

## CALIDAD DE LA PODA EN PLANTACIONES FORESTALES: METODOLOGIA PARA SU EVALUACION<sup>1</sup>

*Olman Murillo*<sup>2/\*</sup> y *Pablo Camacho*\*

### RESUMEN

Se discute sobre la importancia de evaluar la calidad de ejecución de la poda en plantaciones forestales y de la necesidad de contar con una metodología apropiada para tal fin. La metodología descrita en este artículo permite resolver los problemas más comunes asociados a la actividad de la poda forestal a saber: ¿han sido podados únicamente los árboles de la cosecha final?; ¿han sido podados los árboles hasta una altura del fuste, correspondiente con los largos de las trozas utilizadas en la comercialización de la madera (2.5 m de largo para Costa Rica)?; ¿ha sido la poda realizada en forma correcta?; ¿es necesario detener la labor de poda y realizar acciones correctivas y de capacitación?; ¿cuál es el diámetro nudoso en promedio de la plantación? o planteado de otra manera, ¿a partir de cuál diámetro en promedio se obtendrá madera libre de nudos en la plantación?, y finalmente ¿ha sido realizada la poda cuando los árboles tenían un diámetro adecuado?. Las siguientes variables continuas: Diámetro a la Altura del Pecho (dap), Diámetro de Muñón Máximo (dm), Diámetro Inferior al Muñón Máximo (di), Altura Total (ht) y Altura de Poda (hp), y las variables cualitativas: Posición Sociológica del Arbol, Daños en el Fuste, Calidad del Arbol, Calidad de la Poda y ¿debió ser podado?, son todas descritas y explicadas en detalle. Finalmente se pasa a la segunda parte de la metodología donde se analiza e interpreta la información obtenida y se contestan las preguntas planteadas con base en una plantación utilizada como muestra.

### ABSTRACT

**Pruning quality in forest plantations: evaluation methodology.** The importance of pruning quality control in forest plantations is discussed. The described methodology allows to solve the typical associated problems to the forest pruning activity like: have been there pruned only the valuable trees that will belong to the final harvest of the plantation?; have been these trees pruned to a height correspondingly with the commercial log sizes being utilized in the country (in Costa Rica 2.5 m length); has been the pruning work correctly executed?; is there any need to stop the pruning work and to take corrective or training actions?; which is the average knotty-diameter of the plantation?, or in other words, above which averaged diameter will be there free-knots-wood obtained in the plantation?, and finally has been executed the pruning when the trees presented a right diameter?. The continuous variables: Diameter at Breast Height (dbh), Maximun Stump Diameter (sd), Below Maximun Stump Diameter (bd), Total Height, and Pruning Height, and the qualitative variables Tree Sociological Position, Stem Damages, Tree Quality, Pruning Quality and Should Has Been Pruned?, were all fully in detail described and explained. In the second part are presented examples and the proper way to analyze and interpret the respective results, in order to be able to answer the stated questions.

1/ Recibido para publicación el 11 de julio de 1996.  
2/ Autor para correspondencia.

\* Departamento de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

## INTRODUCCION

En forma análoga a las metodologías existentes para evaluar la calidad de plantaciones forestales en pie (Murillo 1991a; Camacho y Murillo 1992, Murillo y Camacho 1992), se requiere también poder evaluar la calidad de la ejecución de la poda. La poda en plantaciones forestales es una actividad de alto costo pero imprescindible en numerosas especies y de gran impacto en la calidad y valoración del producto final. En Costa Rica, la tendencia de la actividad de reforestación es bastante clara. Poco a poco ha ido evolucionando el sistema de incentivos para la reforestación hacia un modelo de crédito bancario, que busca estimular la producción de madera de alta calidad, de manera intensiva, en unidades de manejo relativamente pequeñas (Murillo 1991b, Asamblea Legislativa 1994). Esta situación se evidencia en el documento elaborado por la Cámara Costarricense Forestal (1995) donde se señala que "...es necesario aumentar la productividad y seguridad de las inversiones en reforestación, de manera que la actividad continúe siendo atractiva para finqueros y empresarios forestales, aún en ausencia de incentivos externos". Por lo tanto se requiere contar con los instrumentos y procedimientos que permitan medir con precisión el estado de la masa forestal, sus características, su valor en pie, y muy especialmente, el efecto en el producto final que ha producido una intervención silvicultural. En un esquema de manejo intensivo, la inversión realizada en cada tratamiento de manejo debe ser evaluado. El dueño de la plantación requiere conocer si el costo de una actividad como la poda será, en un futuro cercano, recompensado.

Debido al relativamente alto costo de la poda forestal, normalmente se busca concentrar esta labor en los árboles de mayor valor de la plantación (Administración Forestal del estado de Hessen 1991). La poda es una actividad cuyos resultados se podrán ver hasta que el producto final (volumen de madera libre de nudos) llegue al mercado. Por lo tanto, generalmente se realiza la poda solamente en los mejores 400 a 600 árboles/ha, con el fin de garantizarse que dentro de esta población estará el 100% de los individuos que constituirán la cosecha final (Murillo 1993). En forma complementaria viene entonces el clásico cuestionamiento, ¿cuando debe ejecutarse la poda?. Entre más temprano se

ejecute la misma, producirá árboles de mayor volumen libre de nudos en su fuste comercial y por tanto mayores ingresos. Si se realiza en forma tardía, después de 1 ó 2 raleos para asegurarse que se realice únicamente en los mejores individuos de la plantación, los diámetros de los árboles y de las ramas serán ya muy grandes. Lo cual implica que los costos de la poda serán mucho mayores y el volumen de madera libre de nudos será muy bajo. El otro aspecto central es hasta qué altura podar. Conforme se aumenta la altura de la poda, así aumentan dramáticamente los costos de la actividad. Por lo tanto se busca normalmente concentrar la poda en largos del fuste equivalente a las unidades de comercialización final del producto. Esto equivale en Costa Rica a trozas de 2.5 m (3 varas) en la mayoría de los casos (Murillo 1993).

Es importante aclarar el concepto de poda comercial para la producción de madera libre de nudos y otros tipos de poda, que frecuentemente se realizan también en plantaciones forestales (Rojas 1994). En forma generalizada se le llama "deshija o poda de selección" a una poda muy temprana (los primeros 6 meses de edad de establecida la plantación) que se efectúa en especies que han sido reproducidas por el sistema de pseudoestaca. De manera característica se practica con las especies Pochote (*Bombacopsis quinata*), Melina (*Gmelina arborea*) y Teca (*Tectona grandis*), donde es prácticamente imprescindible realizar tal labor en el 100% de los individuos de la plantación. Por lo que esta es una labor que forma parte de la silvicultura propia de estas especies y no debe confundirse con el concepto de poda comercial que se utiliza en este artículo. Otro tipo de poda muy utilizada es la del tipo "limpieza", que se efectúa hasta una altura de aproximadamente de 1 a 1.5 m en especies que presentan una presencia muy alta de ramas bajas, como Ciprés (*Cupressus lusitanica*) y Pinos (*Pinus* spp) entre otras especies. Este tipo de poda se le denomina limpieza debido a que se realiza en la mayoría de los casos simultáneamente con las labores de control de maleza, utilizando el machete como instrumento. Su justificación ha sido la de facilitar las labores de control de malezas, para aminorar los costos de ejecución y aprovechamiento de los primeros raleos, así también como actividades de prevención de fuegos, plagas, enfermedades y otros. Su costo puede ser muy alto en muchos casos, por lo que comúnmente se realiza más bien no una poda sino

una corta rápida y parcial de la longitud de las ramas, dejando unos 10-15 cm de rama. Por lo tanto, no es esta realmente una poda comercial, puesto que no libera al fuste de la presencia de ramas. Por último están las conocidas "podas de formación", que se realizan típicamente en aquellas especies forestales que tienen problemas para mantener un eje dominante sin bifurcarse. Se encuentran con frecuencia en este grupo especies latifoliadas con patrones de crecimiento dicotómicos (como las del género *Tabebuia* spp), o especies que son severamente atacadas por plagas (como algunas especies de la familia Meliaceae), que por lo tanto requieren de la poda temprana para lograr producir fustes rectos y comerciales. Esta actividad se justifica en especies de muy alto valor o en aquellas condiciones donde este tipo de poda sea rentable. Sin embargo, para el caso de las podas de formación, se podría intentar aplicar los mismos principios que a continuación se exponen en esta metodología.

Tomando en cuenta todos estos criterios, se ha desarrollado esta metodología de evaluación de podas, diseñada para buscar la respuesta a las siguientes preguntas:

1. ¿Han sido podados únicamente los árboles de la cosecha final?
2. ¿Han sido podados los árboles en secciones de fuste correspondientes a unidades de comercialización (en largos de fuste de 2.5 m)?
3. ¿Ha sido la poda realizada en forma correcta?. ¿Cuál es el balance de daños en los árboles de la plantación?
4. ¿Es necesario detener la labor de poda y realizar acciones correctivas y de capacitación?. Esta pregunta se irá tomando en cuenta dentro de la discusión y análisis de cada una de las otras preguntas.
5. ¿Cuál es el diámetro nudoso (volumen de madera con nudos) promedio de la plantación?. Planteado de manera inversa, ¿A partir de cuál diámetro se obtendrá madera libre de nudos en la plantación?
6. ¿Ha sido podada la plantación cuando los árboles tenían un diámetro adecuado?.

## PROCEDIMIENTO DE CAMPO

### Muestreo

El sistema de muestreo para evaluar la calidad de ejecución de una poda en plantaciones

forestales, podría ser en muchos casos del tipo completamente aleatorizado. Sin embargo, se quiere en la mayoría de los casos poder diferenciar simultáneamente, entre la calidad de la poda en determinados sectores de una plantación, entre determinados días de trabajo, entre sectores ejecutados por determinado personal del proyecto, o también, entre sectores donde se ha utilizado alguna otra herramienta y procedimiento de poda. En algunas ocasiones también se quiere conocer si ha habido algún problema fitosanitario asociado a la poda o si en algún determinado sector se concentran árboles (¿y cuántos por unidad de área?), con heridas que los hacen propensos a problemas fitosanitarios. Es entonces en estos casos vital el poder conocer sobre su localización precisa en el terreno. Por último, el mismo trabajo de muestreo de evaluación de la poda podría ser aprovechado para evaluar simultáneamente la calidad de la plantación en general u obtener otra información importante.

Por lo tanto, para la evaluación de la ejecución de la poda en plantaciones forestales se recomienda seguir el procedimiento general de muestreo sistemático, ya explicado en detalle para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales (Murillo y Camacho 1997).

### ¿Cuáles árboles deben ser podados?

No se pretende en este artículo profundizar al respecto, ya que básicamente interesa por ahora solamente la evaluación de la actividad de la poda forestal. Sin embargo, en términos generales es importante recordar los criterios elementales sobre cuáles árboles podar y cómo reconocerlos en el campo. Si se deseara profundizar en el tema podría consultarse en el Manual del Silvicultor (Rojas 1994).

Como criterios generales se deben podar únicamente los árboles a extraer en el último raleo y los de la cosecha final, por ser estos los de mayor valor comercial. Esto significa aproximadamente los mejores 400-600 árboles/ha. Por lo tanto, se utiliza normalmente como criterio de poda, el seleccionar los dos mejores árboles de cada grupo de 4, con lo cual es altamente probable que dentro de estos árboles seleccionados se encuentren los individuos de la cosecha final. Estos árboles a podar se seleccionan con base en sus buenas características de fuste (rectitud, libre

de grano en espiral, sanidad, etc.), buenas dimensiones y posición sociológica (se eligen solamente árboles dominantes y codominantes), o cualquier otro criterio adicional que permita garantizar que el árbol será uno de los integrantes del último raleo o cosecha final.

### Variables a evaluar

En el Cuadro 1 se puede apreciar el formulario de campo a emplear y el detalle de las variables utilizadas en un muestreo de una plantación de Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en la región de Cartago. A cada uno de los árboles que se ubiquen dentro de una parcela de muestreo se le evalúa con base en los siguientes criterios:

- **Arbol Podado:** Se indica si el árbol ha sido podado con un "1" y no podado con un "0". Si a un árbol se le encuentra al menos una rama sin podar, deberá entonces calificarse como no podado. También deberán considerarse como no podados todos aquellos árboles a los que se les haya dejado muñones o secciones de rama excesivamente largos (de más de 2-3 cm).
- **Debió ser podado?:** Se indica con un "1" si debió ser podado y con "0" si no debió ser podado. Se utilizan como base las variables calidad del árbol, posición sociológica
- **Diámetro con corteza a la altura del pecho (dap):** Este es medido en centímetros, a 1.3 m sobre el nivel del suelo.
- **Diámetro con corteza del muñón máximo (dm):** Este es el diámetro del árbol en el punto donde se encuentra la proyección máxima del fuste o muñón que ha quedado por la poda (Figura 1). Este diámetro del muñón máximo puede ser localizado en cualquier parte a lo largo de la sección del fuste podado y se mide en centímetros.

Cuadro 1. Evaluación de la actividad de la poda, mediante parcela circular con radio 5 m, en una plantación de ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Cartago, Costa Rica.

Arbol	Podado	¿Debió ser podado?	Posición socio-lógica	dap (cm)	dm (cm)	d <sub>i</sub> (cm)	Altura total (m)	Altura de poda (m)	Daños en el fuste	Calidad del árbol	Calidad de poda
1	sí	sí	D	21.4	23.0	22.0	10.0	2.5	2	2	2
2	sí	no	CD	10.6	11.0	10.5	8.0	2.2	2	2	2
3	sí	sí	CD	15.5	16.0	15.5	9.0	2.0	2	2	2
4	sí	no	CD	12.6	13.0	12.5	10.0	2.5	2	2	1
5	sí	no	CD	13.3	14.0	13.5	9.0	2.5	2	2	1
6	sí	sí	D	16.5	16.7	16.4	10.0	2.5	2	2	1
7	sí	sí	CD	13.9	15.8	15.1	9.0	2.2	2	2	2
8	sí	no	I	11.8	13.0	12.5	9.0	2.5	2	2	2
9	sí	no	I	10.2	9.8	9.5	8.0	2.2	2	2	1
X	100%	no = 55% sí = 45%	NA	13.97 ± 1.16	NA	NA	9.11 ± 0.26	2.34 ± 0.06	2	2	1 = 44% 2 = 55%

dm = diámetro de muñón

d<sub>i</sub> = diámetro inferior al muñón

Posición sociológica: D = dominante; CD = codominante; I = intermedio; S = suprimido

NA = no se aplica

- **Diámetro con corteza inferior al muñón (di):** Este es un diámetro sobre la corteza que se mide inmediatamente debajo de donde se midió el diámetro del muñón máximo. Se mide en centímetros (Figura 1).

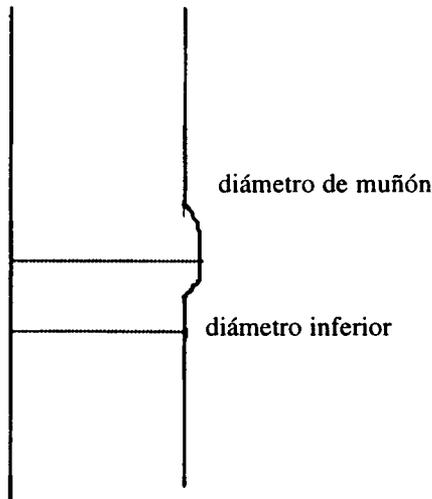


Fig. 1. Medición del diámetro de muñón máximo y el diámetro inferior al muñón.

- **Altura total del árbol (h):** Este es medido en metros.
- **Altura de poda (hp):** Esta es la altura o largo del fuste que ha sido debidamente podado. Se mide en metros.
- **Posición sociológica del árbol:** Dentro de la parcela de muestreo se califica la posición sociológica de cada uno de los árboles según la metodología de Kraft (Rojas 1994): dominante (D), codominante (CD), intermedio (I) y suprimido (S).
- **Daños en el fuste:** Se anotan los daños causados a los árboles por la actividad de la poda, y se califican bajo los siguientes criterios:
  1. **Sano:** Arbol sin daños visibles, sin marcas dejadas por las herramientas, etc.
  2. **Ligeramente dañado:** Con daños ligeros, heridas pequeñas que no ponen en peligro al árbol. Típicamente corres-

ponde a pequeñas marcas o zonas descortezadas del fuste en puntos cercanos al nudo y en número menor o igual a 10% del total de ramas que existían en la troza. Las heridas en tamaño son inferiores al tamaño del nudo.

3. **Severamente dañado:** Árboles con heridas visibles y abundantes en más de un 10% de los sitios donde fueron podadas las ramas. Al menos una herida es mayor en tamaño al nudo más cercano. En casos extremos se pueden apreciar tiras de corteza colgando o secciones descortezadas.

- **Calidad del árbol:** Esta es una variable compuesta que reúne varias características determinantes en la calidad de un árbol, con fines principalmente para producir madera para aserrío. Su uso se ha generalizado y utilizado en el país (Camacho 1995, Torres et al. 1995) mediante la metodología de evaluación de plantaciones forestales (Murillo y Camacho 1992). Se intenta con esta variable el poder identificar a cual de las 4 clases de calidad existentes pertenecen cada uno de los árboles podados y no podados. Ya que normalmente se deberían podar únicamente los árboles de las clases 1 y 2 de calidad.

1. **Calidad 1 (sobresaliente):** Arbol o fuste completamente recto o muy ligeramente torcido (< 5 cm de curvatura/m de fuste), sin inclinaciones del fuste con respecto a un eje vertical, sin ramas y con un diámetro de muñón < 12-15 cm. Ausencia total de plagas y enfermedades, heridas, nudos grandes, grano en espiral, aletones en la base y cola de zorro. Individuos de posición sociológica Dominante o Codominante.
2. **Calidad 2 (normal):** Arbol con el fuste levemente torcido (no más de 5 cm/m de curvatura/m lineal) o levemente inclinado, con presencia de grano en espiral leve (no más de 8cm/m de inclinación) y con ramas que se insertan en el fuste en ángulo

de 60° (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Forestal del Estado Libre de Sajonia 1994). Presencia o evidencia de al menos una rama gruesa (mayor a 3 cm de diámetro) o gran cantidad de ramas delgadas. En especies verticiladas, más de 2 verticilos /m lineal de fuste y/o con más de 4-5 ramas por verticilo. Presencia de aletones basales no pronunciados. Individuos de posición sociológica Dominante o Codominante.

3. **Calidad 3 (defectuoso):** Arbol que presenta al menos una de las siguientes características o condiciones que le permiten un aserrío de tan solo un 50% del fuste: torceduras severas, grano o hilo en espiral, árbol muy inclinado, con bifurcaciones, con aletones basales evidentes y pronunciados, ramas muy gruesas, abundantes o insertando en ángulo de menos de 45°; heridas importantes en el fuste causadas por otras podas anteriores, presencia de ramas viejas, o daños por plagas y enfermedades. Con más de 2 verticilos por metro lineal de fuste y/o con más de 4-5 ramas por verticilo. Individuos de posición sociológica Codominante o Intermedio.

4. **Calidad 4 (árbol no aserrable):** Son aquellos árboles totalmente no aserrables, tanto por sus características físicas como por sus dimensiones (menores a 10 cm de diámetro sin corteza). Su utilidad es exclusiva para leña, en postes rollizos o biomasa. Se incluyen aquí también todos los individuos de posición sociológica Intermedia o Suprimida.

- **Calidad de la poda:** Esta toma en cuenta: a) los daños observados y evidencias de mala ejecución de la poda en el fuste; b) la altura de ejecución de la poda; y c) si la ejecución de la poda se realizó en los árboles de las categorías de calidad 1 ó 2. Se divide en 3 categorías, a saber:

1. **Calidad 1 (excelente):** árbol sin daños, heridas o marcas en el fuste pro-

ducto de la poda. Todas las ramas, acículas u otro material vegetal han sido podados muy cerca del fuste y no se observa ningún muñón pronunciado. La altura de poda corresponde con el largo de las trozas comerciales y el árbol corresponde a la categoría de calidad 1 ó 2, y por lo tanto, correctamente elegido para ser podado. Este tipo de árboles se califican con un 1.

2. **Calidad 2 (aceptable):** árbol con heridas pequeñas producto de la poda que no lo ponen en peligro. Típicamente corresponde a pequeñas marcas o zonas descortezadas del fuste en puntos cercanos al nudo y en un número menor o igual al 10% del total de ramas que existían en la troza. Las heridas en tamaño son inferiores al tamaño del nudo. Se puede observar al menos una rama que ha sido mal podada y ha quedado un pequeño tallo o parte vegetativa visible (menor a 2-3 cm de proyección sobre el fuste), o se observan algunas acículas (en especies coníferas) que aún permanecen. El árbol ha sido podado hasta la altura comercial correcta y por sus características físicas corresponde a un individuo de las categorías de calidad 1 ó 2. Este individuo reciben una calificación de 2.

3. **Calidad 3 (inaceptable):** árbol con heridas grandes, visibles y abundantes producto de la poda. Se refiere a los casos donde el número de heridas es mayor al 10% del total de ramas, o al menos una herida es mayor al tamaño del nudo. Se observa al menos una rama sin podar o mal podada, cuyo muñón se proyecta en más de 2-3 cm sobre el fuste. Se pueden ver en casos extremos tiras de corteza colgando, o numerosas acículas permaneciendo en el fuste. Se incluyen en esta categoría a aquellos árboles podados a una altura menor al tamaño comercial de fuste. También deben incluirse en esta categoría todos aquellos individuos, que a pesar de tener buenos atributos físicos y pertenecer

a las categorías de calidad 1 ó 2, no fueron podados. Así como también los árboles que a pesar de su baja calidad (categorías 3 ó 4) han sido podados. Su calificación es un 3.

## PROCESAMIENTO E INTERPRETACION DE LA INFORMACION

Con la información del Cuadro 1 se puede ir contestando una a una las preguntas planteadas:

### ¿Han sido podados solamente los árboles de la cosecha final?

En este caso la respuesta es definitivamente no. Como se nota en el Cuadro 1 se han podado todos los árboles, inclusive aquellos que poseen la categoría intermedios, según su posición sociológica, los cuales no llegarán a la cosecha final. Estos árboles intermedios representan 22% del total de árboles en pie, que significan en este caso 255 árboles/ha que no debieron haber sido podados. Debe recordarse que en términos generales se deben podar entre 400 y 600/ha. Esto significa que para el caso de esta parcela debieron haber sido podados únicamente los mejores 4 ó 5 árboles (44 al 55%). Entre los individuos restantes se puede observar que los árboles 2 y 5 definitivamente presentan ya un dap y una altura muy inferior al resto del grupo, y que el individuo 4 presenta también un dap por debajo del promedio. Las características anteriores los ubican como claros candidatos a ser eliminados en un próximo raleo. En resumen, con base en esta muestra, se podría decir que se podaron de más entre 540 y 740 árboles/ha.

### ¿Han sido podados los árboles en secciones correspondientes a unidades de comercialización (cada 2.5 m de fuste)?

Debe recordarse que la madera proveniente de plantaciones se comercializa en unidades de 2.5 m de largo. Por tanto, no tiene sentido realizar podas los primeros 1.5 m de fuste y dejar el resto sin podar. A la hora de la cosecha final los resultados de una buena poda se verán en las primeras trozas, esto es desde 0.10 m (altura del tocón) hasta los 2.60 m (troza 1), desde 2.60 m hasta los 5.10 m (troza 2) y sucesivamente. En

promedio, la altura de poda en la plantación fue de 2.34 m, lo que implica que en promedio los árboles no se podaron en secciones correspondientes a las unidades de comercialización (<2.60 m). Solamente un 55% de los árboles fueron podados a una altura correcta. Si se analiza la altura de poda únicamente para los mejores 4 árboles de la parcela (árboles 1, 3, 6 y 7), se puede notar que los árboles 3 y 7 tampoco fueron podados (2.0 y 2.2 con respectivamente) hasta una altura de fuste correspondiente al largo de una troza comercial (2.6 m). Debe enfatizarse que los árboles de mayor calidad de la plantación son precisamente los individuos que se espera cosechar al final de la rotación, por tanto, hay que asegurar que se les realizó la poda hasta la altura correcta. Con este tipo de resultados es evidente que se requiere comentar y capacitar mejor al personal de campo para evitar que continúen podando hasta una altura incorrecta.

### ¿Ha sido realizada la poda en forma correcta?

Para determinar si la poda fue ejecutada adecuadamente se utilizan dos criterios, el coeficiente entre el diámetro de muñón y su diámetro inferior y la variable calidad de poda.

Con el diámetro de muñón y su diámetro inferior se obtiene un coeficiente, el cual no debe superar el valor de 1.10. Este valor indica que el muñón no debe superar en más de un 10% al diámetro del fuste inferior. De lo contrario se estaría perdiendo mucha madera libre de nudos y por lo tanto es imprescindible detener las labores de poda y realizar una acción de capacitación del personal sobre el uso de las herramientas. Así también, se considerará como no aceptable el que en alguno de los árboles muestreados, el diámetro de muñón supere en más de 2.5 cm a su diámetro inferior.

$$\frac{d_m}{d_i} = \text{menor o igual a } 1.1$$

Se tiene entonces como muestra el primer árbol:

$$\frac{d_m}{d_i} = \frac{23\text{cm}}{22\text{cm}} = 1.04$$

En promedio para la parcela se tiene: 1.04 ± 0.0029, lo que implica que con respecto al tamaño del muñón, la poda fue realizada adecuadamente ya que el cociente se sitúa por debajo del valor de 1.1.

Con respecto a la calidad de la poda, los criterios de rechazo son para aquellas muestras donde al menos uno de los árboles haya sido calificado en la categoría 3. Esta categoría se le asigna a todos los casos de poda inaceptable, por tanto corresponde detener las labores y realizar actividades de capacitación. Para esta parcela en ninguno de los casos se calificó un árbol con la categoría 3. Sin embargo, el 56.6% de los árboles presentan una calificación de 2 para la calidad de la poda y el 100% de los árboles presentaron algún tipo de daño pequeño (calificación de 2), lo que implica que es necesario realizar reuniones y capacitar al personal de campo con el fin de disminuir posibles daños mecánicos al fuste producto del inadecuado uso de las herramientas.

### ¿Cuál es el diámetro nudoso promedio de la plantación?

Para obtener el diámetro nudoso de un árbol, deberá primero estimarse el radio nudoso. Este se obtiene a partir del diámetro de muñón como sigue:

- diámetro de muñón  
- dap = diferencia de muñón  
23.0 cm - 21.4 cm = 1.60 cm

Este diámetro de muñón, a pesar de haber sido medido como un valor del diámetro del fuste en un punto, es en realidad una proyección del fuste en una sola de sus caras. Por lo tanto equivale en términos prácticos a un radio máximo nudoso. Deberá entonces sumarse esta diferencia de muñón al valor del radio del dap, para obtener así el radio con nudos.

- diferencia de muñón  
+ radio del dap = radio nudoso  
1.60 cm + 10.7 cm = 12.3 cm

Pero adicional al muñón el árbol formará un callo, que será aún parte del nudo, por lo tanto debe agregarse este valor para estimar correctamente el radio nudoso. El grosor del callo que formará un árbol dependerá de la especie y de la calidad de la ejecución de la poda. Por seguridad se utilizan 2 cm adicionales al muñón, sin embargo, es todo un aspecto a tomar en cuenta en futuros trabajos de investigación.

- radio + 2 cm de callo = radio nudoso  
12.3 cm + 2 cm = 14.3 cm

Por último se obtiene entonces el diámetro nudoso

- radio nudoso X 2 = diámetro nudoso  
14.3 cm X 2 = 28.6 cm

En forma directa el procedimiento sería entonces:

$$d_n = \left[ (d_m - d_{ap}) + \frac{dap}{2} + 2 \text{ cm} \right] \times 2$$

donde:

$d_n$  = diámetro nudoso en cm

$d_m$  = diámetro de muñón en cm

Si se realiza este mismo procedimiento para todos los árboles se obtiene un promedio de  $d_n = 19.5 \pm 1.4$  cm. Puede notarse entonces, que para esta plantación de Ciprés, los primeros 19.5 cm de diámetro con corteza aproximadamente, serán de madera con nudos y a partir de este diámetro se empezará a producirse madera libre de nudos. Como se puede apreciar, una mala poda redundará en un diámetro de muñón muy grande, que se traduce directamente en un mucho menor volumen de madera libre de nudos.

También puede verse que una poda temprana y bien realizada, significará un diámetro nudoso mucho menor. En este caso, la poda fue realizada muy tardíamente y por tanto el diámetro nudoso con corteza es cercano a los 20 cm.

### ¿Ha sido realizada la poda cuando los árboles tenían un diámetro adecuado?

De la relación matemática entre el diámetro y el área basal de un árbol se puede fácilmente ilustrar el efecto de la poda bajo distintos diámetros en el futuro volumen comercial:

$$\text{se tiene que } \text{área basal} = (dap)^2 \times 0.7854$$

entonces si la poda se realiza a un dap de 10 cm y el árbol se cosecha cuando alcance un dap de 30 cm, se tiene que la diferencia entre ambos dap es de tan solo 1/3 (10 cm/30 cm), pero al convertirlos a área basal se produce una relación de 1:9 entre ambos valores:

$$\frac{(\text{dap}_{10})^2 \times 0.7854}{(\text{dap}_{30})^2 \times 0.7854} = \frac{(0.10)^2}{(0.30)^2} = \frac{0.01}{0.09}$$

$$= \frac{1}{9} = 11.1\%$$

En la Figura 2 se puede apreciar que incrementos de 1 a 2 cm en el dap representan un considerable efecto en el área basal (efecto cuadrático) y por ende, en el volumen comercial a cosechar a

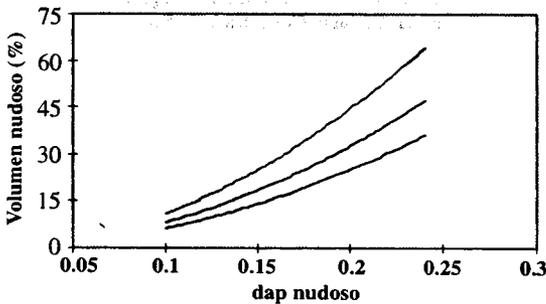


Fig. 2. Relación entre el diámetro nudoso y el porcentaje de volumen con nudos en el volumen total de cosecha, para 3 diámetros de corta diferentes.

futuro. Si el diámetro de corta se aumenta a 35 ó 40 cm, entonces se producirá proporcionalmente una mucho menor contribución del volumen nudoso en el volumen comercial. Para el ejemplo analizado se tiene que el dap promedio con nudos es de alrededor de 20 cm. Si el diámetro de corta se fijara en 30 cm, el volumen con nudos representaría un 44.4%; pero se reduciría a un 32.6% del volumen si el diámetro de corta fuera de 35 cm, y tan solo de un 25% del volumen si el diámetro de corta se ampliara hasta los 40 cm. Como se puede apreciar, el momento oportuno de realización de la poda en realidad estará en función del diámetro final de corta. Mediante análisis con criterios económicos se podría también determinar un límite (umbral) de rentabilidad en relación con una proporción de volumen con nudos permitido. Sin embargo, este tipo de estudios dependerá de la estructura de precios de las distintas calidades de la madera para cada especie y de otras variables financieras. En nuestro medio no se ha realizado aún este tipo de análisis, pero como regla práctica se ha encontrado (Administración Forestal de Hessen 1991), que para una gran cantidad de especies y condiciones el diámetro nu-

doso no debería sobrepasar más de un 1/3 del diámetro de corta. A partir de este criterio, el ejemplo de la plantación de Ciprés muestra una poda realizada muy tardíamente y que posiblemente no retribuya los costos de la actividad.

## COMENTARIOS FINALES

Esta metodología propuesta para la evaluación de podas en plantaciones forestales no ha sido aún suficientemente difundida y validada para otras especies y regiones del país. Sin embargo, esta metodología es de uso simple y genera información de gran valor y de fácil interpretación. Su uso contribuirá sin duda a mejorar la silvicultura del país y en especial, a permitir producir información más sistematizada y comparable entre especies y regiones del país.

De manera especial contribuye esta metodología a mejorar la actividad de la poda forestal. El alto costo y efecto en la productividad y valoración de la plantación forestal de esta actividad, justifica sin duda la pronta utilización de esta metodología.

## LITERATURA CITADA

- ADMINISTRACION FORESTAL DEL ESTADO DE HESSEN 1991. Poda forestal (traducido). Boletín 3. Hann. Münden, Alemania. 26 p.
- ASAMBLEA LEGISLATIVA DE COSTA RICA. 1994. Proyecto de ley "CULPA". Ottón Solís. 22 p.
- CAMACHO, P. 1995. Evaluación de la calidad de plantaciones forestales en la Región Huetar Norte de Costa Rica. COSEFORMA. Documento de Proyecto No. 43. Alajuela, Costa Rica. 75 p.
- CAMARA COSTARRICENSE FORESTAL. 1995. Propuesta de proyecto. "Mejoramiento genético y semillas forestales. Presentado a FUNDECOOPERACION para el desarrollo sostenible. San José, Costa Rica. 62 p.
- CAMACHO, P.; MURILLO, O. 1992. Propuesta metodológica para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales. Primer Taller Nacional de la Evaluación de la Calidad de Plantaciones Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Depto. de Ing. Forestal. Cartago. sp. mimeo.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y FORESTAL DEL ESTADO LIBRE DE SAJONIA. 1994. Medición y clasificación de madera (traducido). Dresden, Alemania. 96 p.

MURILLO, O. 1991a. Metodología para el control de la calidad en plantaciones forestales. *Tecnología en Marcha* 11(1):19-30.

MURILLO, O. 1991b. Características y perspectivas de la materia prima proveniente de plantaciones forestales en Costa Rica. In V Simposio de Ingeniería en Maderas. Noviembre 1991. San José, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Depto. de Ing. en Maderas. Cartago, Costa Rica.

MURILLO, O.; CAMACHO, P. 1992. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales. In II Congreso Forestal Nacional. 25-27 Nov. 1992. San José, Costa Rica: p. 40-42.

MURILLO, O. 1993. Perspectivas del manejo de plantaciones forestales en Costa Rica. In IX Congreso Agronómico Nacional. Octubre 1993, San José, Costa Rica.

MURILLO, O.; CAMACHO, P. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. *Agronomía Costarricense* 21(2): 181-198.

ROJAS, F. 1994. *Manual del Silvicultor*. Centro de Información Tecnológica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

TORRES, G.; LUJAN, R.; PINEDA, M. 1995. *Diagnóstico Técnico del Proceso de Producción Forestal en plantaciones de pequeña escala en Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Depto. de Ing. Forestal. Centro de Investigaciones en Integración Bosque Industria. Cartago, Costa Rica. 105 p.



Fig. 1. Relación entre el área de la copa y el volumen en plantaciones de pequeña escala.

El estudio de la calidad de la materia prima forestal es un tema de gran importancia para el sector forestal costarricense. Este artículo presenta los resultados de un estudio de campo realizado en una plantación forestal de pequeña escala en Costa Rica. El objetivo principal del estudio fue evaluar la calidad de la materia prima forestal producida en esta plantación. Para ello se realizaron mediciones de densidad, altura y diámetro de los árboles, así como mediciones de volumen y área de la copa. Los resultados indican que la calidad de la materia prima forestal producida en esta plantación es buena, lo que permite su uso en una variedad de productos forestales. Sin embargo, se recomienda continuar con el estudio de la calidad de la materia prima forestal en otras plantaciones forestales de pequeña escala en Costa Rica, con el fin de mejorar la calidad de la materia prima forestal producida en estas plantaciones.

El estudio de la calidad de la materia prima forestal es un tema de gran importancia para el sector forestal costarricense. Este artículo presenta los resultados de un estudio de campo realizado en una plantación forestal de pequeña escala en Costa Rica. El objetivo principal del estudio fue evaluar la calidad de la materia prima forestal producida en esta plantación. Para ello se realizaron mediciones de densidad, altura y diámetro de los árboles, así como mediciones de volumen y área de la copa. Los resultados indican que la calidad de la materia prima forestal producida en esta plantación es buena, lo que permite su uso en una variedad de productos forestales. Sin embargo, se recomienda continuar con el estudio de la calidad de la materia prima forestal en otras plantaciones forestales de pequeña escala en Costa Rica, con el fin de mejorar la calidad de la materia prima forestal producida en estas plantaciones.