesario monitorear el crecimiento del arbolado, sobre todo cuando se han hecho tratamientos silvícolas o cuando ha habido varios años con sequías, pues esas condiciones tendrán un efecto sobre el crecimiento. Sin embargo, el monitoreo del crecimiento es una actividad que toma tiempo y cuesta dinero, por eso debe estar bien planeada, lo que implica elegir con claridad qué especies se van a incluir en el monitoreo.

Lo primero que hay que tomar en cuenta es el interés local, es decir la utilidad de la especie, ya sea para su venta o para el autoconsumo.

Cuando un bosque o selva está bajo manejo forestal, con extracción de madera para venta, es necesario calcular la cosecha sostenible. Para ello se requieren datos de crecimiento de las especies incluidas en el aprovechamiento.

Sin embargo, no siempre es posible medir el crecimiento de las especies aprovechadas. Por ejemplo, cuando el número de especies es grande o cuando se trata de una comunidad pequeña con poca producción de madera repartida entre muchas especies. En estos casos debemos elegir las especies más importantes, ya sea por abundantes o por contar con un mercado asegurado.

También se pueden elegir especies “representativas” de los grupos; por ejemplo, elegir especies de lento crecimiento (tolerantes) que son las de maderas duras, otras de rápido crecimiento (intolerantes) que son las de madera blanda, y otras de crecimiento intermedio.

Si no se hace aprovechamiento forestal deberán elegirse aquellas especies que tienen mayor potencial o que son aprovechadas para autoconsumo, como las especies que se usan para leña o para hacer artesanías. Al tener información sobre su crecimiento sabremos si el nivel de extracción está superando la capacidad de la especie para recuperarse.

Es importante que en la selección de especies a monitorear participen los interesados en el aprovechamiento y que tengan experiencia en campo, para así reconocer y ubicar a los individuos de las especies seleccionadas.

### 3.2. ¿CUÁNTOS ÁRBOLES DEBEMOS MEDIR?

Una de las decisiones más importantes que se tienen que tomar cuando se diseña un estudio de crecimiento es el número de árboles de cada especie que se tiene que medir. La decisión dependerá de la cantidad de variación que existe en el crecimiento de cada árbol de una cierta especie.

Cuando hay mucha variabilidad entre los individuos de una misma especie, es decir que unos árboles crecen muy rápido y otros muy despacio, se requerirá medir un mayor número de árboles. Mientras que cuando la especie presenta crecimientos más uniformes, es decir menor variabilidad, se requerirá medir un número menor de árboles de esa especie.

◊ En resumen: a mayor variación en el crecimiento, más árboles por medir.

Para estimar el número de árboles a medir de cada especie, podemos usar datos obtenidos en estudios previos. En general las coníferas, tanto en rodales puros como mixtos, muestran menos variabilidad en la tasa de crecimiento que las especies latifoliadas tropicales, las cuales crecen bajo condiciones más dinámicas y cambiantes en cuanto a nutrientes, humedad del suelo y condiciones de luz. Las especies latifoliadas u hojosas de zonas templadas en ambientes húmedos, muestran una variabilidad intermedia entre las coníferas y los árboles tropicales.

Con base en los estudios que hemos realizado, el número de árboles a medir para las diferentes especies fluctuó entre 12 árboles para una especie de pino (*P. patula* en la Sierra Norte de Oaxaca) y 83 árboles para una especie tropical (*Cedrela odorata* en las selvas de Quintana Roo).

Basándonos en esos resultados, para obtener una estimación confiable del crecimiento se recomienda colocar bandas en **60 individuos de cada especie**, para cada tipo de bosque o condición de manejo. Por ejemplo, si se quiere comparar el crecimiento de una especie creciendo en condiciones bajo manejo y sin manejo, se deben medir 60 individuos en cada condición; en este caso sería un total de 120 árboles de una especie, 60 con manejo y 60 sin manejo.

### 3.3. CATEGORÍAS O RANGOS DE TAMAÑO

Anteriormente se expuso que el crecimiento en los árboles cambia según su tamaño o edad, por lo general será más rápido en los individuos chicos y jóvenes y más lento en los adultos. Para el tipo de estudio que se está promoviendo, es importante que al seleccionar los árboles se asegure tener representados a individuos chicos, jóvenes y maduros; es decir las tres grandes categorías o rangos de tamaño. De esta manera, cuando se estime la tasa promedio de crecimiento anual, se habrán incluido los diversos rangos de tamaño de los árboles existentes en la zona de estudio.

Para el monitoreo del crecimiento se recomienda elegir **20 árboles de cada categoría de tamaño**, así se tendrán 20 individuos chicos, 20 medianos y 20 grandes, un total de 60 árboles. Las diferentes especies forestales presentan diferencias en el tamaño o diámetro en el cual alcanzan la madurez; algunas especies pueden tener individuos viejos con diámetros de un metro o más, mientras que en otras especies los árboles más viejos no pasan de 40-50 cm de diámetro.

Esto significa que, dependiendo de la especie a estudiar, en cada sitio la selección de árboles chicos, medianos y grandes tendrá rangos de diámetro diferentes. Aquí lo importante es que se cumpla la regla de tener incluidos los diferentes tamaños en el monitoreo del crecimiento, excepto los árboles muy grandes, pues ya se sabe que casi no crecen.

Las categorías se definen dependiendo del tipo de bosque y de la especie, en general los chicos son aquellos con diámetro de 10 a 24.9 cm; los medianos tienen diámetros entre 25 y 39.9 cm y los grandes tienen diámetro de más de 40 cm.

- ◊ En la selección de árboles a medir lo importante es que, para cada especie, se incluyan 20 individuos de cada una de las tres categorías de tamaño.

### 3.4. UBICACIÓN DE LOS ÁRBOLES

Otro elemento importante al elegir los árboles es que se encuentren en una calidad de sitio similar o misma condición de tipo de suelo y tipo de bosque. De esta manera se podrá comparar el crecimiento entre los árboles, evitando que diferentes condiciones de desarrollo influyan en los datos obtenidos. Esto aplica igual para las coníferas de donde se extraerán virutas, como para las latifoliadas donde se colocarán las bandas.

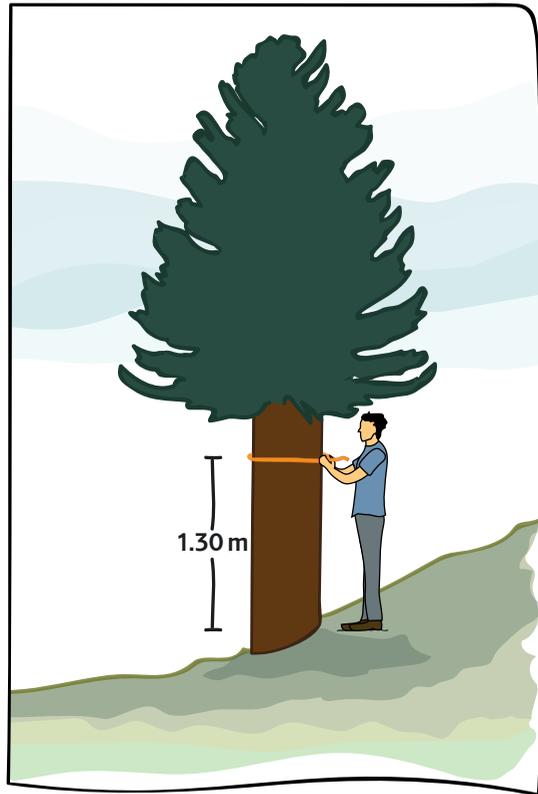
Se debe procurar colocar todas las bandas en el menor tiempo posible para que cuando se realice la medición del crecimiento, un año después de colocar las bandas, se puedan medir todas en una sola ocasión o en pocas visitas, y no cada 15 días o cada mes, porque esto implicará más gastos de transporte y de personal.

Las bandas se pueden colocar en individuos cercanos, sin ampliar el área de colocación (de hacerlo tomaría más tiempo).

- ◊ Esencial que los 60 individuos seleccionados crezcan en un tipo de bosque similar y con el mismo tipo de suelo y humedad.



- ◇ Es importante anotar la cantidad exacta con decimales y en la columna registrar las unidades en las que se toma la medida, generalmente son centímetros.
- ◇ En terrenos con pendientes fuertes, la medición del diámetro debe hacerse siempre desde el lado del árbol que está en la parte de arriba de la ladera.



El diámetro mínimo para colocar bandas es de 10 cm y el diámetro máximo depende de la especie, pero se recomienda no colocar bandas en árboles de más de 80 cm de DAP, pues son árboles escasos que casi no crecen. En caso de que haya muchos individuos con diámetros mayores a 60 cm, sí se deberán colocar bandas en cinco o seis individuos grandes.

La medida del diámetro o perímetro indica el tamaño del árbol, cada uno de los individuos medidos se asignará a una de las tres **categorías de tamaño**: Chico (Ch), Mediano (M) y Grande (G).

4. En la cuarta columna se anota la **posición en el dosel**, que puede ser: Dominante (D), Codominante (C) o Suprimido (S).

Se debe procurar que en cada categoría de tamaño descritas anteriormente (Chico, Mediano y Grande), se incluyan individuos con diferente posición en el dosel.

Entre los individuos chicos se deberán buscar suprimidos y codominantes. Es

**Fig. 11.** Medición del grosor del tronco o diámetro a la altura del pecho (DAP) en un sitio con pendiente.

difícil encontrar árboles chicos que sean dominantes, a menos que estén en un claro del bosque, o que se trate de un bosque joven.

Entre los medianos y los grandes se deberán buscar de las tres posiciones en el dosel, aunque será difícil encontrar individuos de diámetro grande que sean suprimidos.

- ◇ Cuidar de no confundir los árboles delgados suprimidos con los juveniles. Para esto prestar atención a las características del árbol; los suprimidos tendrán copa rala (mal desarrollada) y diámetros pequeños, pero podrían tener la misma edad que los vecinos. Esto indica que los árboles vecinos crecieron más rápido, obstruyendo el paso de luz.

5. En la quinta columna se anota el **número de árboles vecinos**, con el que se calculará el **área basal**. Esta es una medida de la densidad o cantidad de individuos que existen alrededor de un árbol y nos indica cuanta competencia tiene el árbol que estamos midiendo. La competencia afecta negativamente el crecimiento, por lo tanto esperaríamos que un árbol con mayor cantidad de individuos alrededor tendrá más competencia y crecerá menos, en comparación de otro que crezca solo y tenga mucho espacio para extender sus raíces y sus ramas.

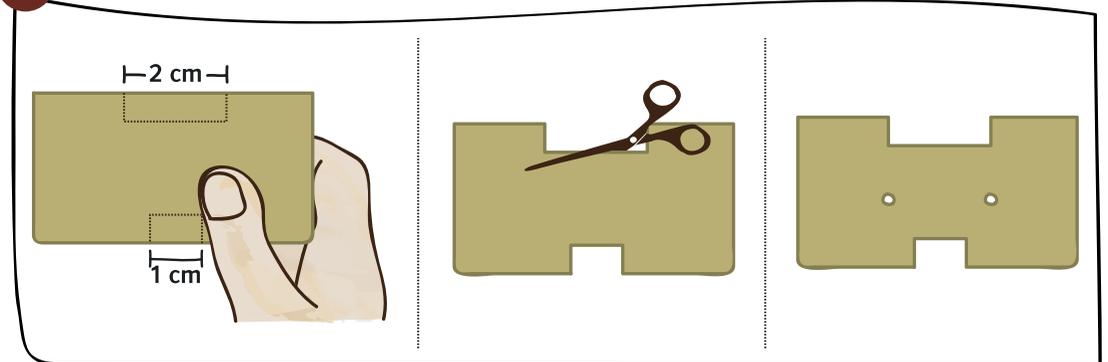
Para estimar la densidad o el área basal se cuenta el número de árboles que rodean al árbol donde se colocó la banda o se extrajo una viruta. Esto se hace usando un relascopio, que es un instrumento especializado de medición forestal. Es posible elaborar un instrumento de forma sencilla que nos de una estimación del área basal. A continuación se explica cómo elaborarlo y utilizarlo en campo.

**INSTRUCCIONES PARA HACER Y USAR UN RELASCOPIO**

**Materiales:**

- una tarjeta de plástico o cartón gruesa
- una cuerda de 55 cm de largo
- unas tijeras para cortar la tarjeta

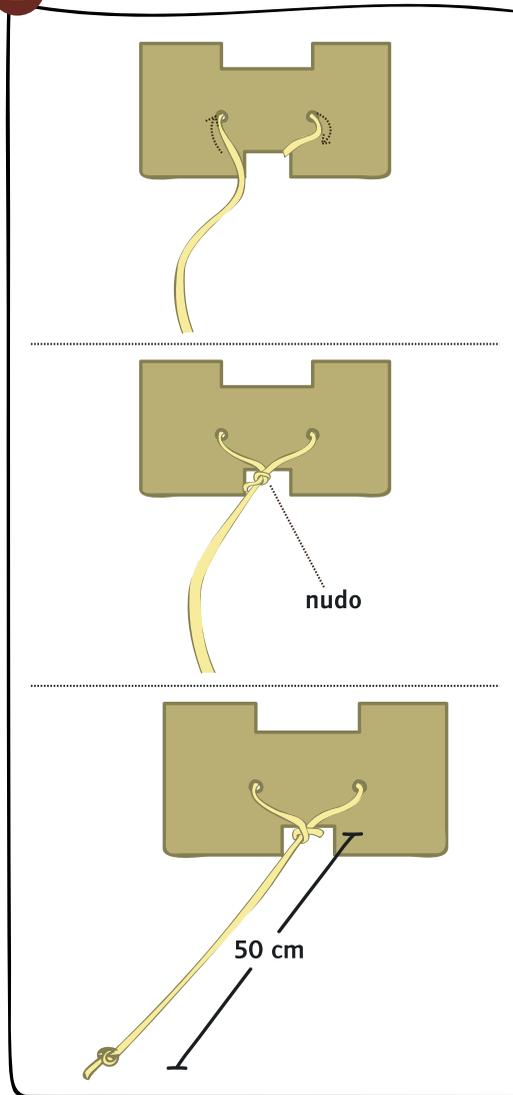
**1 TARJETA**



**Paso 1**

En uno de los bordes de la tarjeta se corta una ventanilla de 2 cm de largo, por 1 cm de profundidad; y en el borde contrario, se corta otra ventanilla de 1 cm de largo, por 1 cm de fondo. En el centro de la tarjeta se hacen 2 agujeros pequeños.

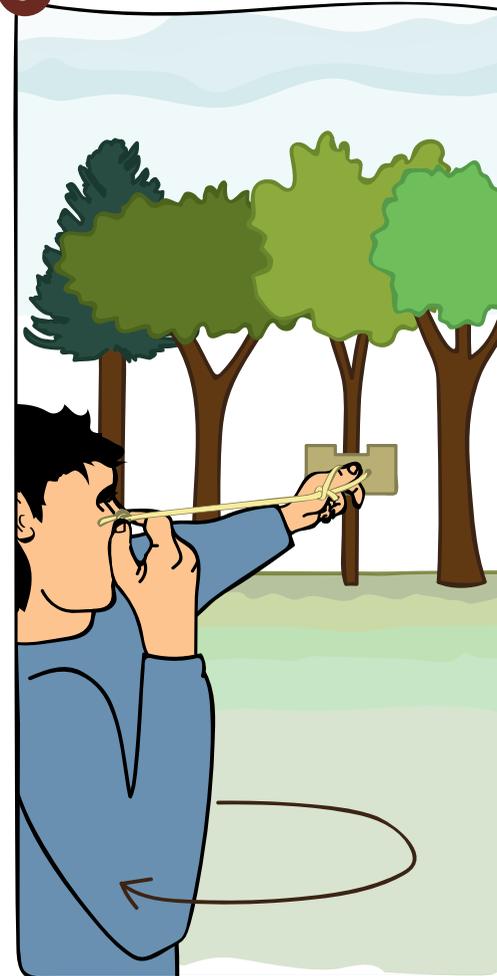
**2 CUERDA**



**Paso 2**

La cuerda se anuda y se atraviesa por los agujeros para quedar como se muestra en la ilustración. A los 50 cm se hace otro nudo en la cuerda para ponerlo cerca del ojo cuando se usa.

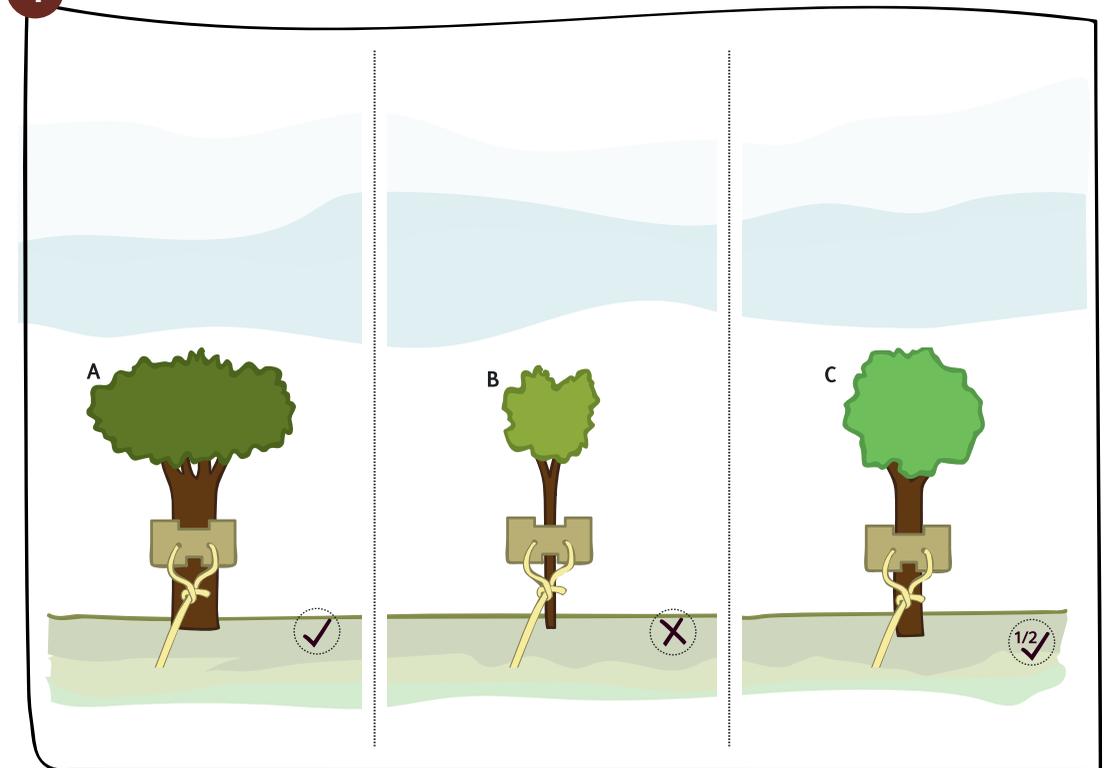
**3 COLOCANDO RELASCOPIO**



**Paso 3**

Para medir se coloca la persona al lado del árbol que se está midiendo y se va girando alrededor, con el brazo estirado y el extremo de la cuerda con el nudo al lado del ojo. La ranura de 2 cm se usa en bosques con árboles de diámetros medianos y grandes. La ranura de 1 cm se usa en bosques jóvenes o secundarios, con árboles de diámetros pequeños a medianos.

**4 CONTEO**



**Paso 4**

Se enfoca cada árbol a través de la mira, solo se contarán los que sean más grandes que la ranura o mira (A). Los que no la tapan y les sobra espacio en la mira (B) no se cuentan y los que quedan justo en los bordes de la mira (C) se cuentan como medio.

Para obtener el área basal, se multiplica el número de árboles que entraron en el conteo por 2 si se usó la ranura de 2 cm, o por 1 si se usó la ranura de 1 cm.

En la columna se puede anotar el número de árboles contado o el área basal. Es importante indicar en la columna cuál de estos datos es el que se está registrando.

**6.** En la sexta columna se anotan las **coordenadas** que se obtienen con un GPS, puede ser para cada árbol, para un grupo, o un manchón de árboles cercanos.

7. Finalmente hay una columna para tomar **notas** en caso de que exista algo especial sobre el árbol, ya sea sobre su salud, tocones cercanos, u otro aspecto que pueda afectar su crecimiento, así como indicaciones para su reubicación.

**Puntos importantes durante el trabajo en campo**

1. Anotar la posición (coordenadas) de cada árbol o cada grupo de árboles cercanos y hacer un croquis en la parte de atrás de la hoja de campo, en donde se explique hacia dónde se camina para ir encontrando los árboles a los que se les colocó banda.
2. Anotar en la hoja de campo la fecha de colocación de las bandas.
3. Anotar en la hoja de campo si se mide el DAP (diámetro) o PAP (perímetro) y las unidades de medición utilizadas, incluir decimales en las cantidades.
4. Anotar en la columna de Número de árboles vecinos si se registra el conteo de árboles, o si se usó la ranura de 2 cm y el dato ya está multiplicado por 2. En este último caso ya es Área basal.

# CAPÍTULO V

## LA MEDICIÓN DEL CRECIMIENTO

### 5.1. CONTEO Y MEDICIÓN DE ANILLOS EN CONÍFERAS

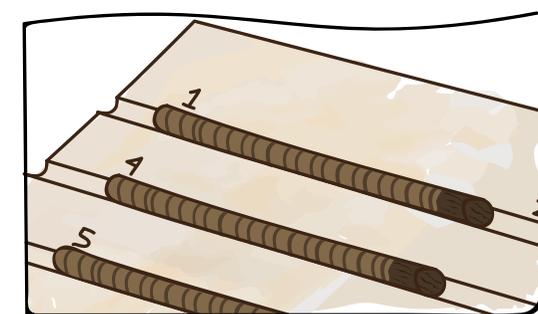
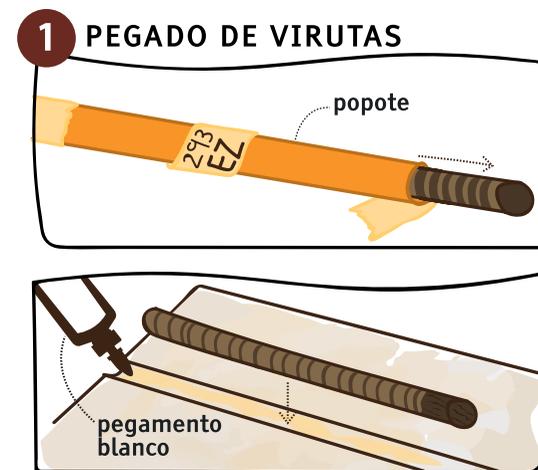
Una vez en la oficina, se procederá a montar las virutas y contar los anillos como se indica en las siguientes figuras.

**TRABAJO DE EN GABINETE - MONTAJE DE VIRUTAS Y MEDICIÓN DE LOS ANILLOS**

**PROCESAMIENTO Y MEDICIÓN DE VIRUTAS PARA CALCULAR EL CRECIMIENTO EN CONIFERAS**

**Materiales de gabinete:**

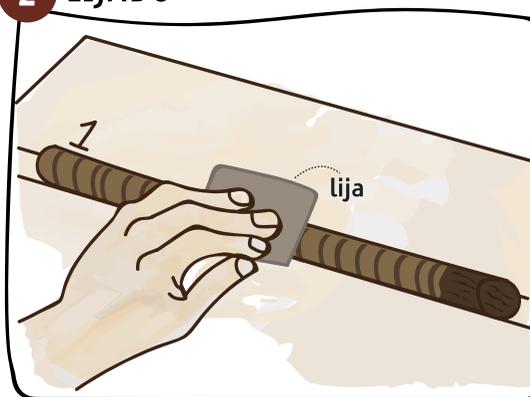
- tablitas ranuradas
- lija fina
- pegamento blanco
- lupa
- vernier
- hoja de datos



**Paso 1**  
 Extraer las viruta de los popotes y montarlas en las tablitas ranuradas. En cada ranura se pone un poco de pegamento blanco y sobre éste se coloca la viruta.

En la tablita todas las virutas deben colocarse con la corteza hacia el mismo lado y tener anotado el número del árbol que les corresponde para identificarlo. Antes de pegar la viruta asegurar que la vista superior de la madera quede hacia arriba para que los anillos puedan contarse (es decir el corte transversal a la vista). Tener cuidado de no confundir con la vista lateral de la madera.

**2 LIJADO**



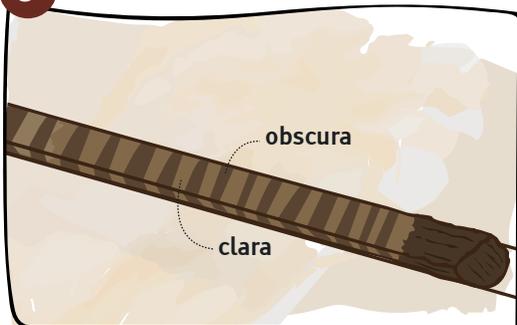
**Paso 2**

Una vez que el pegamento haya secado, las virutas se lijan con suavidad, únicamente para destacar las marcas de los anillos.



Con ayuda de una lupa se cuentan los anillos empezando por el lado de la corteza.

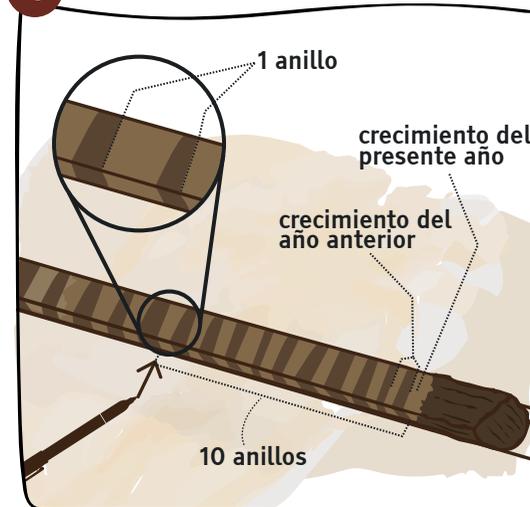
**3 UBICACIÓN DE ANILLOS**



**Paso 3**

Cada anillo esta compuesto por dos marcas: una clara al inicio del crecimiento y otra oscura al finalizar.

**4 IDENTIFICACIÓN DE ANILLOS**



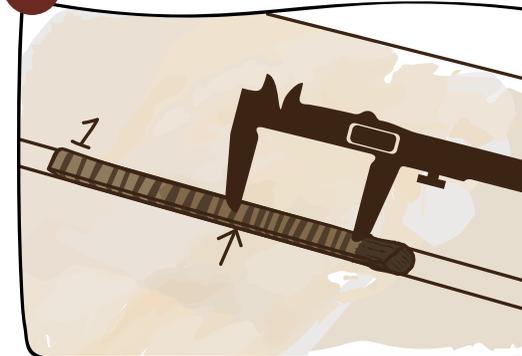
**Paso 4**

A partir de la **primera marca oscura**, se identifican los primeros 10 anillos, y se pone una marca en la tablita para indicar dónde terminan.

En caso que el primer anillo (del año en curso) no esté completo, porque el árbol está aún en época de crecimiento, se recomienda contar a partir de la primera marca oscura del anillo más cercano a la corteza.



**5 MEDICIÓN DE ANILLOS**



**Paso 5**

Con el vernier se mide la longitud de los 10 anillos. Este dato se anota en la columna "Longitud 10" de la hoja de datos, en el número de árbol correspondiente.

**→ IMPORTANTE ←**

Para asegurar que la medición de los anillos sea precisa, se recomienda que el conteo y medición se haga varias veces, o por dos personas.

Cuando hay dudas sobre las marcas de los anillos se recomienda pedir a otras personas que confirmen la identificación de los mismos.

En la hoja de registro se anota la longitud de los 10 anillos, como se indica en la sexta columna de la hoja que aparece a continuación. En este ejemplo se muestran los datos correspondientes a campo, y los que se van a generar en gabinete.

Ejemplo: Hoja de medición del crecimiento en coníferas. Datos de árboles y de virutas de campo y gabinete							
Localidad: Santa María del Valle, Oax.		Paraje: Llano Chico		Fecha extracción: 25/03/2015			
Datos tomados en campo					Datos de gabinete		
N° Árbol	Especie	Diámetro (cm)	Posición Social	N° Árboles Vecinos	Longitud 10 anillos (mm)	Promedio (mm) (longitud/10)	CreCIMIENTO anual (mm) (promedio x 2)
1	P. patula	36	C	8	8.32	0.832	1.664
2	P. pseudostrabus	66.5	C	5	6.05	0.605	1.210
3	P. pseudostrabus	36	C	5	7.28	0.728	1.456

Una vez que se tienen estos datos, se pasa a la fase de transformación para obtener la tasa de crecimiento (o incremento promedio anual) de cada árbol. Se deben seguir dos pasos, el resultado se anota en una columna en la hoja de datos y en la hoja de cálculo Excel®, en el renglón correspondiente a cada árbol:

1. La longitud de los 10 anillos se divide entre 10 para obtener el dato de cuánto creció cada año (el promedio).
  2. La viruta extraída corresponde al radio de la circunferencia, es decir una mitad del diámetro. Por eso el resultado de la división entre 10, se multiplica por 2 y se anota en otra columna como se indica en el ejemplo.
- ◊ Este último dato corresponde al crecimiento promedio anual del árbol en los últimos 10 años.

Este tipo de medición es muy útil para confirmar la respuesta de los árboles a ciertos tratamientos. Cuando se mide el crecimiento dos o tres años después de haber hecho un aclareo, por ejemplo, se podrá observar si ese anillo muestra un tamaño mayor o menor que los anteriores, lo que indica si el árbol respondió al aclareo creciendo más o no.

### 5.2. LA MEDICIÓN DE LAS BANDAS EN ESPECIES LATIFOLIADAS



Para obtener el incremento en perímetro de cada individuo hay que medir cuánto se desplazó la marca del cero en la banda durante un año, por lo menos.

Por eso es importante registrar la fecha exacta de colocación de la banda, para regresar y medir a los 365 días con un límite de tolerancia de 15 días antes o después de la fecha de colocación. Se recomienda colocar todas las bandas en el menor tiempo posible para regresar y en pocos días medir el crecimiento de todos los árboles sin tener que estar acudiendo al campo a medir durante varias semanas.

Por ejemplo, si las bandas se colocaron todas durante un mes, digamos del 1° al 30 de abril, se tendrá que regresar a medir al

Fig. 12. Ejemplo de un calendario de medición.

siguiente año y durante una semana, por ejemplo del 10 al 12 de abril se medirán todas las bandas que se colocaron los primeros 15 días el año anterior. De ser necesario, se descansa dos o tres días y se regresa a medir del 22 al 24 de abril, todas las bandas restantes.

La medición del crecimiento se hace colocando los extremos del vernier en cada una de las marcas del cero, que con el crecimiento se han separado.

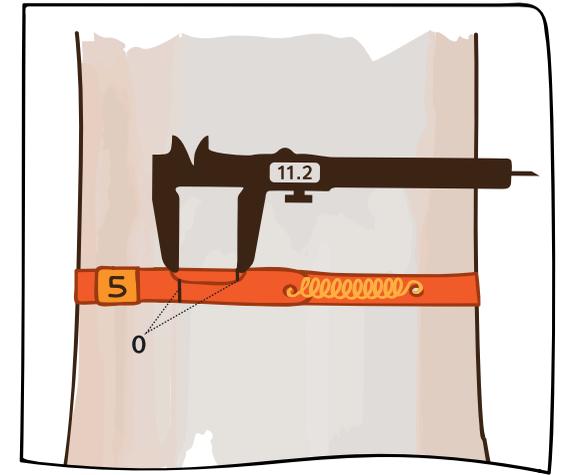


Fig. 13. Medición del crecimiento en perímetro usando las bandas y el vernier. Se observa cuánto se han desplazado las dos mitades de la marca del cero.

Una vez que se toma esta medida, se debe anotar el crecimiento de cada árbol en la hoja de campo, anotando la unidad de medición con decimales (puede ser en milímetros o décimas de pulgadas).

Se recomienda que cuando se haga la medición del crecimiento en campo, al siguiente año se lleve una fotocopia de las hojas de campo para apoyar en la toma de datos. Es importante guardar bien los originales y evitar llevarlos al campo, pues se pueden maltratar o extraviar y son el respaldo de valiosa información, fundamental para el estudio.

Para anotar el crecimiento se puede hacer un doblez a lo largo de la fotocopia, de manera que en la parte de atrás se anote el crecimiento; así se tendrá a la mano la información del árbol para checar si corresponde con la especie, el diámetro, etcétera.

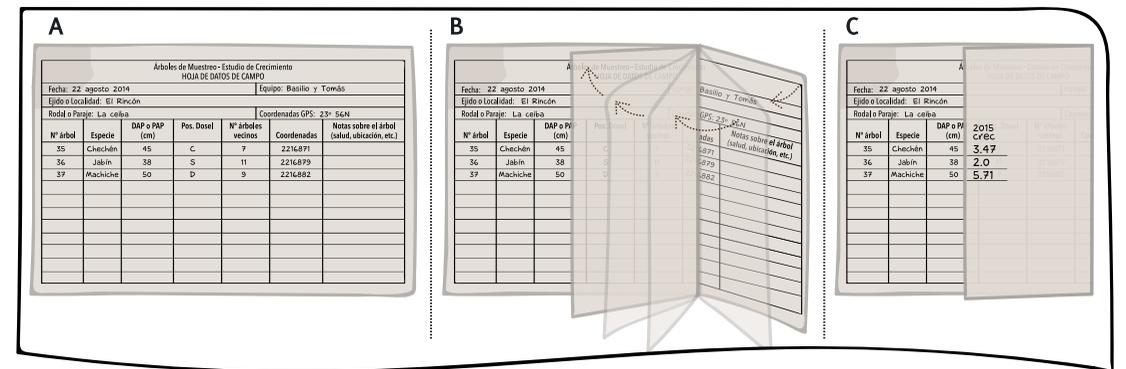


Fig. 14. La hoja de campo para la toma del dato de crecimiento. A: La fotocopia. B: Haciendo el doblez a la fotocopia. C: Tomando los datos del crecimiento en la parte de atrás de la fotocopia.

Una vez que se obtengan los datos de crecimiento en campo, en gabinete se elabora la base de datos de la misma manera que con las virutas (ver ejemplo pág. 37). Se capturan los datos en un archivo Excel®, con las mismas columnas que la hoja de campo. En el caso de las bandas no es necesario multiplicar por 2, porque ya se está midiendo el crecimiento del perímetro del árbol. Sin embargo, cuando se miden dos o más años con las bandas, el dato de crecimiento tendrá que dividirse entre el número de años correspondiente para obtener el promedio anual. Debido a que la medición obtenida de campo corresponde al incremento en perímetro, es necesario convertirlo al incremento en diámetro usando la fórmula que aparece en la última página de este manual.

## CAPÍTULO VI

# EL ANÁLISIS DE DATOS

Al terminar de recabar los datos de campo y el crecimiento de las virutas y de las bandas, continúa la etapa de gabinete para procesar la información. Para esto es necesario registrar todos los datos tan pronto como sea posible en una hoja de cálculo de Excel®. En la hoja de cálculo cada columna debe corresponder a las mismas variables o columnas que tiene la hoja de campo original (ver página 28). Sugerimos que en archivos separados se capturen los datos de cada especie, junto con las diferentes condiciones de crecimiento (si es el caso), pues los análisis se harán por especie.

Una vez que se capturan todos los datos, se compara la hoja de cálculo con la hoja de campo para corregir cualquier error. Esto lo deben hacer varias personas de ser posible. Posteriormente, se hace una copia del archivo de datos y se salva en otra computadora o en un dispositivo USB, y se guardan las hojas de campo originales en un lugar seguro.

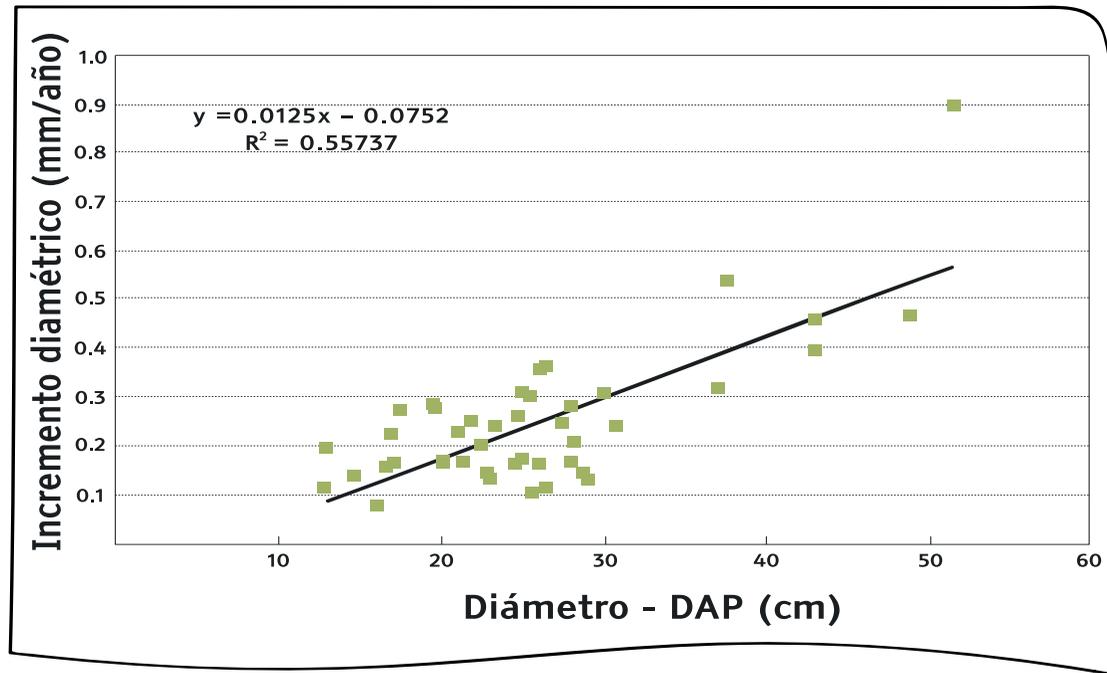
El análisis del crecimiento se realiza para cada especie y se lleva a cabo en varios pasos, que dependerán de la variabilidad encontrada en las mediciones. El primer paso será buscar si existe una relación estadística predictiva entre el crecimiento diamétrico obtenido en campo y el diámetro. Si no se detecta una relación significativa, agrupamos los datos en categorías de tamaño (Chico, Mediano y Grande) para buscar diferencias en las tasas de crecimiento entre las categorías. Finalmente, juntamos todos los datos de crecimiento para una especie y calculamos una tasa de crecimiento promedio y una medida del error, o grado de confianza asociado al promedio estimado. Todo esto se realiza en la hoja de cálculo Excel® con sus comandos, lo que se explicará a continuación con mayor detalle.

### 6.1. ECUACIÓN PREDICTIVA – RELACIÓN ENTRE EL DIÁMETRO Y LA TASA DE CRECIMIENTO

De todos los datos obtenidos para una especie, se seleccionan las columnas correspondientes al diámetro (DAP) y al crecimiento anual, para hacer una gráfica de puntos (o dispersión) donde se muestre el DAP del árbol medido en el eje horizontal (eje X) y el incremento medio anual (mm) en el eje vertical (eje Y).

En los comandos Excel® se activa el correspondiente a una línea sobre los puntos de datos, usando la función <Línea de tendencia: lineal>. Para mostrar la ecuación correspondiente a la línea de tendencia, se utiliza el comando <Línea de tendencia>, se selecciona <Opciones> y se activa el recuadro <Presentar ecuación en el gráfico>, y

presentar el <Valor de R<sup>2</sup> en el gráfico>. La siguiente figura muestra este tipo de gráfica, usando los datos del Chechén (*Metopium brownei*) de Quintana Roo.



**Fig. 15.** Relación entre el crecimiento diamétrico y el tamaño de *Metopium brownei* (Chechén). Arriba a la izquierda la ecuación de la línea y la R<sup>2</sup>.

Con este procedimiento se puede verificar si es posible predecir el crecimiento de una especie basándonos en su diámetro. Si detectamos una relación causal significativa entre la tasa de crecimiento y el diámetro, podremos usar la ecuación para estimar el crecimiento de los árboles de esa especie en un ambiente similar, con solo conocer su diámetro.

En el ejemplo del Chechén, hay una clara tendencia de mayor crecimiento a mayor tamaño, es decir que los árboles grandes crecen más rápido que los árboles pequeños. La R<sup>2</sup>, o coeficiente de regresión, indica qué tan bien la ecuación "se ajusta" a la línea a través de los puntos. Si todos los puntos cayeran exactamente sobre la línea, la R<sup>2</sup> sería igual a 1.

- Chechén obtuvo una R<sup>2</sup> = 0.55, indicando que nuestra ecuación explica un poco más de la mitad de la variación natural entre el diámetro y la tasa de crecimiento. Esto es suficiente para las proyecciones de crecimiento necesarias en la mayoría de los planes de manejo.

Para usar la ecuación en el cálculo del incremento diamétrico, la "X" en la fórmula es el diámetro del árbol, y la "Y" es el crecimiento. Usando la ecuación, tendríamos que para un árbol de Chechén de 30 cm de DAP:

$$Y = 0.0125(30) - 0.0752$$

Para este caso, el crecimiento sería 0.30 cm/año

Las ecuaciones predictivas pueden ser muy útiles, sin embargo en la mayoría de los casos las gráficas muestran una nube de puntos sin una tendencia clara, con valores de R<sup>2</sup> menores de 0.1.

Para poner esto en perspectiva: menos del 5% de las más de 40 especies de árboles a las que hemos medido el crecimiento en los últimos 15 años han generado gráficas con suficiente precisión para ser utilizables. Toma muy poco tiempo hacer estas gráficas y los resultados pueden ser muy útiles, cuando son significativos.

- Pero no hay que desanimarse si la R<sup>2</sup> de la línea es menor de 0.5, hay que dar el siguiente paso.

## 6.2. AGRUPANDO LOS DATOS

Usando el botón <Filtro> de Excel®, se ordena de mayor a menor la columna de incremento diamétrico, para identificar las tres **categorías o clases de tamaño**: "Chico", "Mediano" y "Grande". También se pueden agrupar los datos por categorías correspondientes a la posición en el dosel, o por condiciones de "manejo" y "no manejo". Después de ordenar los datos, el número de individuos en cada categoría debe ser el mismo o un número de árboles parecido.

Hay dos formas de proceder a partir de aquí, dependiendo de las habilidades para la estadística y la experiencia de quien haga los análisis. La manera más sencilla es calcular la tasa de crecimiento promedio para cada clase, con el error estándar asociado a dicho promedio. El error estándar siempre se anota después del promedio con el signo más/ menos (±).

El promedio de una clase se calcula usando la función <PROMEDIO> y el error estándar de ese mismo conjunto de datos se calcula dividiendo la desviación estándar <DESVEST> entre la raíz cuadrada <RAIZ> del número de observaciones o mediciones en esa clase:

$$\text{Error estándar EE} = \text{desvest} / \text{raiz}(n)$$

El siguiente paso consiste en revisar qué tan grande es el error estándar con respecto al promedio, para saber qué tan confiable será la tasa de crecimiento obtenida.

Si el error estándar es menor o igual al 10% del promedio, será más confiable y útil que uno más grande. Por ejemplo:

- ▶ Para una tasa de crecimiento de  $0.30 \pm 0.03$ , y otra de  $0.30 \pm 0.09$ , la primera será más confiable porque el error estándar equivale al 10% de la media, mientras que la segunda corresponde al 27%.

También es necesario ver si los valores promedio de cada categoría se sobreponen. Por ejemplo, si el promedio de una categoría es  $0.30 \pm 0.06$  y el de otra es  $0.35 \pm 0.06$ , esto significa que el primer promedio va de 0.24 hasta 0.36 y el segundo va de 0.29 hasta 0.41, lo cual muestra que hay sobreposición entre los valores promedio de las categorías. Si no hay sobreposición podemos considerar que los promedios de cada categoría son diferentes y representativos del crecimiento diamétrico de todos los individuos de esa categoría.

A continuación se presenta un ejemplo comparando los promedios de grupos o categorías, usando datos provenientes de varias especies de Pinos de la Sierra Norte de Oaxaca. En este caso, los datos se agruparon en categorías de bosques manejados y en bosques sin manejo.

Especie	Nº árboles	CreCIMIENTO con manejo (mm/año ± EE)	CreCIMIENTO sin manejo (mm/año ± EE)
<i>Pinus ayacahuite</i>	60	$3.37 \pm 0.11$	$2.22 \pm 0.06$
<i>Pinus leiophylla</i>	60	$1.34 \pm 0.05$	$0.92 \pm 0.02$
<i>Pinus michoacana</i>	60	$2.42 \pm 0.11$	$1.21 \pm 0.07$
<i>Pinus oaxacana</i>	60	$3.04 \pm 0.15$	$2.58 \pm 0.08$
<i>Pinus patula</i>	60	$7.34 \pm 0.36$	$4.44 \pm 0.24$
<i>Pinus pseudostrobus</i>	60	$5.74 \pm 0.37$	$4.58 \pm 0.32$
<i>Pinus rudis</i>	60	$4.42 \pm 0.22$	$1.50 \pm 0.08$
<i>Pinus teocote</i>	60	$1.50 \pm 0.04$	$1.04 \pm 0.03$

**Fig. 16.** Comparación del crecimiento promedio de 8 especies de pino creciendo en condiciones con y sin manejo. En cada columna se presenta el crecimiento promedio de los últimos 10 años y el error estándar.

Todos los pinos mostrados en la tabla crecieron más rápido bajo condiciones de manejo -las respuestas de *P. patula* y *P. rudis* son notables. En este ejemplo, dado que los errores estándar son pequeños y no hay sobreposición o solapamiento entre los valores promedio de cada categoría, entonces se puede considerar que las diferencias de crecimiento entre las categorías son estadísticamente significativas. Es decir, se acepta que cada categoría crece a tasas diferentes.

Otro tipo de análisis de los datos agrupados en categorías consiste en determinar la **significancia estadística** del efecto del tamaño, del manejo, o de la posición en el dosel, sobre el crecimiento de los árboles medidos.

Para esto se requiere el uso de otra herramienta analítica, el Análisis de Varianza de una vía o un factor (ANOVA), que se usa para determinar si la variable que agrupa (tamaño o manejo) tiene un efecto significativo en el crecimiento arbóreo.

Posteriormente se debe hacer una prueba de "comparación de medias" para determinar cuáles de los promedios son diferentes. Esto se hizo en el ejemplo anterior cuando se compararon los promedios y los errores estándar. En este caso, el ANOVA y las pruebas siguientes aportan una estimación de la certeza o "fortaleza" de la relación entre el crecimiento arbóreo y alguna otra variable, e indica la probabilidad de que nuestra conclusión sea correcta.

En el ejemplo de los pinos, los resultados del ANOVA revelaron que las diferencias en el crecimiento mostradas en la figura 16 son altamente significativas.

Basándonos en estudios realizados previamente, agrupamos los datos y analizamos las diferencias en crecimiento entre árboles de tamaño diferente. Se encontró que agrupar en clases de tamaño funcionó para el 25% de las especies estudiadas.

Los primeros análisis descritos ayudan a estimar el crecimiento de cada árbol usando una ecuación predictiva basándonos en su diámetro. Por su parte, el ANOVA ofrece una estimación robusta del crecimiento para árboles agrupados en diferentes clases.

- ◊ Agrupar es una herramienta útil para reducir la variabilidad en un conjunto de datos de crecimiento.

### 6.3. PROMEDIO GENERAL POR ESPECIE

Una última forma de evaluar la tasa de crecimiento de una especie es simplemente agregar todos los datos de todos los individuos para calcular el promedio y el error estándar.

Como ya dijimos, dicha estimación del crecimiento es más útil si tiene un error estándar que sea menor o igual al 10% del promedio obtenido. Calcular la tasa promedio de crecimiento significa que este valor va a ser usado para todos los individuos de dicha especie, sin importar el tamaño o las condiciones de crecimiento. Cuando se incluyen todos los árboles medidos estamos incorporando en nuestro cálculo toda la variabilidad existente para esa especie.

Algunas veces se considera al promedio general de crecimiento para una especie como el "último recurso", en conjuntos de datos que presentan mucho ruido o que son problemáticos. Es un dato de gran utilidad práctica, especialmente si tiene un error estándar bajo.

Aquí es importante considerar que las mediciones obtenidas en campo y los valores estadísticos pueden tener limitaciones, sin embargo reconociendo que en general existen pocos datos cuantitativos sobre el crecimiento arbóreo, incluso de las especies maderables más importantes, **cualquier información sobre el crecimiento es muy valiosa.**

## CAPÍTULO VII RECOMENDACIONES

Para asegurar el éxito de un estudio de crecimiento se requiere el compromiso e interés de parte de la comunidad para involucrarse y desarrollar las capacidades técnicas locales durante su realización, así como para darle continuidad. Dado que este tipo de mediciones se extiende por periodos de varios años, es de gran importancia que las personas que participan sean las mismas hasta el final, pues son los que comprenden el proceso completo y conocen los detalles de ubicación de los árboles.

De acuerdo a nuestra experiencia, el monitoreo comunitario del crecimiento de árboles puede generar mediciones muy precisas, en especies tropicales y templadas, siempre que se cumplan una serie de condiciones esenciales:

1. Interés de los miembros de la comunidad por conocer las tasas de crecimiento de sus especies y que tengan conocimiento previo sobre los árboles y parajes en el bosque.
2. Cierta experiencia en la actividad forestal que les permita organizarse en brigadas y tomar con precisión datos básicos en el bosque.
3. Supervisión cercana y continua por parte de un equipo técnico de su confianza y con conocimiento de su bosque.
4. Contar con un responsable local de brigada y con un coordinador regional que apoyen en la solución de problemas y que realicen la supervisión en campo durante la toma de datos de los árboles, colocación de las bandas, medición del crecimiento, y la extracción de las virutas.
5. Continuidad en los miembros del equipo o brigada de campo capacitados en la instalación y medición de las bandas.
6. Establecer compromisos para el cumplimiento puntual en las fechas de medición de las bandas.

7. Entrenamiento preciso en la lectura del vernier (lectura y anotación de las unidades y decimales).
8. Captura inmediata de los datos y revisión de los mismos, para corregir errores a tiempo.
9. Respalidar las hojas de campo y las bases de datos guardando los originales en lugares seguros y usando fotocopias.
10. Dar seguimiento al estudio para contar con datos de varios años.
11. Contar con un apoyo de personal técnico para concluir los análisis estadísticos básicos y obtener las tasas de crecimiento de las especies de interés.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y PÁGINAS WEB

### VIDEOS

- Elaboración de bandas dendrométricas para monitoreo del crecimiento en especies latifoliadas:  
<https://www.youtube.com/watch?v=LHR4MFO-mZs>
- Extracción de virutas con taladro de Pressler para monitoreo del crecimiento en especies de coníferas:  
[https://www.youtube.com/watch?v=\\_QA3-jJGAVw](https://www.youtube.com/watch?v=_QA3-jJGAVw)
- Uso del vernier para mediciones precisas:  
<https://www.youtube.com/watch?v=m5ioFckgHe4;>  
<https://www.youtube.com/watch?v=W1nJR7jmbCA>

### MANUALES Y REFERENCIAS

- Vargas Guillén, Adalberto; Micaela Álvarez Pérez, Irene Cuesta Mayor. (s.f.) "Guía Didáctica para la Participación Local en Programas de Servicios Ambientales. Elementos del monitoreo forestal comunitario para evaluar y valorar el bosque." AM-BIO, Conservation International México, A.C. México. 70 págs.

Link:

[http://www.ccmss.org.mx/descargas/Guia\\_didactica\\_para\\_la\\_participacion\\_local\\_en\\_programas\\_de\\_servicios\\_ambientales.pdf](http://www.ccmss.org.mx/descargas/Guia_didactica_para_la_participacion_local_en_programas_de_servicios_ambientales.pdf)

- Gerez Fernández, Patricia y Silvia E. Purata Velarde. 2008. "Guía Práctica Forestal de Silvicultura Comunitaria". SEMARNAT/CONAFOR, CCMSS, People and Plants International. México. 73 págs.

Link:

[http://www.ccmss.org.mx/descargas/Guia\\_Practica\\_Forestal\\_de\\_Silvicultura\\_Comunitaria.pdf](http://www.ccmss.org.mx/descargas/Guia_Practica_Forestal_de_Silvicultura_Comunitaria.pdf)

- Gutiérrez, Genaro y Martin Ricker. 2014. "Manual para tomar virutas de madera con el barreno de Pressler en el Inventario Nacional Forestal y de Suelos". CONAFOR, SEMARNAT, Instituto de Biología-UNAM, México. 30 págs.

Link:

[https://www.researchgate.net/publication/261876928\\_Manual\\_para\\_tomar\\_virutas\\_de\\_madera\\_con\\_el\\_barreno\\_de\\_Pressler\\_en\\_el\\_Inventario\\_Nacional\\_Forestal\\_y\\_de\\_Suelos](https://www.researchgate.net/publication/261876928_Manual_para_tomar_virutas_de_madera_con_el_barreno_de_Pressler_en_el_Inventario_Nacional_Forestal_y_de_Suelos)

- Imaña, José y Osvaldo Encinas. 2008. "Epidometría Forestal." Brasilia: Universidad de Brasilia, Dept. de Engenharia Florestal. Mérida: Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Venezuela y Brasil. 66 págs.

Link:

[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO\\_EpidometriaForestal.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf)

- Romahn de la Vega, Carlos F. y Hugo Ramírez Maldonado. 2010. "Dendrometría". División de Ciencias Forestales, Universidad de Chapingo, México. 294 págs.

Link:

<http://dicifo.chapingo.mx/licenciatura/publicaciones/dendrometria.pdf>

## FORMULAS ÚTILES

Conversión del perímetro o circunferencia (PAP), al diámetro (DAP):	<p><b><math>DAP = \frac{PAP}{\pi}</math></b></p> <p>Se divide el perímetro entre Pi (símbolo <math>\pi</math>)</p> <p><math>\pi = 3.1416</math></p> <p>La unidad de medida corresponde a las del PAP (mm)</p>
Conversión del radio a diámetro:	<p><b><math>DAP = r \times 2</math></b></p> <p>Se multiplica el radio por dos.</p> <p>La unidad de medida corresponde al radio (cm o mm)</p>
Transformación de pulgadas a milímetros:	<p><b><math>mm = \text{pulgadas} \times 25.4</math></b></p> <p>1" (pulgada) = 25.4 milímetros (mm)</p>



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

*People  
and  
Plants*  
international



Alianza  
**MéxicoREDD+**  
Con la gente por sus bosques

Este manual fue elaborado con la finalidad de apoyar a los dueños de bosques y selvas que desean saber cuánto crecen sus árboles, cuánta madera producen y cómo han respondido al manejo. También les servirá para decidir qué tratamientos necesitan llevar a cabo para optimizar la producción de madera o de servicios ambientales, como la captura de carbono.

Las técnicas de medición y análisis de datos propuestas en este manual son sencillas y accesibles para quienes tengan conocimientos básicos forestales. Se incluye una sección sobre temas elementales de fisiología de los árboles, como base para entender el crecimiento.

Esperamos que su contenido sea un apoyo para los técnicos comunitarios involucrados en el monitoreo del crecimiento de los árboles de bosques templados y selvas tropicales.

The Nature  
Conservancy   
Protecting nature. Preserving life.™

 Rainforest  
Alliance

  
THE WOODS HOLE  
RESEARCH CENTER

espacios naturales   
y desarrollo sustentable