



Gerencia Tecnología Silvícola
Departamento Sistemas de Información y Análisis Genético

MANUAL DE MEDICIONES DASOMÉTRICAS *Eucalyptus sp.*

Preparado por:

**Edgardo Velilla P.
Berta Rothen S.**

Versión 8

Los Ángeles, Abril de 2012

*Capítulo**Página*

| | | |
|---|--|-----------|
| 1 | MEDICIÓN DE ENSAYOS | 2 |
| 1.1 | ORDEN DE MEDICIÓN..... | 2 |
| 1.2 | MEDICIÓN DE DIÁMETROS | 2 |
| 1.2.1 | Definiciones básicas..... | 2 |
| 1.2.2 | Instrumentos y procedimiento utilizado | 2 |
| 1.3 | MEDICIÓN DE ALTURAS..... | 4 |
| 1.3.1 | Definiciones básicas..... | 4 |
| 1.3.2 | Instrumentos y procedimiento utilizado | 5 |
| 1.4 | ESTIMACIÓN DE DENSIDAD BÁSICA | 10 |
| 1.4.1 | Definiciones básicas..... | 10 |
| 1.4.2 | Instrumento y procedimiento utilizado | 10 |
| 1.5 | REGISTRO DE CONDICIÓN DEL ÁRBOL..... | 13 |
| 1.6 | CONSIDERACIONES GENERALES | 15 |
| 1.7 | CONTROL DE MEDICIONES | 16 |
| 1.7.1 | Entrega del trabajo | 16 |
| 1.7.2 | Elección aleatoria de ensayos..... | 17 |
| 1.7.3 | Factores a controlar en terreno | 17 |
| 1.7.4 | Chequeo de instrumentos | 17 |
| 1.7.5 | Emisión de informes | 18 |
| 1.7.6 | Tolerancia aceptada..... | 18 |
| 1.8 | INCUMPLIMIENTO DE NORMAS | 19 |
| Apéndice 1. Representación gráfica de principales condiciones observadas en los árboles..... | | 20 |

1 Medición de ensayos

1.1 Orden de medición

Las mediciones de los árboles deberán efectuarse de acuerdo a la numeración establecida en el diagrama o plano del ensayo. El inicio en cada réplica queda fijado en el vértice inferior izquierdo.

1.2 Medición de diámetros

1.2.1 Definiciones básicas

D.A.P.: Corresponde al diámetro del árbol localizado a 1.3 m sobre el nivel del suelo. La sigla significa: "Diámetro a la altura del pecho". ***Se medirá DAP en ensayos de edad mayor o igual a los 2 años.***

D.A.C.: Corresponde al diámetro de una planta que todavía no alcanza el DAP por no poseer 1.3 m de altura. La sigla significa: "Diámetro a la altura del cuello". ***Se medirá DAC solo en los ensayos de edad menor a 2 años.***

1.2.2 Instrumentos y procedimiento utilizado

Huinchas diamétricas: Corresponde a una huincha que entrega el diámetro (cm) directamente.

- Para el caso de aquellos árboles que posean DAP y que presenten sección cilíndrica en el fuste serán medidos con **huincha diamétrica**. En el caso de los árboles que presenten diámetro muy pequeño y de sección irregular se medirán con **pie de metro**. Ambas medidas se entregarán en centímetros con un decimal.
- La huincha debe ser utilizada en conjunto con una vara de 1.3 m, para que la altura de medición sea la definida (la altura de medición será controlada).
- Se debe ubicar el punto cero (0) de la huincha al árbol hasta llegar nuevamente al punto "0", donde se unan estos valores corresponderá al diámetro.
- Las mediciones del diámetro se harán siempre en forma perpendicular al eje del fuste y por el lado superior de la pendiente (ver figura 1: Pautas de medición del DAP).
- La huincha debe estar totalmente derecha (sin dobleces ni curvaturas), y totalmente paralela al nivel del suelo.

- Para el caso de aquellos árboles que presenten bifurcaciones bajo el 1,3 m, se medirá el fuste que exhiba un mayor vigor (que corresponde al fuste de mayor diámetro, no necesariamente al de mayor altura).
- En la zona en donde se realizó la medición del DAP, cuando se haya usado huincha diamétrica, se debe dejar una **línea paralela** al suelo; si fue medido con pie de metro, la marca consiste en un **punto**. Para ello se utilizará plumón o lápiz crayón (el color se define por temporada).
- Nunca estirar la huincha.

Una situación particular de medición surge -generalmente en plantaciones adultas- en árboles que poseen una bifurcación sobre el DAP, en este caso el DAP medido a 1.3 m tiende a sobreestimar el diámetro de la troza líder (Figuras 2-a, 2-b y 3). En dicha situación, se obtendrá una estimación del diámetro de la troza líder tal como lo señalan las figuras anteriormente mencionadas. Para situaciones en que exista bifurcación sobre el DAP, pero el diámetro a 1.3 m es consistente con los diámetros de las trozas generadas por la bifurcación la medición se realizará a 1.3 m (Figura 2-c).

Pie de metro: Este instrumento de metal o madera consta de una regla graduada y dos brazos perpendiculares a esta, uno fijo y otro móvil que se desplaza a lo largo de la regla. Este instrumento entrega el diámetro en centímetros o pulgadas.

- Para el caso de aquellos árboles que posean sólo DAC, todos serán medidos empleando para ello **pie de metro**; sin embargo cuando la sección del árbol no sea circular, se utilizará **huincha diamétrica**, ambas medidas se entregarán en centímetros con un decimal.
- Siempre se debe medir por el lado superior de la pendiente.
- Se deberá ubicar el punto de medición del DAC a una altura de 5 centímetros desde el nivel del suelo.
- Fijar la regla graduada apoyada en el fuste y el brazo fijo apoyado a uno de los lados del tronco.
- Mover el brazo móvil hasta topar con el tronco.
- Afirmary fuertemente y que este TOTALMENTE paralela al nivel de suelo.
- Leer el diámetro directamente sin sacar el instrumento del tronco.
- El máximo DAC medido con pie de metro es de 5 cms, sobre este valor el DAC será medido con huincha diamétrica.

1.3 Medición de alturas

1.3.1 Definiciones básicas

La altura es una variable que es utilizada para estimar el volumen, crecimiento, u otras variables de interés, como por ejemplo:

Altura total (HT): Corresponde a la vertical medida desde el nivel del suelo hasta el ápice del árbol.

Altura del fuste (HF): Corresponde a la vertical medida desde el nivel del suelo hasta la base de la copa.

Altura comercial (HC): Es la vertical medida desde el nivel del suelo hasta aquella porción del fuste en que su disminución gradual de diámetro establece un límite aprovechable comercialmente, normalmente 5 cm. (ver figura 4. Tipos de altura medibles en el árbol)

Longitud de copa (LC): Es la diferencia entre la altura total y la altura del fuste ($LC = HT - HF$).

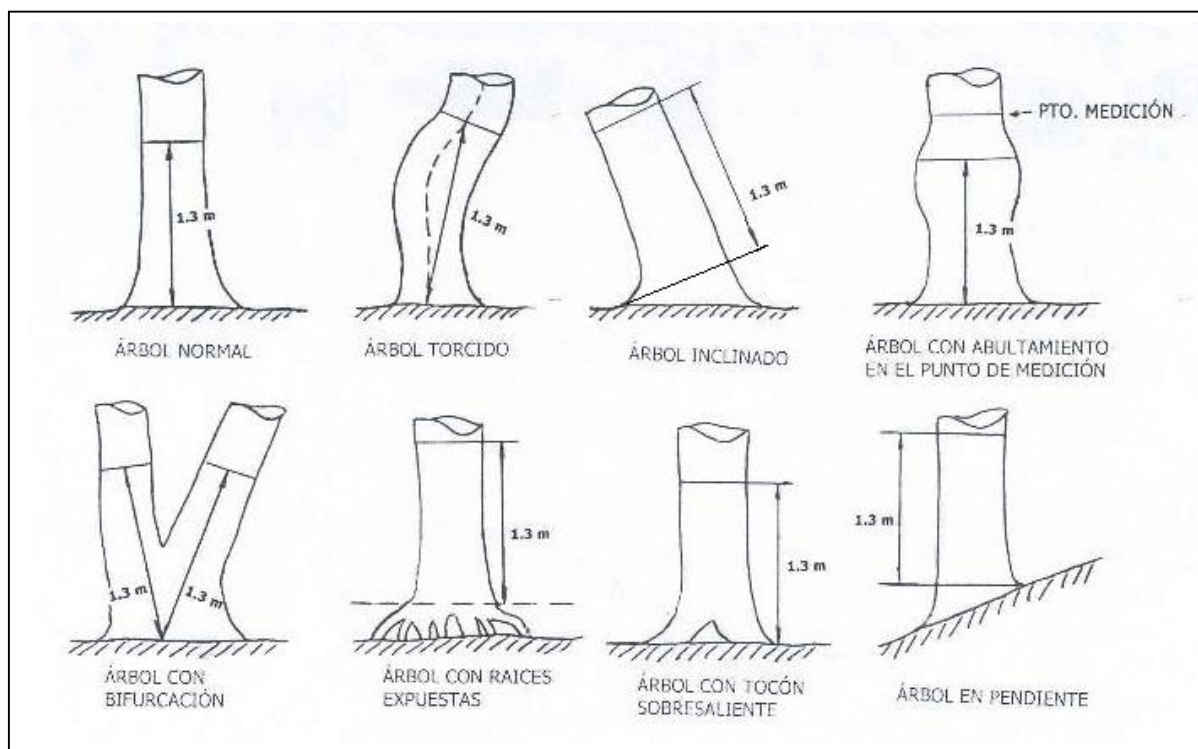


Figura 1. Pautas para la medición del DAP.

1.3.2 Instrumentos y procedimiento utilizado

Hipsómetro digital VERTEX: Corresponde a un instrumento que utiliza tecnología láser o de ultrasonido para realizar mediciones tanto de distancias como de alturas en función de principios trigonométricos. Se usará en todos aquellos **árboles con alturas sobre los 8 m** y su medida será entregada en metros con un decimal.

- El observador debe situarse a una distancia tal que sea capaz de ver tanto la base como el ápice del árbol (ver figura 5).
- En árboles con inclinaciones leves y moderadas (menor a 45°), el medidor se debe ubicar en forma perpendicular a la inclinación del árbol. Además, el transponder debe ser ubicado a 1,3 m de altura en el mismo eje de la base del árbol y el medidor al disparar el láser, deberá proyectar el ápice sobre este mismo eje, para obtener la medición (ver figura 6. Medición de árboles con inclinación menor a 45° y altura mayor a 8 m).
- En el caso de los árboles bifurcados bajo el 1,3 m, la altura que se debe medir es la del fuste al cual se le midió el DAP (mayor vigor), aunque éste presente una altura menor.
- A todos los árboles medidos, se les dejará una marca que indica la dirección de donde se le midió la altura, que consiste en una **línea vertical**, con plumón o lápiz crayón.

Observación: Para detalles de procedimiento referirse a manual del instrumento.

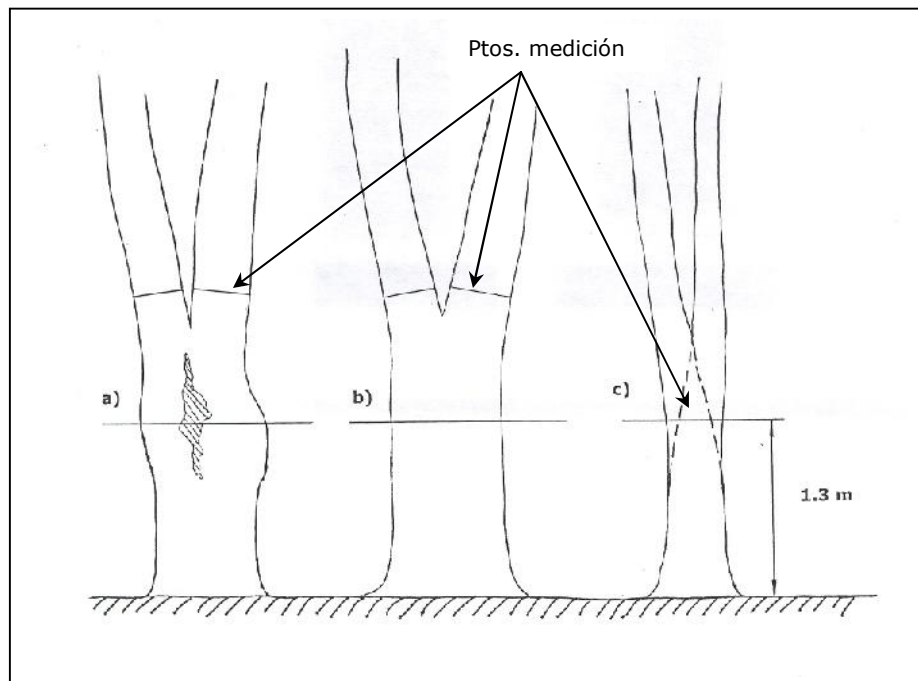


Figura 2. Pautas de medición del DAP para bifurcación sobre 1.3 m de altura.

Vara telescópica graduada: Como su nombre lo indica, es una vara (generalmente de fibra de vidrio o aluminio) telescópica graduada en centímetros. Se usará en todos aquellos árboles que presenten **altura menor o igual a 8 m.**

- Se coloca la vara al nivel del suelo (evitar presencia de montículos) en el lado superior de la pendiente.
- Se mide en centímetros hasta la PUNTA del ápice, conduciendo la vara en forma paralela al fuste.
- El anotador deberá estar mirando el ápice del árbol y ordenará detenerse al observar cuando se igualan el ápice y el extremo superior de la vara. Es importante señalar que siempre se deberá esperar un momento sin viento para determinar el punto anterior.
- Para el traspaso de un árbol a otro se debe bajar COMPLETAMENTE la vara.
- Una vez a la semana o cuando se termine la medición se deberá limpiar con vaselina líquida y paño la vara completamente.
- En árboles con inclinaciones leves, moderadas o severas se deberá medir la "longitud" del árbol.

En cada parcela se medirá la altura total a *todos los árboles*, utilizando vara telescópica para aquellos árboles que presenten una altura total menor o igual a 8 m. En caso contrario, la altura se medirá con hipsómetro digital, su medida será entregada en metros con un decimal.



Figura 3. Pauta de medición del DAP cuando existe una bifurcación sobre 1.3 m.

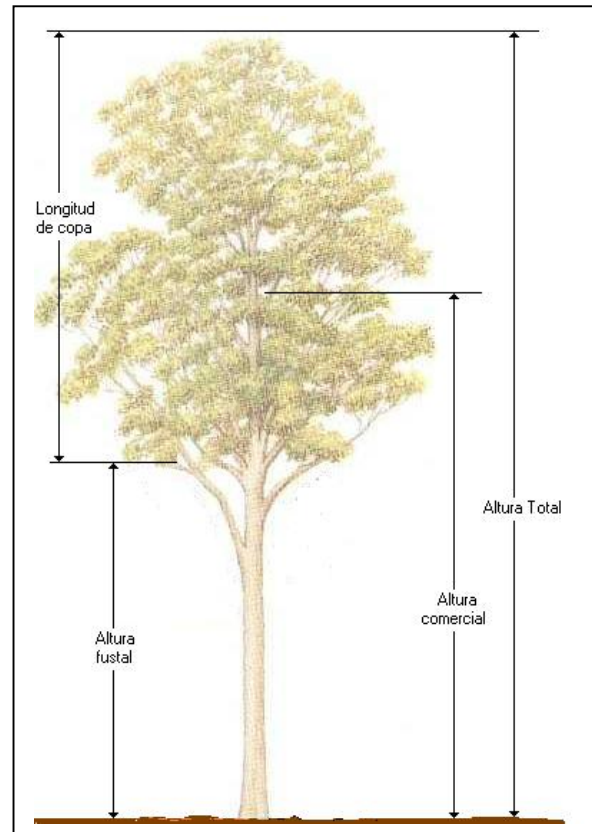


Figura 4. Tipos de alturas medibles en el árbol

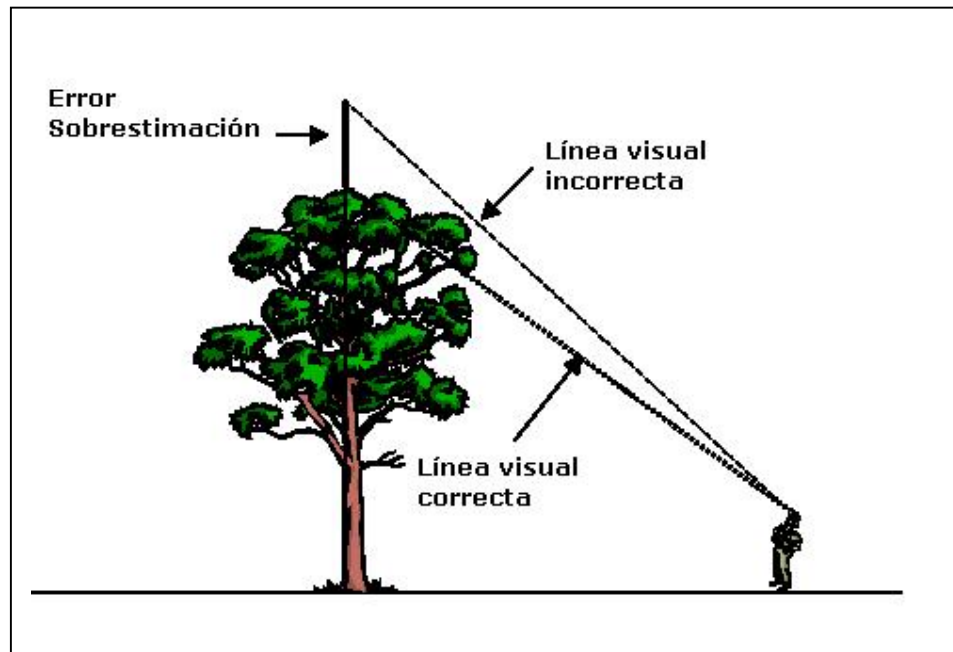


Figura 5. Efecto de la forma de la copa de los árboles sobre la determinación de la altura total de los individuos.

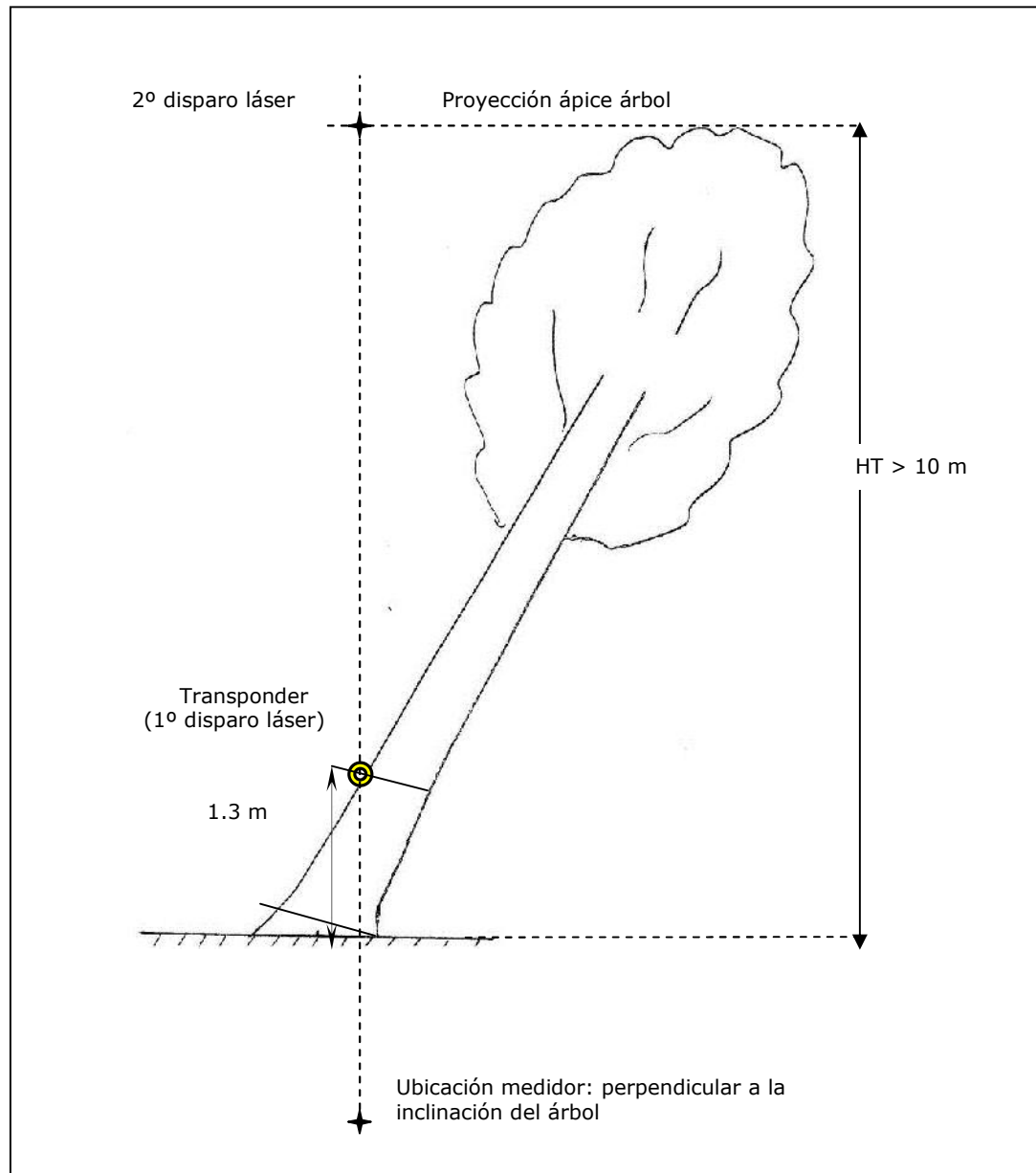


Figura 6. Medición de árboles con inclinación menor a 45° y altura mayor a 8 m

1.4 Estimación de densidad básica

1.4.1 Definiciones básicas

La *densidad básica* se define como la cantidad de madera por unidad de volumen (Kg/m^3) y es una de las más importantes propiedades de la madera, pues está altamente correlacionada con algunas propiedades pulpables y posee una alta heredabilidad en familias/individuos del género *Eucalyptus*

La densidad básica es una propiedad física compleja pues es determinada por varios factores tales como diámetro de las células, espesor de la pared celular, proporción de células de tamaño y composición química variable, etc.

1.4.2 Instrumento y procedimiento utilizado

Pilodyn: Es un instrumento que permite estimar en forma indirecta la densidad básica de la madera a través del impacto de una aguja de acero en la madera. La profundidad de penetración de la aguja está negativamente correlacionada con la densidad de la madera y se expresa en milímetros. Las principales ventajas de este instrumento están asociadas a un muestreo no destructivo, un alto rendimiento y facilidad de uso.

- La selección de los árboles a medir debe ser realizada de acuerdo a criterios previamente definidos (árboles suprimidos, endógamos y con condición 19 no se medirán).
- El transporte del instrumento debe ser realizado con la tapa protectora.
- El instrumento debe ser cargado (poner la aguja en posición de medición) previo al uso.
- Para realizar la determinación se debe confeccionar una ventana en el fuste (se debe retirar la corteza) en la *exposición norte del fuste* a la altura del DAP de aproximadamente 1 cm de ancho por 6 cm de largo y la aguja debe apuntar hacia el centro del fuste (ver figuras 7 y 9).
- Se remueve la tapa protectora del instrumento.
- Se presiona la aguja del pilodyn con el cargador hasta que enganche (suene un clic).
- Cuando se carga el instrumento no se debe presionar el gatillo debido a que el mecanismo de enganche no funciona cuando se está accionando el gatillo.

- Se fijan los soportes del pilodyn en la ventana que se realizó en el árbol para retirar la corteza, se verifica que estos estén totalmente en contacto con la superficie sin corteza que se va a medir, quedando perpendicular al fuste y cuidando no apoyarse en el gatillo para evitar que se dispare prematuramente (figura 8).

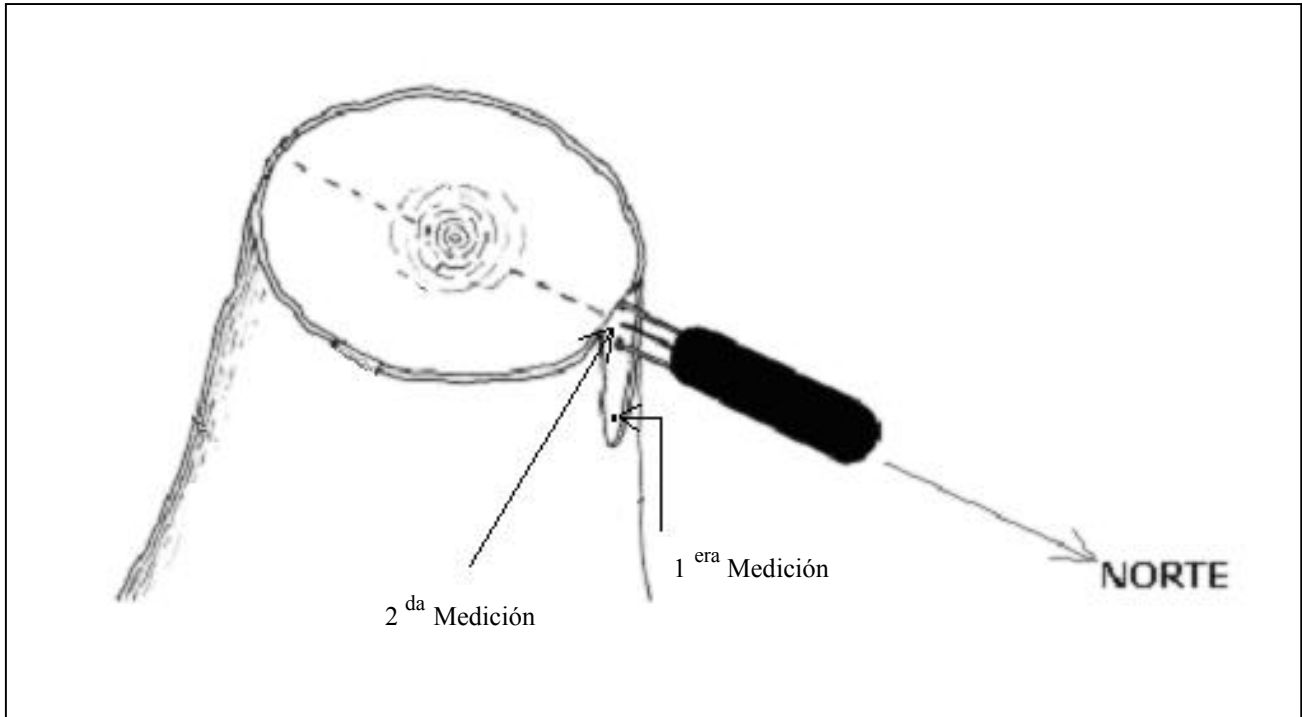


Figura 7. Se realizarán dos determinaciones en la exposición norte del fuste de tal forma que entre ambos impactos no deba existir una distancia inferior a 3 cm. La sección transversal es exhibida sólo para clarificar la dirección de la aguja hacia la médula.

- Se presiona firme el pilodyn contra la superficie y se acciona el gatillo. Esto activa el disparo y la aguja es lanzada contra la madera. La escala muestra la distancia en mm de 0 a 40 que corresponde a la profundidad de penetración de la aguja en la madera.
- Registrar el valor que marcó el instrumento cuando el pilodyn aun está apoyado contra la superficie.
- Se retira la aguja cuidadosamente, la mejor forma y más fácil es retirar el instrumento de a poco con pequeños tirones sujetando con ambas manos.

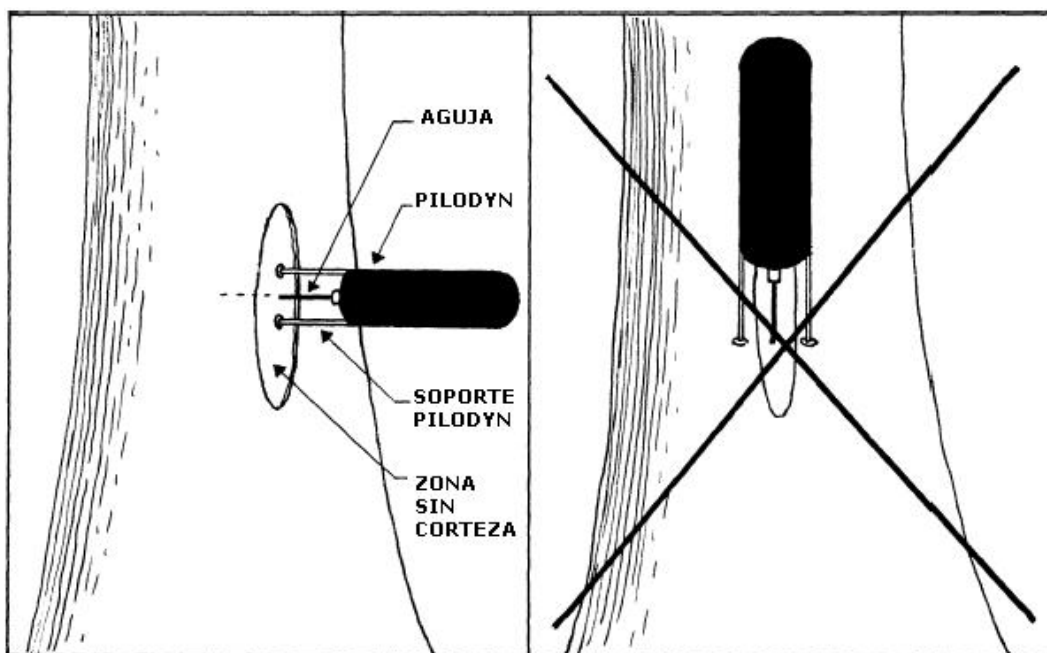


Figura 8. Posición del pilodyn en la ventana sin corteza del fuste. Es esencial que los soportes del pilodyn estén ubicados en la zona sin corteza que se va a medir.

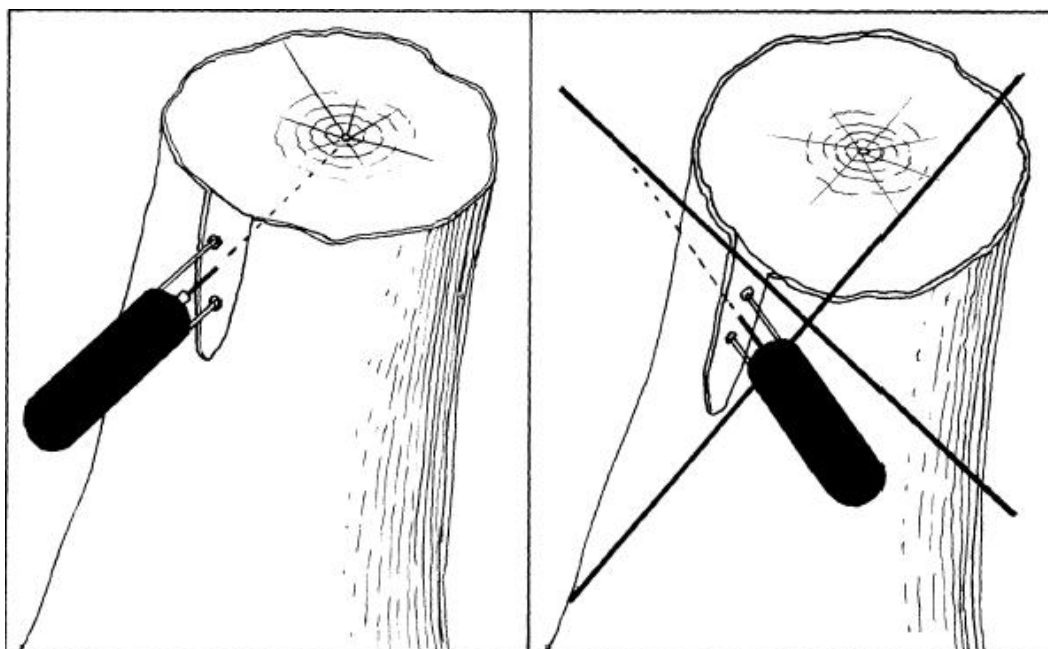


Figura 9. La aguja del pilodyn debe apuntar hacia el centro del fuste. La sección transversal es exhibida sólo para clarificar la dirección de la aguja hacia la médula.

- Se debe repetir la medición anterior en la misma ventana pero a una distancia no inferior a 3 cm respecto de la medición anterior. Es decir, se deben realizar dos determinaciones de pilodyn por árbol (ver figura 7).
- No se debe transportar o dejar el instrumento cargado (poner la aguja en posición de medición). Cuando esté el instrumento cargado, siempre se debe apuntar hacia el suelo.
- Una vez finalizada la medición se repone la tapa protectora del instrumento.

1.5 Registro de condición del árbol

Se definen las siguientes categorías asociadas a la condición actual del árbol medido con el objeto de poder contar con información adicional respecto de las variables dasométricas registradas.

Tabla 1. Códigos asociados a condición actual del Árbol medido.

| <i>Código condición</i> | <i>Descripción</i> |
|-----------------------------|--|
| 1 | Árbol muerto |
| 2 | Árbol suprimido |
| 3 | Árbol bifurcado bajo el DAP |
| 4 | Árbol desraizado |
| 5 | Árbol quebrado (desde la base hasta el 75% de la HT) |
| 6 | Árbol con inclinación leve |
| 7 | Árbol retoñado o rebrotado |
| 8 | Árbol con curvatura leve |
| 9 | Árbol con varios daños |
| 10 | Árbol con daño leve por helada |
| 11 | Árbol con daño medio por helada |
| 12 | Árbol con daño severo por helada |
| 13 | Árbol con presencia de yemas y/o flores |
| 14 | Árbol con presencia de cápsulas |
| 15 | Árbol mal medido en medición anterior |
| 16 | Árbol endógamo |
| 17 | Árbol con daño químico |

| | |
|----|---|
| 18 | Árbol polibifurcado |
| 19 | Árbol eliminado [↓] |
| 20 | Árbol en espiral |
| 21 | Árbol bifurcado sobre el DAP (no se considera ápice, hasta el 75% de HT) |
| 22 | Árbol con curvatura severa |
| 23 | Árbol cuyo DAP fue medido en fuste bifurcado sobre 1.3 m sobre el suelo |
| 24 | Árbol con inclinación severa (mayor a 45°) |
| 25 | Árbol con sinuosidad leve |
| 26 | Árbol con sinuosidad severa |
| 27 | Árbol en cuya vecindad (cuadrante) falta un número de árboles superior a 4 |
| 28 | Condiciones inadecuadas para medir Pilodyn |
| 29 | Diámetro medido sobre 1.3 m sobre el suelo |
| 30 | Ápice quebrado (diferente de árbol quebrado, desde el ápice hasta 25% de la HT) |
| 31 | Ápice seco, se mide la Altura total |
| 32 | Árbol rebrotado apto para ser medido (DAP-H similar al promedio del Ensayo, Dominante o Codominante) |
| 33 | Daño conejo |
| 34 | Daño de animal (vacunos y caballos) |
| 35 | Árbol moribundo (se mide DAP y Altura) |
| 36 | Sin dato DAP (Altura del árbol menor o igual al 1,3 m) |
| 37 | Solo YIELD TRIAL, Medición de todas las varas (DAP >5 cms) en forma individual. Si son todas varas < 5 cms, seleccionar la dominante y medir. |
| 38 | Curvatura basal severa, debida al ambiente, bajo 1.0 m de altura. |

Tabla 2. Códigos asociados a condición de frío del Árbol medido.

| <i>Código Condición</i> | <i>Descripción</i> |
|-----------------------------|--|
| 0 | Árbol muy resistente a daño frío. |
| 1 | Árbol resistente a daño frío. |
| 2 | Árbol resistencia promedio a daño frío |
| 3 | Árbol susceptible a daño frío. |
| 4 | Árbol muy susceptible a daño frío. |

[↓] Árbol cuya deficiente condición (suprimido, endógamo [pulpo], etc.) lo descalifica para realizar un análisis posterior.

1.6 Consideraciones generales

Para aquellos árboles que poseen condiciones que en general pueden o no desclasificarlo y con el objeto de evitar confusión al momento de decidir que variable(s) se debe(n) capturar, se establecerán los siguientes criterios de medición:

- *Árbol endógamo*: Cond1=2, Cond2=16, DAP, altura y Pilodyn no se medirán en este caso.
- *Árbol polibifurcado*: Cond1=18, se mide DAP, altura y pilodyn.
- *Árbol en espiral*: Cond1=20, se mide DAP, altura y pilodyn.
- *Árbol con curvatura leve*: Cond1=8, se mide DAP, altura y pilodyn.
- *Árbol con curvatura severa*: Cond1=22, se mide DAP, y pilodyn, pero no altura.
- *Árbol con inclinación leve*: Cond1=6, se mide DAP, altura y pilodyn.
- *Árbol con inclinación severa*: Cond1=24, se mide DAP, y pilodyn, pero no altura (inclinación mayor o igual a 45°).
- *Árbol con sinuosidad leve*: Cond1=25, se mide DAP, altura y pilodyn.
- *Árbol con sinuosidad severa*: Cond1=26, se mide DAP, altura y pilodyn sólo cuando la sinuosidad mantiene al árbol en su eje central. En caso contrario se mide solo DAP y Pilodyn.
- *Árbol suprimido*: Cond1=2, se mide DAP, altura y pilodyn sólo cuando DAP es mayor o igual a 8 cm. En caso contrario, se mide sólo DAP y altura.
- *Árbol quebrado*: Cond1=5, se mide DAP y pilodyn, pero no longitud.
- *Árbol retoñado*: Cond1=7, Cond2=19, no se mide DAP, altura ni pilodyn.
- *Árbol ápice quebrado*: Cond1=30, se mide DAP, altura y pilodyn.
- *Árbol rebrotado dominante o codominante*: Cond1=32, se mide DAP y altura, NO pilodyn.

El apéndice 1 representa en forma gráfica algunas de las principales condiciones señaladas anteriormente.

Todos los criterios o condiciones descritos para desclasificar los árboles (no medibles tanto en DAP como en Altura) son solo aplicables a los ensayos genéticos, vale decir ensayos de progenie (PC o PA) o clonales (T1 o T2). No así para los ensayos yield trial (YT) en donde se miden todos los árboles, puesto que

en este caso interesa estimar la productividad de los genotipos evaluados (similar a la situación de inventarios).

1.7 Control de Mediciones

Las mediciones de los ensayos del departamento de genética del Eucalipto de Forestal MININCO, se llevan a cabo mediante empresas de servicio (EMSER), por lo que se requiere mantener un control permanente sobre las actividades de toma de datos que ellas realizan.

La forma en que se llevará a cabo el control deberá cumplir con las siguientes etapas:

1.7.1 Entrega del trabajo

La EMSER deberá entregar en forma diaria el reporte de actividades. Además, una vez finalizada la medición de un ensayo, contará con un plazo máximo de UNA SEMANA para el envío de la base de datos asociada a dicha medición. Al término de la temporada de medición ensayos, la EMSER resumirá todas las bases de datos en un disco compacto con la información y estadísticos solicitados (respaldo).





Figura 10. Representación gráfica de la variable asociada a daño de frío.

1.7.2 Elección aleatoria de ensayos

Se seleccionará aleatoriamente, entre un 5 - 10% del total de ensayos encargados a la EMSER con el objeto de ser remedidos y controlados.

1.7.3 Factores a controlar en terreno

Para cada una de los ensayos seleccionados se controlarán los siguientes factores:

- Marcación de árboles: indicación indeleble en fuste de la dirección desde donde se midió la Altura total (línea vertical), además de la línea horizontal o punto, de donde se obtuvo el dato del DAP o DAC, según corresponda.
- Medición de árboles: orden, número de árboles/parcela, magnitud de la medición, etc.

1.7.4 Chequeo de instrumentos

Al inicio de cada temporada de medición, el supervisor del departamento de genética tiene la misión de chequear el correcto funcionamiento de los instrumentos y elementos usados en la toma de datos. Esto es, chequeo de huinchas, hipsómetros digitales, etc., además informará en forma continua del cumplimiento o incumplimiento de las siguientes consideraciones generales: no dejar basuras en lugares no habilitados, no fumar en el interior del bosque, no encender fogatas ni ninguna otra acción que afecte la seguridad de los bienes de la empresa.

Será responsabilidad de la empresa de servicios de medición, el buen funcionamiento de sus instrumentos, por lo que no será excusa para justificar errores cometidos en la toma de datos.

1.7.5 Emisión de informes

El responsable del control de medición tiene la misión de emitir un informe de control de medición en que se señale el cumplimiento o incumplimiento de todas las etapas señaladas anteriormente.

1.7.6 Tolerancia aceptada

Para uno de los ítems siguientes se indica la tolerancia de diferencias con respecto al control.

| ITEM | TOLERANCIA |
|---|---|
| a) Llenado de formulario electrónico o digitación información | Cualquier error que se presente en este punto deberá ser corregido por la EMSER. No se aceptará ningún tipo de error en este ítem, ya que origina problemas posteriores en el procesamiento de los datos. |
| b) Orden de medición | No se aceptan errores en este ítem, ya que no sería posible el control árbol a árbol |
| c) Número de árboles por parcela | No se aceptan diferencias en este ítem, ya que implica un Error Grave |
| d) Medición altura total | Tanto en la medición con hipsómetro digital (VERTEX) como en la medición efectuada con vara telescópica se aceptará un Error Medio Cuadrático (ECM) ¹ máximo de un 10% . |
| e) Medición de DAP o DAC | En el caso de la medición del DAP o DAC se tolerará como error máximo (ECM) admisible de un 5% . |

¹ $ECM = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 / n}$, en donde Y_i representa la medición control e \hat{Y}_i representa la medición efectuada por la EMSER y n representa el número de árboles medidos.

1.8 Incumplimiento de normas

Las siguientes medidas serán adoptadas con el objeto de sancionar el incumplimiento a las normas establecidas en este manual.

- Cuando una Unidad Muestral (ensayo) sea rechazado deberá repetirse la medición de la misma por cuenta de la EMSER.
- Todas aquellas mediciones realizadas por personal “no acreditado” por MININCO S.A. serán rechazadas.
- El incumplimiento de la fecha de entrega de las mediciones encargadas a la EMSER (estipulada en la orden de servicio) dará origen a una multa equivalente a un 5% del valor del servicio encomendado por día de atraso. Salvo razones justificadas y comunicadas oportunamente a la persona que representa a la empresa mandante (supervisor de genética).
- El plazo máximo para la emisión del informe final de la medición de cada ensayo por parte de la EMSER, será de 7 días posterior a la fecha de término de la medición para ese ensayo.

Apéndice 1.

Representación gráfica de principales condiciones observadas en árboles medidos

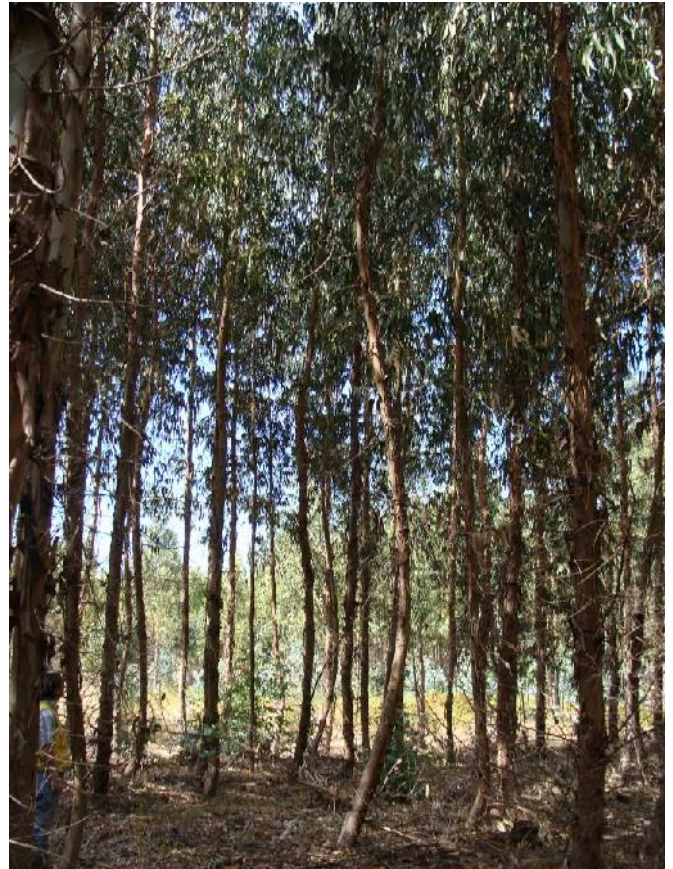


Figura A-1. Árbol con sinuosidad severa, pero que recupera su eje central.



Figura A-2. Árbol con inclinación severa.



Figura A-3. Árbol con inclinación severa.



Figura A-4. Árbol con inclinación leve.



Figura A-5. Árbol endógamo.



Figura A-6. Árbol quebrado.



Figura A-7. Árbol bifurcado sobre el DAP.



Figura A-8. Árbol rebrotado apto para ser medido (DAP-H similar al promedio del Ensayo)

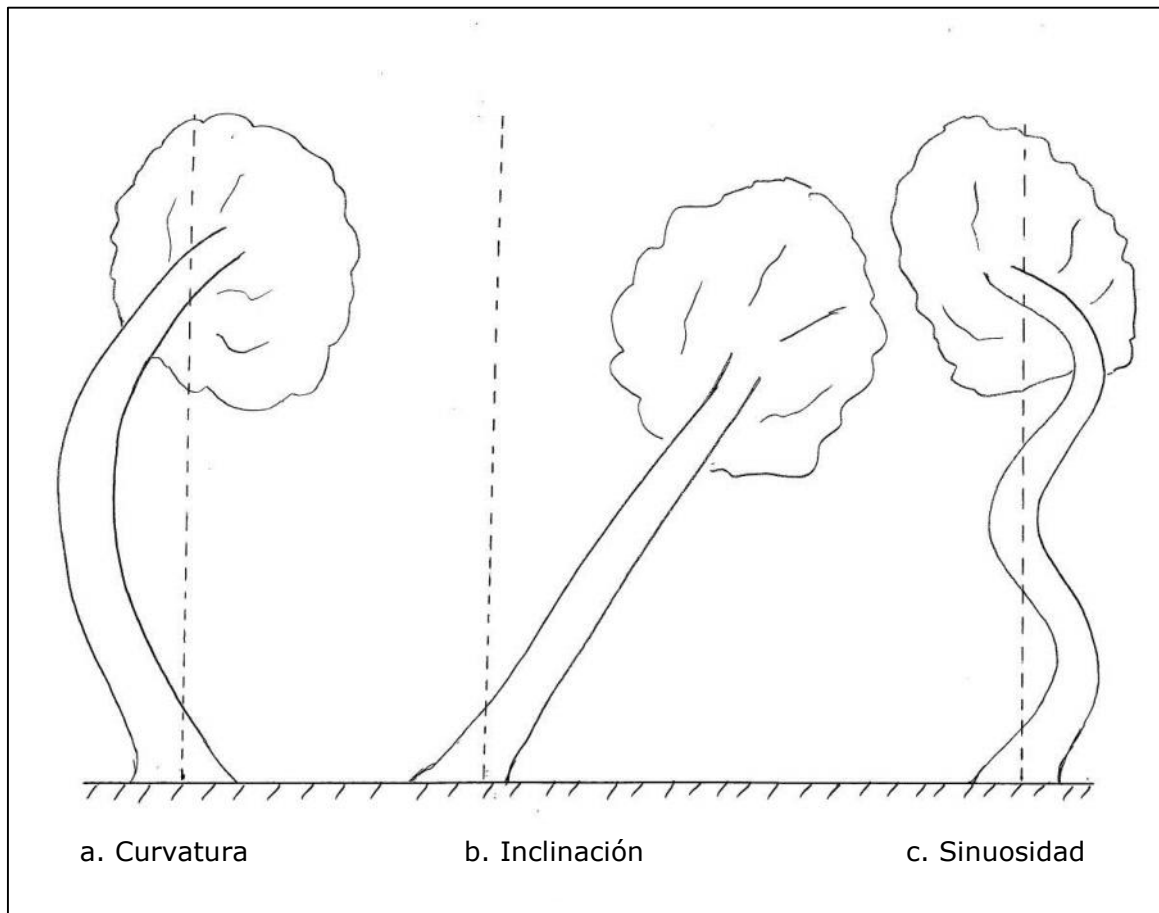


Figura A-9. Diferencia gráfica entre árboles con curvaturas (a), inclinados (b) y sinuosos (c).