



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Evaluación del efecto combinado de altura inicio y frecuencia de podas sobre la magnitud del DOS, en un ensayo de *Pinus radiata* D. Don., ubicado en la VIII Región.**

Patrocinante: Sr. Mario Meneses.

Trabajo de Titulación presentado como parte de los requisitos para optar al Título de **Ingeniero Forestal**.

**LILIANA PILAR VILLALOBOS SANTOS**

VALDIVIA  
2005

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Mario meneses	<u>6,0</u>
Informante:	Sra.Rosa Maria Alzamora	<u>5,9</u>
Informante:	Sra. Alicia Ortega	<u>5,8</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

---

Sr. Mario Meneses

## *AGRADECIMIENTOS*

A mis padres...

Gracias por prepararme  
para el largo camino de la vida

## *DEDICATORIA*

Quiero dedicar este trabajo a mi familia, que gracias a su apoyo, comprensión, dedicación y amor, he logrado terminar una etapa más de mi vida, aún me quedan bastantes, a lo mejor, muchas de ellas serán sueños, pero me alegra saber que siempre contaré con ustedes para lo que sea, por esto, quiero decir gracias Papá, Mamá, Javier, Pablo y Belén... ¡Los amo mucho!

A mis profesores que ayudaron a concretar este trabajo, gracias por su ayuda, a Mario Meneses por la paciencia que tuvo con mis dudas, a Rosa Alzamora por su constante alegría y siempre dando ánimo y a la profesora Alicia Ortega por su gran disposición a explicar y enseñar aunque tenga muchas cosas que hacer. Por todos los conocimientos compartidos les digo ¡Gracias profesores!

A mis amigas del alma, Caya, Yuyo y Maby, ustedes saben...ya son 15 años de amistad y espero que queden muchos más, estuvieron a mi lado en las etapas más lindas de mi vida, ahora que cada una ha ido formando su propio camino, les digo: fuerza ante la adversidad, siempre las llevo en mis pensamientos...¡Las quiero mucho!

No puedo dejar de nombrar a mis amigos de la universidad, gracias a ellos la vida del estudiante fue más grata, como olvidar las tallas, las salidas a terrenos, las reuniones, como también las horas de traspas por estudiar o hacer informes...con ustedes fue más placentera la estadía en la Universidad así es Kuky, Hugo, Pito, Novi, Juane y Susy, les digo "vamos que se puede"... Los quiero mucho!!!!...Gracias por todo chiquillos!!!!

A mis amigos Katty y Henry, les agradezco por todo, sería muy largo detallar, pero quiero decir que en estos años en la carrera me dio la oportunidad de conocer a Katty y de ser amigas...ahora esta amistad se ha duplicado y también a traído a un nuevo integrante...al Henry. Gracias por hacerme sentir en casa, por darme ánimo y buenos consejos, siempre con una sonrisa dispuestos a ayudarme o acompañarme...Los quiero a los dos mucho!!!!

## RESUMEN EJECUTIVO

En este estudio se analizó cuatro parcelas provenientes de un ensayo de manejo intensivo en *Pinus radiata* D. Don, perteneciente a la empresa Forestal Minínco, ubicada en la Octava Región. Tres parcelas poseen diferentes tratamientos de poda y uno corresponde al tratamiento testigo que no posee manejo. Estos tratamientos corresponden a diferentes combinaciones de altura inicio de manejo con el número de podas.

El objetivo principal de este estudio es evaluar el efecto del manejo combinado sobre la magnitud del diámetro sobre muñón (DOS), para una altura de poda objetivo de 5.5 metros, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, que son los que llegarán a la cosecha final.

Con la información obtenida de la base de datos y siguiendo la metodología, se determinó el diámetro máximo sobre muñón (DMSM), el comportamiento del diámetro sobre muñón parcial (DOS), el comportamiento de éste con respecto a la variable diámetro altura pecho (Dap), comparaciones entre las variables diámetro altura pecho con altura total y la periodicidad de poda para cada tratamiento.

Obteniendo en este estudio, como resultado para todos los tratamientos, que la mayor dimensión del DOS parcial es encontrada en la primera poda, señalando además, que los siguientes levantes de poda se realizaron en forma apresurada.

El mayor diámetro máximo sobre muñón, lo alcanza el tratamiento que posee dos podas con una altura de inicio de manejo de 9 metros, en cambio, el menor DMSM es conseguido por el tratamiento que tiene cuatro podas con una altura de inicio de manejo de 7 metros.

En lo que respecta al análisis comparativo de las variables dasométricas, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa, en que existe al menos una diferencia significativa entre los tratamientos para las variables Dap y altura total.

Finalmente se concluye que la altura total del árbol, es una variable que determina la oportunidad de poda y que junto a un mayor número de levantes, se logra minimizar el tamaño del diámetro sobre muñón.

*Palabras claves:* *Pinus radiata*, diámetro sobre muñón, régimen de podas, madera libre de nudos,

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 La poda	3
2.2 Diámetro sobre muñón (DOS)	4
2.3 Efecto del régimen de podas	6
2.3.1 Altura de poda	6
2.3.2 Altura de inicio de podas	7
2.3.3 Edad y frecuencia de podas	8
2.4 Ejecución de la poda	9
2.4.1 Métodos de selección	9
2.4.2 Criterios de selección	9
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	11
3.1 Material	11
3.1.1 Base de datos	11
3.1.2 Descripción de los tratamientos	12
3.1.3 Esquema de podas	13
3.1.4 Mediciones e intervenciones	13
3.1.5 Descripción del clima y suelo	13
3.2. Método	14
3.2.1 Caracterización de las prácticas de manejo	14
3.2.2 Comportamiento del diámetro sobre muñón (DOS)	15
3.2.3 Análisis comparativo de las variables Dap y altura total	16
3.2.4 Periodicidad de poda	16
4. RESULTADOS	17
4.1 Caracterización de las prácticas de manejo	17
4.2 Comportamiento del diámetro sobre muñón (DOS)	18
4.2.1 Comportamiento del DOS parcial	18
4.2.2 Comportamiento del DOS con respecto al Dap	20
4.3 Análisis comparativo de las variables Dap y altura total	22
4.3.1 Diámetro altura pecho (Dap)	22
4.3.2 Altura total	23
4.4 Periodicidad de poda	24
5. DISCUSION DE RESULTADOS	26
5.1 Caracterización de las propiedades de manejo	26

5.2	Diámetro sobre muñón	27
5.2.1	Comportamiento del DOS parcial	27
5.2.2	Comportamiento del DOS con respecto al Dap	29
5.3	Análisis comparativo de las variables Dap y altura total	29
5.4	Periodicidad de poda	30
6.	CONCLUSIONES	32
7	BIBLIOGRAFÍA	34
	ANEXOS	37
1	Abstract y Keywords	
2	Estadísticos descriptivos para DMSM y altura DMSM	
3	Tabla de análisis de varianza	
4	Diferencias de medias de las variables Dap y altura total	
5	Test de tukey	

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Estadística descriptiva de las parcelas antes de ser intervenidas	12
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos	12
Cuadro 3. Fecha de ejecución de podas	13
Cuadro 4. Valores anuales para algunos parámetros climáticos	13
Cuadro 5. Descripción de la serie Human	14
Cuadro 6. Descripción de la serie Collipulli	14
Cuadro 7. Estadística descriptiva de las variables dasométricas en el momento de la primera intervención de poda	17
Cuadro 8. Estadística descriptiva de las variables dasométricas en la última fecha de medición	17
Cuadro 9. Estadística descriptiva de las variables dasométricas en la edad de término de manejo para cada tratamiento	17
Cuadro 10. Estadística descriptiva de la variable Dap (cm), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, en la edad de término de manejo para cada tratamiento	18
Cuadro 11. Estadística descriptiva de la variable altura total (m), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, en la edad de término de manejo para cada tratamiento	18
Cuadro 12. Estadística descriptiva de la variable altura de poda (m), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, en la edad de término de manejo para cada tratamiento	18
Cuadro 13. Diámetro sobre muñón (cm) promedio para el tratamiento H9-2P	19
Cuadro 14. Diámetro sobre muñón (cm) promedio para el tratamiento DOS19	19
Cuadro 15. Diámetro sobre muñón (cm) promedio para el tratamiento 7H-4P	19
Cuadro 16. Diámetro máximo sobre muñón (cm) promedio y altura del diámetro máximo sobre muñón (m) promedio por tratamiento	20
Cuadro 17. Análisis de varianza para el MDSM	20
Cuadro 18. Tabla de análisis de varianza para la variable Dap (cm), en la tercera medición (6.1 años)	23
Cuadro 19. Test de Tukey para la variable Dap, correspondiente a la tercera medición (6.1 años)	23
Cuadro 20. Tabla de análisis de varianza para la variable Dap (cm) en la	

	tercera medición, para los tres tratamientos con manejo	23
Cuadro 21.	Test de Tukey para la variable Dap correspondiente a la tercera medición, para los tres tratamientos con manejo	23
Cuadro 22.	Tabla de análisis de varianza para la variable altura total (m), en la tercera medición	24
Cuadro 23.	Test de Tukey para la variable altura total correspondiente a la tercera medición	24
Cuadro 24.	Tabla de análisis de varianza para la variable altura total (m) en la tercera medición, para los tres tratamientos con manejo	24
Cuadro 25.	Test de Tukey para la variable altura total correspondiente a la tercera medición, para los tres tratamientos con manejo	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.	Diámetro sobre muñón (DOS)	4
Figura 2.	Poda tardía y poda a la edad correcta	8
Figura 3.	Ubicación del predio Marimán	11
Figura 4.	Comportamiento del DOS y altura de poda según intervención y tratamiento	20
Figura 5.	Comportamiento del DOS con respecto al Dap para el tratamiento H9-2P	21
Figura 6.	Comportamiento del DOS con respecto al Dap para el tratamiento DOS19	21
Figura 7.	Comportamiento del DOS con respecto al Dap para el tratamiento H7-4P	22
Figura 8.	Periodicidad de podas (meses)	25

## 1. INTRODUCCION

La poda como técnica de mejoramiento de la madera, es una práctica común en rodales de *Pinus radiata* en Chile, siendo su objetivo reducir los nudos de la madera e incrementar el producto de madera libre de nudos de alta calidad.

El manejo intensivo de poda para plantaciones de *P. radiata*, tanto la altura de inicio de manejo como el número de podas, afecta el comportamiento y magnitud del diámetro del cilindro con defectos, el cual es determinado por el tamaño del diámetro sobre muñón para cada levantamiento de poda. Estas operaciones tienen influencia en la pérdida del incremento del diámetro luego de ser realizadas, por eso debe ser una consideración importante al elegir un régimen de poda (Knowles et al., 1987).

Una variable preponderante en la decisión de la oportunidad de poda es el diámetro sobre muñón (DOS), que es el diámetro del fuste a la altura de un verticilo determinado que ha sido podado (Knowles et al., 1987). La importancia de mantener esta variable en su menor dimensión posible en relación al diámetro final del árbol, es que esta restringe el tamaño del diámetro del cilindro con defectos, así, a medida que este último sea menor y el diámetro final mayor, la producción de madera libre de nudos va a ser favorecida.

Como consecuencia de una tardía iniciación de poda en los bosques de *P. radiata* que están siendo cosechados actualmente se puede apreciar una producción de madera libre de nudos poco satisfactoria en relación a lo que se esperaba. Es así, como en la actualidad, el sector forestal chileno ha incrementado la aplicación de regímenes silviculturales alternativos, con el propósito de aumentar la producción de madera aserrada de calidad. Esta tendencia se mantendrá en la medida que el mercado siga privilegiando productos aserrados de alta calidad.

Para realizar este estudio se analizará un ensayo de manejo intensivo en *P. radiata*, ubicado en la Octava Región en una zona de alta productividad, en el cual se considera tres tratamientos con distintos manejos más un tratamiento testigo. El objetivo principal es evaluar el efecto combinado de altura inicio de manejo y frecuencia de podas sobre la magnitud del diámetro sobre muñón (DOS), para una altura de poda objetivo de 5.5 m. Para esto, es necesario desarrollar los siguientes objetivos específicos:

- a) Caracterizar el ensayo en términos de las propiedades de sitio, clima y manejo.
- b) Analizar comparativamente entre tratamientos las variables altura y diámetro altura de pecho (DAP).
- c) Evaluar la periodicidad de las podas de acuerdo a un DOS objetivo.

Para poder lograr los objetivos aquí planteados, se examinarán las variables medidas, tanto la altura de poda como el diámetro sobre muñón, en sus respectivas fechas de ejecución de podas para cada tratamiento.

El alcance de esta tesis es determinar cual es el régimen de poda apropiado para obtener un diámetro sobre muñón conveniente, de modo de optimizar la producción de madera clear en una zona de alta productividad para *P. radiata*.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 La poda

La especie *P. radiata* tiene la tendencia de mantener las ramas en el fuste incluso mucho después de que éstas han muerto, si no es así, las ramas permanecen verdes durante muchos años, mientras tanto el crecimiento diametral del árbol ha incorporado al fuste tanto la porción viva como muerta de la rama generando una zona nudosa que descalifica la madera para ciertos usos.

Cuando las ramas secas permanecen en el tronco se forman nudos muertos o saltadizos que inutilizan la madera para el aserrío. Las ramas verdes generan grandes nudos vivos que impiden determinados usos de eficiencia y estructurales de la madera, depreciando su valor.

Es por esto, de la importancia de la poda artificial, que puede definirse como la extracción o eliminación de las ramas que no influyen en forma efectiva en el desarrollo de los árboles, con el objetivo de mejorar la calidad de la madera. Maclaren (1993) explica que ésta técnica consiste en la remoción de ramas vivas, a su vez limpia el fuste, promoviendo con esto el desarrollo de madera libre de nudos.

Aunque algunos de los objetivos de esta actividad puede ser proporcionar protección contra el fuego, dar el mejor acceso y movilidad al rodal, facilitar el control de plagas y/o enfermedades, no cabe duda que la razón predominante de podar, es maximizar la producción de madera libre de nudos y restringir la inevitable zona nudosa a un diámetro mucho menor del que se encuentra en condiciones naturales (Fenton, 1968 citado por Musante, 1988).

La mejor época de realización de la poda es durante el período de receso vegetativo, cuando el cambium está inactivo y la corteza no se desprende con facilidad. Además en coníferas, el flujo de resina es mas lento en la estación de dormancia disminuyendo las posibilidades de formación de bolsas de resina y el callus se forma más rápidamente, durante la siguiente estación de crecimiento, acortando el período de exposición de la herida al ataque de plagas y enfermedades (Hawley y Smith, 1972).

Una ventaja de la poda es su efecto sobre la forma más cilíndrica del fuste, debido a que la poda restringe el tamaño de la copa, por lo tanto se disminuyen temporalmente el ancho de los anillos de crecimiento en la porción baja del fuste, limitando el crecimiento diametral, provocando a su vez el aumento de la densidad de la madera.

La principal desventaja de la poda es la alta inversión que se requiere en relación al largo del período de retorno que ésta presenta. Otros problemas que pueden producirse en la poda son: daños y desclasificación por mala ejecución de la poda, ataque de agentes patógenos aprovechando las heridas dejadas por la poda que

pueden contribuir al aumento del diámetro del cilindro con defectos, y frecuentemente, pérdidas de dominancia en relación a sus vecinos no tratados, lo cual implica una pérdida del crecimiento (Orellana, 1979).

Para contrarrestar el efecto no deseado en árboles podados, como la pérdida de dominancia, es aconsejable combinar la operación con un raleo a fin de eliminar este efecto, minimizando así las pérdidas de incremento en diámetro.

En general cualquier deficiencia en las características técnicas de la realización de la poda, se manifestará en una mayor dificultad de cicatrización de los nudos, y por ende significará un mayor aporte al tamaño del diámetro del cilindro con defectos.

## 2.2 Diámetro sobre muñón (DOS)

El diámetro sobre muñón, según como su nombre lo indica, es el diámetro del fuste a la altura de un verticilo determinado que ha sido podado (figura 1). Es el resultante de sumarle al diámetro del fuste el engrosamiento producido por la base de las ramas (Olivares y Meneses, 1985). Por ello influyen en su determinación promedio, el tamaño del árbol (Dap) y la altura de poda (Meneses y Velasco, 1990 citados por Velasco, 1992)

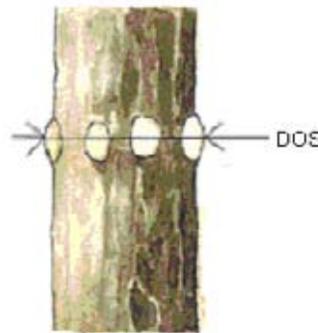


Figura 1. Diámetro sobre muñón (DOS)

Park (1980) y Knowles (1970), entre otros, citados por Olivares y Meneses (1985), consideran también otras variables tales como: altura total, diámetro de las ramas en el verticilo correspondiente. Según Whitside (1962), explica que el efecto del tamaño de las ramas sobre el DOS es doble, por que grandes ramas traen como consecuencia gran protuberancia de los nudos y gran longitud del muñón después de la poda. Velasco (1992), destaca que los diámetros de ramas presentes en las plantaciones de nuestro país, son mucho menores a los encontrados en Nueva Zelanda, por lo tanto, este doble efecto no tendría mayor incidencia.

Esta variable se usa para indicar la extensión máxima del muñón y estimar la calidad de las trozas podadas, por lo tanto, debido a la importancia que adquiere el tamaño del DOS en la producción de madera libre de nudos, muchos autores lo consideran como un factor preponderante en la decisión de la oportunidad de poda. Es así como Knowles et al., (1987), establece que al momento de realizar la poda el DOS no debería exceder los 14 a 18 cm si se quiere maximizar la producción de madera clear.

Park (1982), establece que una operación de poda que proporcione un DOS menor a 13 centímetros es muy extraño y difícil de obtener, y un DOS mayor a 30 cm es el resultado de una operación atrasada.

En estudios teóricos realizados por Fenton et al. (1963), se concluyó que el tamaño del corazón nudoso tiende a incrementarse en cada levante de poda. Sin embargo Sutton y Crowe (1973), apoyados en resultados de varios ensayos, establecieron que el máximo corazón nudoso en la mayoría de los tratamientos, ocurre en el segundo levante.

La importancia en mantener al menor tamaño posible el diámetro sobre muñón en relación al diámetro final del árbol, es que éste, restringe el tamaño del diámetro del cilindro con defectos. Este se define según Park (1982), como el cilindro que contiene médula, muñones y cicatrices de oclusión.

Olivares et al (1985b) menciona que las características que influyen sobre el diámetro del cilindro con defectos están el diámetro sobre muñón, variable que depende de características inherentes al árbol (edad, diámetro a la altura de pecho, diámetro de rama), así como de la técnica de poda empleada (fundamentalmente tipo de equipo).

Olivares et al., (1985a), al desarrollar modelos de predicción para el diámetro del cilindro con defectos prueban básicamente dos tipos de relaciones funcionales:

- Utilizando como variables predictivas el diámetro máximo sobre muñón (DMSM) y la profundidad de oclusión.
- Utilizando como variable predictiva única el diámetro máximo sobre muñón, con resultados altamente adecuados. La relación entre el diámetro del cilindro con defectos y el diámetro sobre muñón es de tipo lineal simple y con un alto coeficiente de relación.

La mayoría de los autores coinciden en que para lograr un buen nivel de de producción de madera libre de nudos, el DCD debe poseer una media entre los 18 – 22 cm, lo que significa un DMSM entre los 13 – 16 cm.

Si la frecuencia e intensidad de poda es convenientemente programada, el diámetro máximo sobre muñón de cada levante debiera ser similar.

## 2.3 Efecto del régimen de podas

### 2.3.1 *Altura de poda*

Brown (1963) señala que diversos investigadores han observado dos niveles de copa verde en rodales adultos. Un nivel superior en el cual las ramas son vigorosas y reciben luz directa, y un nivel inferior donde su apariencia es débil y en gran parte sombreada. Si la poda se realiza en el nivel inferior no tendrá efectos adversos y si el rodal permanece con la misma densidad, un nuevo desarrollo de copa sombreada permitirá repetir el proceso.

La mayor potencialidad para producir madera clear, se encuentra en la troza basal del árbol. Las podas posteriores a las necesarias para producir sólo la troza basal podada retardan el crecimiento global del árbol, y especialmente el crecimiento en diámetro, sin compensar esta reducción con la formación de madera clear en la troza superior. Es en relación a estos antecedentes que se recomienda que la producción de madera clear se circunscriba sólo a la troza basal, restringiendo la poda a una altura no mayor a los 5,5 metros (Meneses y Guzmán, 2000).

Según James et al., (1970), han mostrado que para la producción de trozas aserrables, desde árboles podados, sobre el 70% del valor del árbol está contenido en los primeros 12 metros del fuste. Por lo tanto, la concentración de la poda se debe basar en la parte baja – media del fuste, donde se produce madera más gruesa y de mejor calidad.

En general, para que una poda se justifique es imprescindible que ella cubra en su totalidad el largo comercial de una troza, o, en su efecto, que la poda siguiente no determine un diámetro máximo sobre muñón superior a la poda anterior (Meneses y Velasco 1992).

El hecho de remover un determinado porcentaje de copa viva produce pérdidas de dominancia en los árboles tratados, situación que se va agravando con el aumento de la severidad de la poda. En relación a esto, Brown (1963) señala que de un tercio a un medio de la copa viva puede ser removida con pocas pérdidas permanentes de crecimiento.

La proporción de árboles con ramas epicórnicas, por otra parte, aumenta con la severidad y frecuencia de las podas.

Existe una relación entre el porcentaje de remoción de área verde, y la pérdida de incremento en altura, área basal y volumen. Sin embargo, y de acuerdo a antecedentes neozelandeses, es preferible podar más, que podar menos, es decir, en caso que se tenga un verticilo dudoso, es mejor eliminarlo. Lo importante es reducir al máximo el cilindro con defectos sacrificando, si es preciso, algo de incremento (Velasco, 1992).

Se reconocen dos procedimientos para alcanzar la altura de poda deseable, estas son:

- Poda de levante fijo: en el cual todos los árboles seleccionados reciben la intervención de poda correspondiente sin considerar el tamaño del árbol.
- Poda de levante variable: considera el tamaño del árbol y consiste en remover, en cada oportunidad, tal cantidad de copa que su longitud restante corresponda a una proporción fija con respecto a la altura total del árbol.

Actualmente se ha implementado ésta última técnica para optimizar la actividad de poda, destinada a evitar sobrepodar los árboles más pequeños o podar con poca intensidad los árboles de mayores dimensiones.

Koehler (1984), califica la poda variable como un procedimiento flexible, que produce una distribución regular de la severidad de poda, reduce el diámetro sobre muñón de los árboles más grandes, disminuye la variabilidad del diámetro sobre muñón del rodal y del árbol, reduce el tamaño de las ramas y genera un crecimiento más homogéneo del rodal.

Según Sutton y Crowe (1973), la ventaja de ésta técnica consiste en disminuir la variabilidad en el tamaño de la copa de los árboles y obtener un DCD significativamente menor.

### *2.3.2 Altura de inicio de las podas*

En general la primera poda se realiza cuando las ramas más bajas de los árboles del rodal empiezan a tocarse, situación que, dependiendo del sitio, se produce a los 4 a 6 años. Sin embargo, un mejor indicador es cuando el rodal alcanza 5 a 6 metros de altura dominante.

Si la poda es oportuna, se evitará que las ramas alcancen un tamaño que afecte el diámetro del cilindro con defecto que se desea y, además la variación de su tamaño será más pequeña cualquiera sea su densidad (James et al. 1970).

Sutton y Crowe (1975), describe que sus resultados confirman que el tamaño de la parte central nudosa estaba relacionado con la altura del árbol al momento de la operación. Un aumento de 1 metro en la altura del árbol cuando fue podado equivalía a un aumento de 1,5 centímetros en el diámetro de la parte central nudosa, lo que indicaba la importancia de una poda a su debido tiempo.

Lo anterior resalta la importancia de la oportunidad de poda para controlar el diámetro sobre muñón y el efecto notable del crecimiento en altura en el tamaño de las ramas.

### 2.3.3 Edad y frecuencia de las podas

Estas variables son fundamentales para controlar el DOS, y por lo tanto obtener mayor producción de madera libre de nudos. Es decir los levantes posteriores, hasta alcanzar la altura de poda deseada, deben ejecutarse con una frecuencia tal que impidan el crecimiento desmedido de las ramas, de forma que su remoción no anule al DOS dejado por el levante anterior.

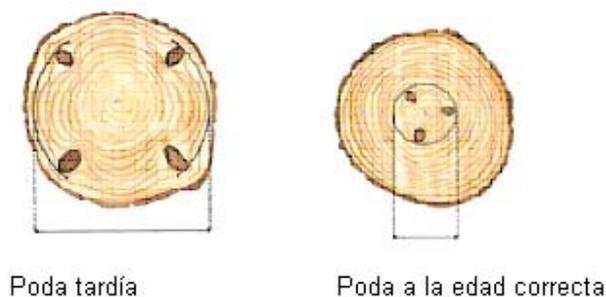


Figura 2: Poda tardía: gran porcentaje de madera con nudos. Poda a la edad correcta: nudos concentrados en el núcleo central del tronco, buen porcentaje de madera sin nudos.

Fry (1979), afirma que el tamaño de la parte central disminuye a medida que se aumenta la intensidad y frecuencia de la poda.

Knowles (1995), explica que al atrasar la poda da como resultado un mayor DOS, debido a que el tamaño de las ramas es relativo para cada edad del árbol. Según Meneses y Guzmán (2000), se aprecia el efecto negativo de atrasar la segunda poda en un año; en estos casos el diámetro del cilindro con defectos sube considerablemente, en especial en sitios muy buenos en donde éste alcanza casi 4 centímetros más por un año de atraso de poda. En general se detecta que la producción de madera libre de nudos se potencia con la aplicación de podas tempranas y frecuentes.

Estos mismos autores en un estudio de esquemas silviculturales, recomiendan para los sitios buenos ( $IS \geq 32$  m) podas tempranas y frecuentes. La primera poda alrededor de los 5 años, cuando el rodal alcanza un diámetro de los individuos que quedarán para la cosecha final de alrededor de 12 cm, la segunda y siguientes podas deben ser realizadas con una periodicidad no mayor a un año. En sitios muy buenos un año para la segunda poda es mucho tiempo, para controlar el tamaño del diámetro sobre muñón.

Si se toma en cuenta la altura de poda, Meneses y Velasco (1992), concluyen que la primera poda es determinante en el resultado final. Podas a baja altura, obligan a acelerar la realización de la segunda poda, convirtiéndose ésta en una actividad anual hasta lograr la altura deseada de poda. Por otro lado, si con la primera poda se

obtiene un producto comercial, las podas siguientes se convierten en actividades independientes de la primera.

Las técnicas actuales de poda en plantaciones de *P. radiata* se basan en elegir el momento de efectuar la operación en función del diámetro alcanzado en el verticilo donde se insertan las ramas que se deben podar y no por la edad. Así, se pretende que el grosor del núcleo defectuoso dentro de los árboles sea aproximadamente el mismo a diferentes alturas del tronco.

## **2.4 Ejecución de la poda**

### *2.4.1 Métodos de selección*

Un índice de eficiencia que permite identificar el mejor método de selección es el dado por la relación entre el número de árboles seleccionados de características deseables y el número total de árboles seleccionados.

En Nueva Zelanda, los métodos de selección más usados son elegir el (los) mejor (es) de: 1 entre 2; 1 entre 3; 1 entre 4; 2 entre 4. Un estudio comparativo de estos métodos realizados por Sutton (1971), muestra que el 2 entre 4, es el método más eficiente para ser aplicado.

La distribución espacial es de importancia secundaria en relación a la calidad del individuo y nunca debe seleccionarse un árbol de mala calidad para mantener su espaciamiento.

### *2.4.2 Criterios de selección*

Respecto de la forma, Sutton y Crowe (1973), observaron que el 50% de los árboles considerados inaceptables cuando el rodal tenía 5 metros, era debido a la mal formación de la flecha terminal, estos superaron el defecto al alcanzar los 12,5 metros de altura. Lo anterior implica que la malformación de la flecha es menos importante que aquella en la parte baja del fuste por su carácter permanente y su contribución al aumento del DCD, a la reducción de la producción de madera limpia y el rendimiento de aserrío.

Por lo anterior Sutton y Crowe (1973), concluyen que el orden de prioridad en la selección debiera ser: rectitud del fuste, condición de la flecha, vigor y dominancia relativa.

Los criterios de selección propuestos por CENACAF (1984) son, en orden de prioridades, los siguientes:

- Dominancia y calidad sanitaria: Dominantes y codominantes, descartando aquellos de follaje clorótico, daños en corteza, ápice muerto, exudación de resina, presencia de plagas y enfermedades.

- Condición de la flecha: Desechar aquellos con flecha retorcida, bifurcada, inclinada, multiflechada.
- Tolerancia en la forma: Bifurcación sobre la altura de poda final, señalando tolerancia para inclinación, curvatura y torcedura basal.
- Largo internudos: Seleccionar aquellos con internudos más largos por el mayor rendimiento de la faena y mayor volumen de madera libre de nudos en la totalidad del cilindro que comprende el internudo.
- Tamaño, ángulo y número de ramas: Si no hay otra alternativa es preferible podar aquellos con mayor cantidad de ramas pero de menor tamaño. Seleccionar aquellos cuyas ramas se aproximen más al ángulo recto con respecto al eje fustal.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACION

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Base de datos

La información necesaria para el desarrollo del presente estudio se obtuvo a partir del proyecto Manejo Intensivo, del ensayo de “Altura de inicio de manejo y número de podas” en *Pinus radiata* D. Don, perteneciente a la empresa Forestal Minínco, ubicado en una zona de alta productividad para esta especie (zona Negrete, VIII Región).

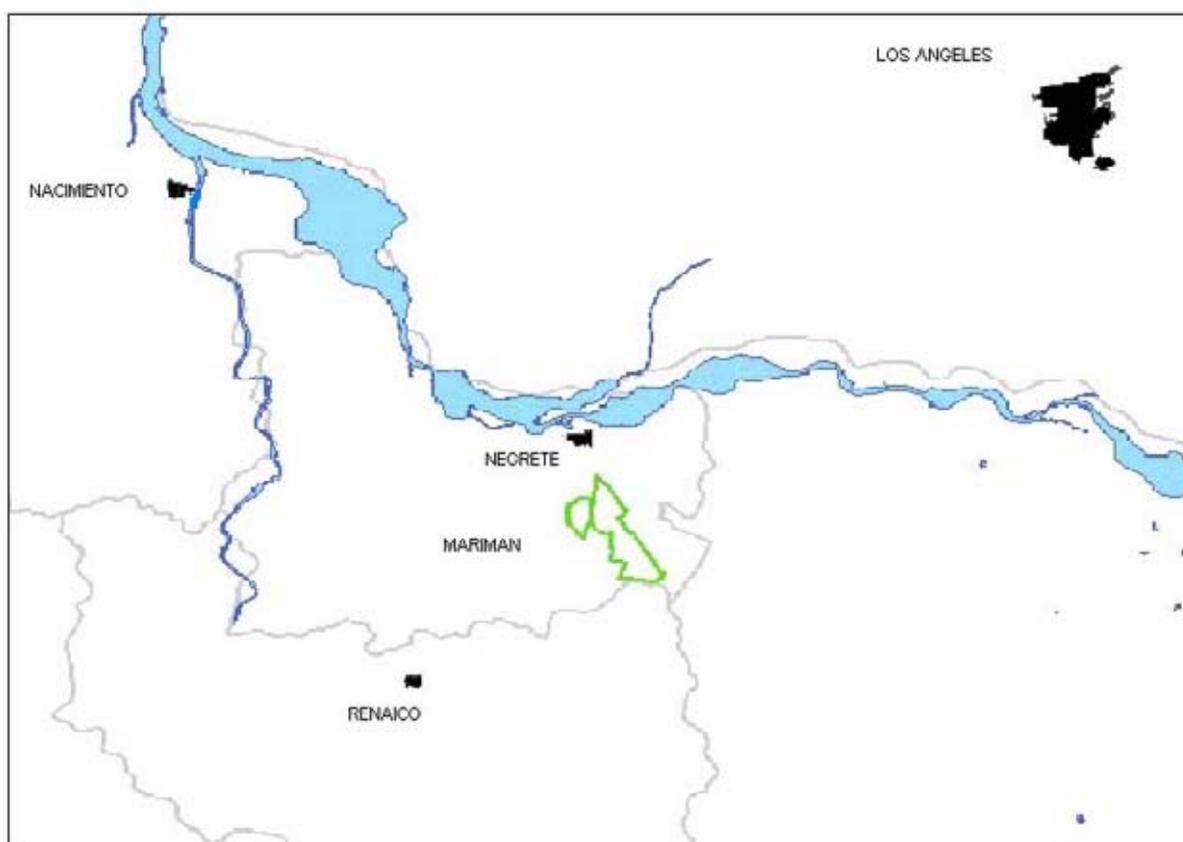


Figura 3. Ubicación del predio Marimán

El rodal fue plantado en el fundo Marimán el año 1997, con un espaciamiento de 2 x 5 m. El establecimiento del ensayo se realizó el año 2001 con fecha de término para el año 2015. Este ensayo ocupa una superficie total de 3,0 hectáreas. Cada parcela tiene una superficie nominal de 1000 m<sup>2</sup> (31,6 \* 31,6 m), con un área buffer de 10 m.

El ensayo en total constituye una población muestral de 11 parcelas. Para la elección de los 4 tratamientos a estudiar, se consideró dos aspectos: el primero es la frecuencia de podas para una altura de poda objetivo óptima en función de controlar el DOS y el segundo aspecto es que a mayor frecuencia de podas genera mayores costos. En el cuadro 1 se observan los estadísticos descriptivos de las parcelas antes de ser intervenidas a una edad de 4.4 años.

Cuadro 1: Estadística descriptiva en las parcelas antes de ser intervenidas.

Parcela	Nº árboles/ha	Dap (cm.)				Altura Total (m)			
		Prom.	Máx.	Min.	STD*	Prom.	Máx.	Min.	STD*
3	770	12,7	17	6,3	1,9	7,7	9,9	5,1	0,9
4	820	11,9	17	3,3	2,7	7	9	3,1	1,1
6	880	11,3	15,3	5,9	1,9	6,6	8,2	4	0,8
7	740	11,8	15,6	2,8	2,2	7	8,8	3,2	0,9

\*STD = Desviación estándar

### 3.1.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos evaluados en el presente estudio comprenden a una combinación de las siguientes variables: altura de inicio de manejo, de acuerdo a la altura media de los 400 árboles más gruesos de la hectárea; número de podas, para alcanzar 5,5 m de la altura final de poda y DOS objetivo, definido para los 400 árboles más gruesos de la hectárea.

Estos tratamientos están destinados a la búsqueda de sistemas silviculturales adecuados para esta zona de crecimiento, y así optimizar la producción de madera libre de nudos.

Debe dejarse en claro que el tratamiento testigo no posee ningún manejo de poda, solamente tiene mediciones anuales de las variables Dap (cm) y Altura total (m). La descripción de los tratamientos en estudio se detalla en el cuadro 2.

Cuadro 2: Descripción de los tratamientos.

Parcela	Tratamiento	Indicador de Manejo			
		Poda 1	Poda 2	Poda 3	Poda 4
3	H9-2P*	9.0	10.5		
4	DOS 19**	DOS 19	DOS 19	DOS 19	
6	H7-4P***	7.0	8.5	9.5	10.5
7	TT****				

\* Altura inicio de poda 9 metros con 2 podas

\*\* Poda realizada a un DOS objetivo de 19 cm.

\*\*\* Altura inicio de poda 7 m con 4 podas

\*\*\*\* Testigo

### 3.1.3 Esquema de poda

Para todos los tratamientos el estrato podado es de 600 árboles por hectárea en la poda 1 y en los levantes es de 500 árboles por hectárea, además se consideró 4,5 metros de longitud de copa viva residual en la poda 1 y 5,0 metros en los levantes.

### 3.1.4 Mediciones e Intervenciones

Las variables medidas en cada intervención son: Densidad (N/há), Diámetro altura pecho (cm.), Altura total (m), Altura poda (m) y Diámetro sobre muñón (cm.). Además de las intervenciones de poda se efectúa una medición anual de las variables dasométricas para todos los tratamientos. En el cuadro 3 está detallada la calendarización de ejecución de podas para cada tratamiento.

Cuadro 3: Fecha de ejecución de las podas

Parcela	Tratamiento	Fecha de Ejecución			
		Poda 1	Poda 2	Poda 3	Poda 4
3	H9-2P	Jun-2002	Nov-2002		
4	DOS 19	Abr-2002	Mar-2003	Ene-2004	
6	H7-4P	Dic-2001	Ago-2002	Dic-2002	Oct-2003
7	TT				

### 3.1.5 Descripción del clima y suelo

El clima del área es del tipo Templado mesotermal estenotérmico mediterráneo subhúmedo (según el Distrito Agroclimático 87.3 VIII Región), el régimen térmico se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de enero de 28.6°C y una mínima de julio de 4.4 °C. El período libre de heladas es de 235 días, con un promedio de 9 heladas por año. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1093 mm y un periodo seco de 5 meses.

La descripción de los parámetros climáticos que se presentan en el ensayo se observan en el cuadro 4.

Cuadro 4: Valores anuales para algunos parámetros climáticos

Parámetro	Valores	Unidad
Precipitación total anual	1093	mm
Evapotranspiración potencial	1182	mm/año
Humedad relativa media anual	75	%
Temperatura media anual	13,4	°C
Temperatura máxima anual	20,4	°C
Temperatura mínima anual	7,7	°C
Horas de frío	1237	horas/año

Fuente Distrito Agroclimático 87.3 Octava región

El suelo del área se encuentra formado por las series Human y Collipulli. El material de origen de la serie Human (cuadro 5), esta compuesto de arenas volcánicas mixtas que tiene como base rocas del tipo andesítico-basáltico. En la serie Collipulli (cuadro 6), el suelo esta formado por conglomerado volcánico altamente descompuesto de andesita y basalto, son suelos muy profundos, y están caracterizados por ser maduros, cuyo material parental está moderadamente descompuesto.

Cuadro 5: Descripción de la serie de suelo Human

Material de origen	Arenas volcánicas, depositación eólica, tienen como base rocas del tipo andesítico - basáltico y conglomerados volcánicos descompuestos.
Drenaje	Externo, no desarrollado; interno, excesivo.
Descripción del perfil	Suelos profundos (0-150 cm), con textura moderadamente gruesa, franco arenosa a arenosa fina, color pardo muy oscuro.

Cuadro 6: Descripción de la serie de suelo Collipulli

Material de origen	Conglomerado volcánico altamente descompuesto de andesita y basalto
Drenaje	Externo, rápido; interno, medio
Descripción del perfil	Suelos muy profundos (0->240 cm), con textura arcillosa limosa, color pardo rojizo oscuro. Suelo maduro, material parental bien descompuesto.

El índice de sitio para el rodal en estudio, ubicado en la zona Negrete, VIII Región corresponde a 32 metros, para la especie *Pinus radiata*.

## 3.2 Método

### 3.2.1 Caracterización de las prácticas de manejo.

La caracterización general de las propiedades de manejo del ensayo se llevará a cabo a través de la obtención de estadísticas descriptivas básicas (media, mínimo, máximo y desviación estándar) en relación a las siguientes variables:

Variabes	Simbolo	Unidad
a) Diámetro altura pecho	Dap	cm
b) Altura total	Ht	m
c) Diámetro altura pecho(400+G)	Dap400	cm
d) Altura total(400+G)	Ht400	m
e) Altura de poda(400+G)	HPod400	m

Los 400 árboles más gruesos de la hectárea (400 +G) corresponden a los árboles que llegaran a la cosecha final, de ahí la importancia de conocer los estadísticos descriptivos de las variables mencionadas anteriormente para cada tratamiento.

### *3.2.2 Comportamiento del diámetro sobre muñón (DOS)*

Su determinación es importante porque el comportamiento de esta variable en cada intervención es indicadora de la oportunidad de poda, es decir, mayores DOS son productos de una poda tardía.

Los datos a estudiar corresponden a la fecha de cada intervención realizada para cada tratamiento respectivamente, considerando los 400 árboles más gruesos de la hectárea, que serán los árboles finales para la cosecha. El procedimiento a emplear es regresivo, es decir, se estudia el DOS de los 400 árboles más gruesos de la hectárea de las últimas mediciones hacia atrás, para saber las características que poseían los árboles al principio de las intervenciones.

Los datos analizados obtienen finalmente el diámetro sobre muñón parcial promedio de los 400 árboles más gruesos, por intervención y con su respectiva altura de poda hasta completar la altura total alcanzada para cada tratamiento. Además se determinará el comportamiento del DOS con respecto al diámetro altura pecho (DAP) en cada tratamiento.

También se realizará la determinación del máximo diámetro sobre muñón. Esta metodología consiste en elegir el diámetro sobre muñón de mayor dimensión de cada árbol independiente a que poda corresponde, al promediar se obtiene el DMSM por tratamiento.

### *3.2.3 Análisis comparativo de las variables Dap y altura total*

El análisis de la altura y diámetro se realiza para los 400 árboles más gruesos de la hectárea y se emplearán los registros de las mediciones anuales efectuada para todos los tratamientos en la misma fecha.

La comparación de las variables dasométricas, se realizará para los cuatro tratamientos en estudio, en el cual se incluyen los con manejo de poda y el testigo. También se realizará la comparación de las variables dasométricas en los tratamientos con manejo de poda, sin incluir al tratamiento testigo, para saber las influencias del manejo efectuado en cada tratamiento, en las diferencias de las variables altura y Dap.

Para evaluar estadísticamente los tratamientos con respecto a su variable altura total (m) y Dap (cm), se realizará un análisis de varianza (ANDEVA), para aceptar o rechazar las pruebas de hipótesis nula y alternativa.

Se empleará el método de Tukey, usando la prueba de medias, para determinar si existe o no diferencias significativas entre un tratamiento con respecto a los demás. Este método es sólo aplicable cuando los  $n_i$  (número de muestras) son iguales, el criterio de significación se basa en la distribución del rango Studentizado que es el valor "q" (Taucher, 1997). Las pruebas de hipótesis son las siguientes:

$H_0$ : no existen diferencias significativas entre los tratamientos para las variables altura y diámetro.

$H_1$ : existe al menos una diferencia significativa entre los tratamientos para las variables altura y diámetro

#### *3.2.4 Periodicidad de poda*

La periodicidad de podas indica el tiempo de espera entre una intervención de poda y la siguiente. Esta periodicidad depende del sitio en el cual se encuentre la plantación, es decir, sitios muy buenos la periodicidad de poda no debe ser mayor a un año.

Para la determinación de la periodicidad de podas se realizó un análisis en términos de tiempo para los 400 árboles más gruesos de la hectárea que tengan una altura de poda objetivo de 5,5 m., evaluando el tiempo transcurrido entre la primera poda y los sucesivos levantes de cada tratamiento.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Caracterización de las prácticas de manejo

La caracterización de las propiedades de manejo del ensayo corresponden a los estadísticos descriptivos básicos de los tratamientos según su última fecha de medición anual y/o fecha de término de manejo.

En el cuadro 7, se observa la estadística descriptiva de las variables Dap (cm) y Altura total (m), para el total de los árboles correspondientes a cada tratamiento, en el periodo de la primera intervención de poda.

Cuadro 7: Estadística descriptiva de las variables dasométricas en el momento de la primera intervención de poda

Tratamiento	Edad (años)	Dap (cm.)				HTOT (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	STD	Prom.	Máx.	Mín.	STD
H9-2P	5	14,9	20,2	8,3	1,93	9,3	11,5	6,3	1,03
DOS19	4,8	13,8	18,4	4,4	2,75	8,3	10,3	4,2	1,18
H7-4P	4,5	11,8	15,6	5,9	1,9	6,7	8,2	4,2	0,87

\*STD = Desviación estándar

En el cuadro 8, se aprecia la estadística descriptiva de las variables dasométricas, para el total de árboles en los tratamientos, correspondientes a la última medición anual, a una edad de 6,1 años.

Cuadro 8: Estadística descriptiva de las variables dasométricas en la última fecha de medición

Tratamiento	Nº árbol /ha	Dap (cm.)				HTOT (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	STD*	Prom.	Máx.	Mín.	STD*
H9-2P	770	16,7	22,8	9,3	2,3	10,9	13,6	7,6	1,2
DOS19	820	16,4	25,7	5,9	3,4	10,5	12,6	6,4	1,3
H7-4P	880	15,7	21,3	9,2	2,5	9,7	11,6	6,3	1
TT	740	16,6	22	5	2,7	9,9	12,1	6,1	1,1

\*STD = Desviación estándar

En el siguiente cuadro se aprecian las estadísticas descriptivas de las variables dasométricas para el total de árboles de cada parcela, cuando cada tratamiento ha terminado su intervención de poda.

Cuadro 9: Estadística descriptiva de las variables dasométricas en la edad de término de manejo para cada tratamiento.

Tratamiento	Edad (años)	Dap (cm.)				HTOT (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	STD*	Prom.	Máx.	Mín.	STD*
H9-2P	5,4	15,8	20,9	8,9	2,1	10,4	13,3	7,4	1,2
DOS19	6,6	17,5	23,2	6,5	3,3	12	14,3	7,5	1,4
H7-4P	6,3	16,7	21,9	10,2	2,4	10,5	12,5	7,1	1,1

\*STD = Desviación estándar

En los cuadros 10 y 11, se señalan las estadísticas descriptivas de las variables dasométricas para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, que son los árboles finales para la cosecha, correspondiente al periodo de término de manejo de poda para cada tratamiento.

Cuadro 10: Estadística descriptiva de la variable Dap (cm) para los 400 árboles más gruesos de la hectárea en la edad de término de manejo para cada tratamiento.

Tratamiento	Edad (años)	Dap (cm)			
		Prom.	Máx.	Mín.	SD
H9-2P	5,4	16,3	20,9	12,7	1,6
DOS19	6,6	18,9	21,7	16,2	1,5
H7-4P	6,3	17,2	21,2	13,3	1,8

\*STD = Desviación estándar

Cuadro 11: Estadística descriptiva de la variable altura total (m) para los 400 árboles más gruesos de la hectárea en la edad de término de manejo para cada tratamiento.

Tratamiento	Edad (años)	HTOT (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	SD
H9-2P	5,4	11,1	13,3	9,4	0,8
DOS19	6,6	12,7	14	10,7	0,9
H7-4P	6,3	11,1	12,5	10,5	0,5

\*STD = Desviación estándar

En el siguiente cuadro se observa la estadística descriptiva de la altura de poda (m), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, en la edad de término de manejo para cada tratamiento.

Cuadro 12: Estadística descriptiva de la variable altura de poda (m) para los 400 árboles más gruesos de la hectárea en la edad de término de manejo para cada tratamiento.

Tratamiento	Edad (años)	HPOD (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	SD
H9-2P	5,4	5,7	6,6	5,3	0,3
DOS19	6,6	5,8	6,6	5,4	0,3
H7-4P	6,3	5,5	6,1	5,3	0,2

\*STD = Desviación estándar

## 4.2 Comportamiento del diámetro sobre muñón (DOS)

A continuación se presenta el comportamiento del diámetro sobre muñón (cm), de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, en cada poda y con respecto al Dap (cm).

### 4.2.1 Comportamiento del DOS parcial.

Para poder apreciar el comportamiento de la variable diámetro sobre muñón (cm), correspondiente a los 400 árboles más gruesos de la hectárea en cada tratamiento,

es importante mencionar, que en cada intervención de poda se obtuvo un DOS parcial, en el cual se determinó el valor promedio por intervenciones, junto a los valores mínimo, máximo y las desviaciones estándares, los cuales se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro 13: Diámetro sobre muñón parcial (cm) promedio para el tratamiento H9-2P

Poda	DOS	Mín.	Máx.	STD
1ª poda	20,4	14,7	28,0	2,9
2ª poda	17,6	12,8	25,7	2,8

\*STD = Desviación estándar

Cuadro 14: Diámetro sobre muñón parcial (cm) promedio para el tratamiento DOS19

Poda	DOS	Mín.	Máx.	STD
1ª poda	19,7	15,9	27,3	2,4
2ª poda	18,3	16,0	24,4	1,9
3ª poda	16,7	12,1	20,0	1,7

\*STD = Desviación estándar

Cuadro 15: Diámetro sobre muñón parcial (cm) promedio para el tratamiento H7-4P

Poda	DOS	Mín.	Máx.	STD
1ª poda	16,8	12,1	23,2	2,0
2ª poda	15,2	12,2	19,2	1,9
3ª poda	16,3	13,0	20,9	2,0
4ª poda	14,9	12,2	17,4	1,3

\*STD = Desviación estándar

A continuación se presenta la altura de poda (m) promedio alcanzada para cada tratamiento y el diámetro sobre muñón (cm) promedio en cada intervención de poda, correspondiente a los 400 árboles más gruesos de la hectárea.

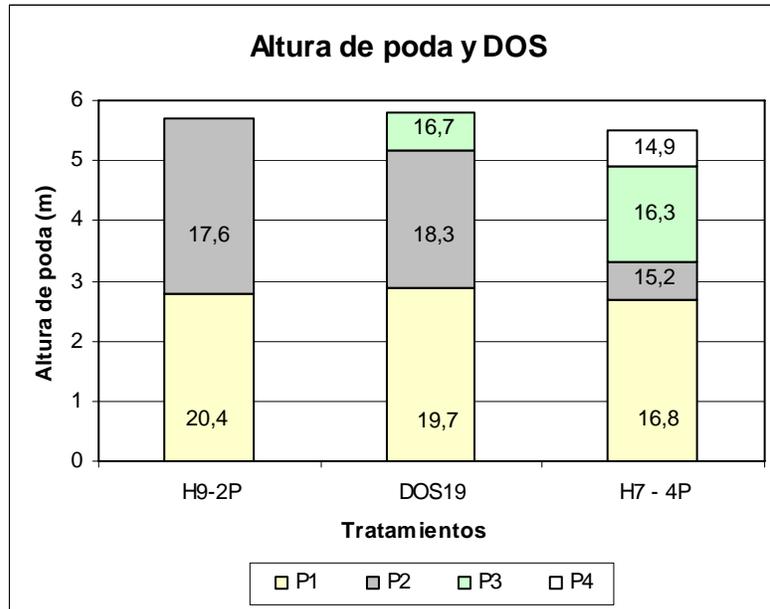


Figura 4: Comportamiento del DOS (cm) y altura de poda (m) según intervención y tratamiento.

En el cuadro 16 se presentan para cada tratamiento los valores del diámetro máximo sobre muñón (MDMS) promedio, para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, estos corresponden al DOS de mayor dimensión de la troza podada (5.5 m), siendo independiente a que poda corresponden,

Cuadro 16: Diámetro máximo sobre muñón (cm) promedio y altura del diámetro máximo sobre muñón promedio por tratamiento

Tratamiento	MDSM (cm)				HDSM (m)			
	Prom.	Mín.	Máx.	STD	Prom.	Mín.	Máx.	STD
H9-2P	20,4	14,7	28	3	1,1	0,4	3,6	0,6
DOS19	20	16,7	27,3	2,2	2,2	1,6	5,2	0,5
H7-4P	17,4	13,4	23,2	1,9	1,9	0,5	5	1,4

\*STD = Desviación estándar

Cuadro 17: Análisis de varianza para el MDSM.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	2	223,6	111,8	18,6	3,09
Dentro de tratamientos	117	703,0	6,0		
Total	119	926,5			

#### 4.2.2 Comportamiento del DOS con respecto al Dap

En las siguientes figuras se presentan los resultados del comportamiento del diámetro sobre muñón (cm) con respecto al diámetro altura pecho (cm), de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, para cada fecha de intervención de poda.

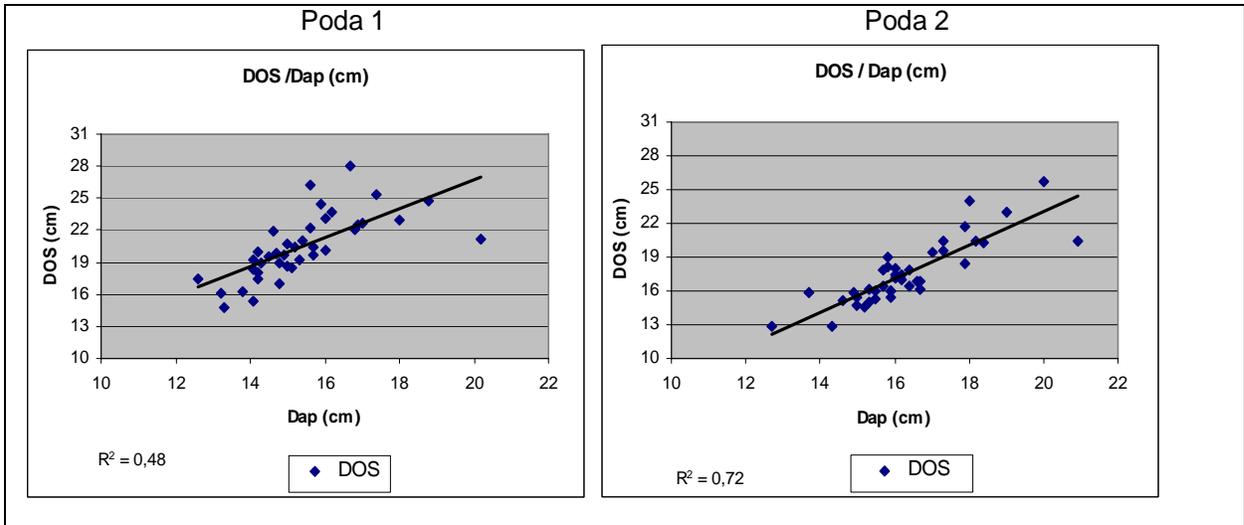


Figura 5: Comportamiento del DOS (cm) con respecto al Dap (cm) para el tratamiento H9-2P

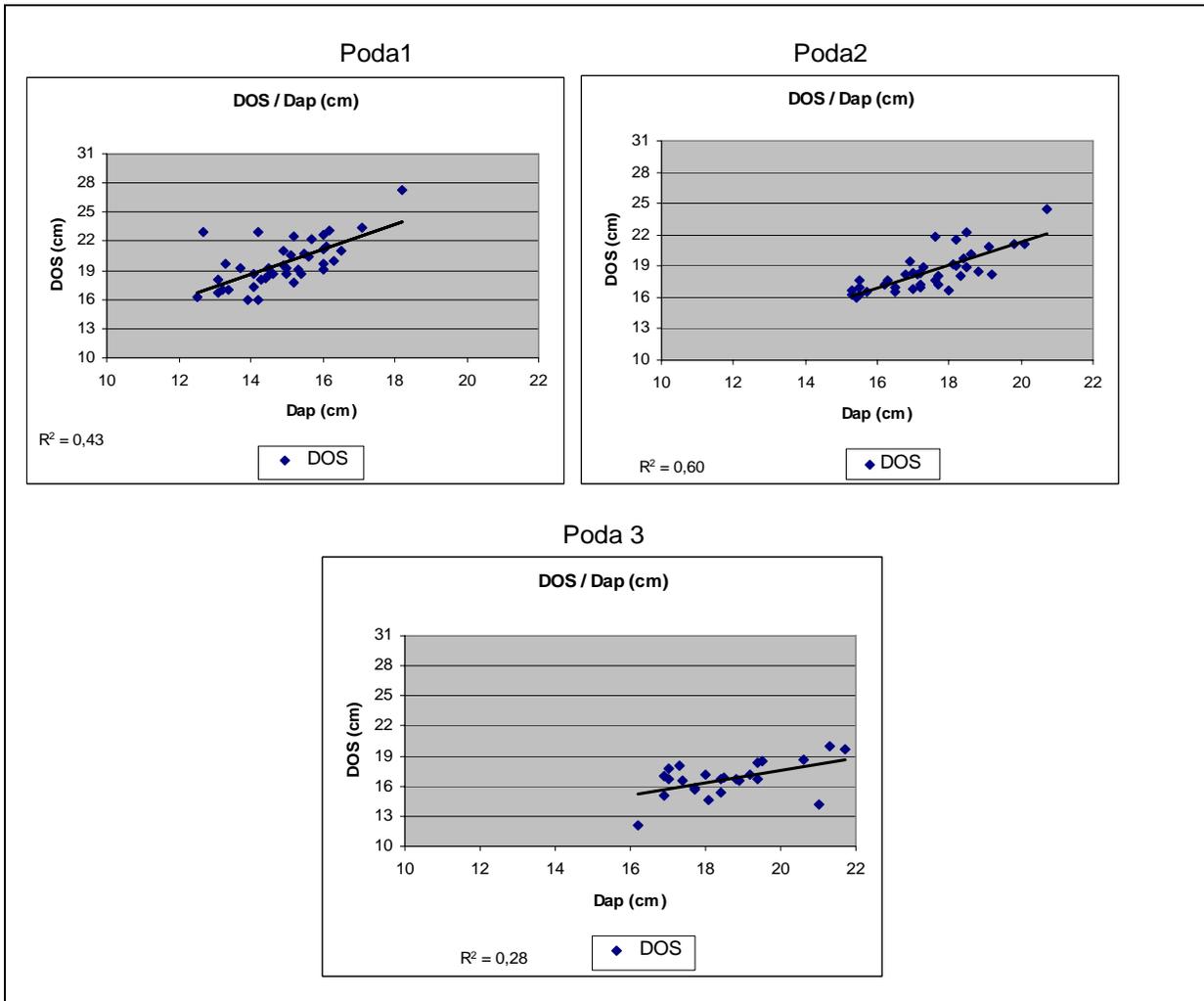


Figura 6: Comportamiento del DOS (cm) con respecto al Dap (cm) para el tratamiento DOS19.

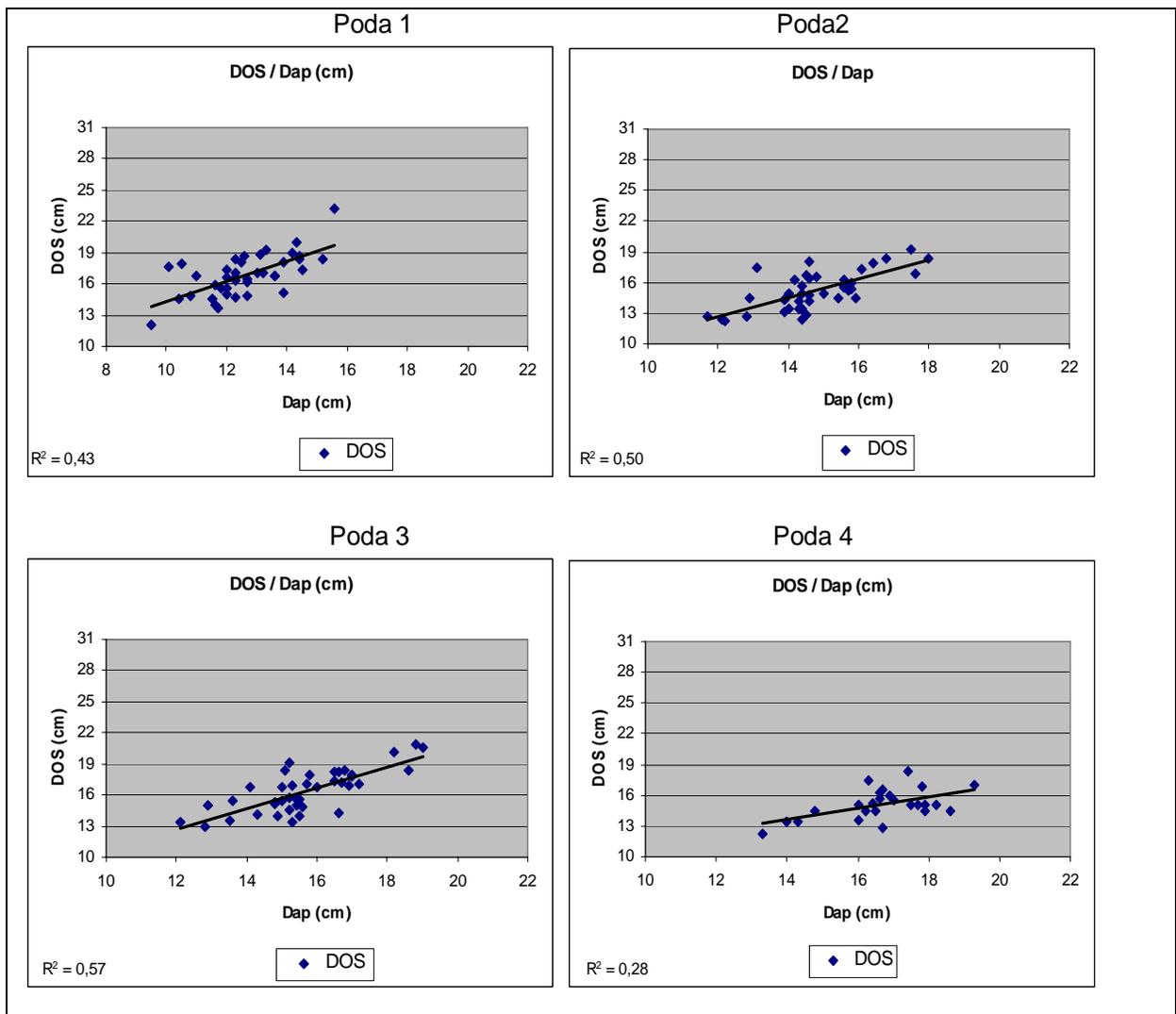


Figura 7: Comportamiento del DOS (cm) con respecto al Dap (cm) para el tratamiento H7-4P

### 4.3 Análisis comparativo de las variables Dap y altura total

La realización del análisis de varianza para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, permite apreciar las diferencias de los tratamientos en lo que se refiere a las variables dasométricas.

#### 4.3.1 Diámetro altura pecho (Dap)

La realización del análisis de varianza (anexo 3), permite apreciar claramente que la diferencia inicial de los tratamientos en lo respecta a la variable Dap. En el cuadro 18 se observa el análisis de varianza para los tres tratamientos con manejo de poda más el tratamiento testigo, que no posee ningún tipo de manejo.

Cuadro 18: Tabla de análisis de varianza para la variable Dap (cm), en la tercera medición (6,1 años)

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	3	83,51	27,84	10,16	2,67
Dentro de tratamientos	156	427,38	2,74		
Total	159	510,89			

Posteriormente del análisis de varianza se aplicó el test de Tukey, para la variable Dap en cada medición (anexo 3), la última medición se encuentra resumida en el siguiente cuadro.

Cuadro 19: Test de Tukey para la variable Dap, correspondiente a la tercera medición (6,1 años)

Tratamiento	H7-4P	H9-2P	DOS19	TT
TT	1	1	0	—
DOS19	1	0	—	
H9-2P	0	—		
H7-4P	—			

0 = Sin diferencia

1 = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

En el cuadro 20 y 21 se observa el análisis de varianza y el Test de Tukey para la variable Dap en la tercera medición (6.1 años), para los tres tratamientos con manejo de poda, sin incluir al tratamiento testigo.

Cuadro 20: Tabla de análisis de varianza para la variable Dap (cm), en la tercera medición, para los tres tratamientos con manejo

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab.
Entre tratamientos	2	40,25	20,12	6,31	3,09
Dentro de tratamientos	117	373,37	3,19		
Total	119	413,62			

Cuadro 21: Test de Tukey para la variable Dap, correspondiente a la tercera medición, para los tres tratamientos manejados

Tratamiento	H7-4P	H9-2P	DOS19
DOS19	1	0	—
H9-2P	0	—	
H7-4P	—		

0 = Sin diferencia

1 = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

#### 4.3.2 Altura total (m)

El análisis de varianza y el test de Tukey, para la variable altura total, se observan en los cuadros 22 y 23, para la tercera medición (a los 6,1 años), en la cual están representados los tratamientos con manejo y el tratamiento testigo, este último sin manejo de podas.

Cuadro 22: Tabla de análisis de varianza para la variable altura total (m), en la tercera medición

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	3	48,32	16,11	29,15	2,67
Dentro de tratamientos	156	86,21	0,55		
Total	159	134,53			

Cuadro 23: Test de Tukey para la variable altura total, correspondiente a la tercera medición

Tratamiento	H7-4P	TT	DOS19	H9-2P
H9-2P	1	1	0	—
DOS19	1	1	—	
TT	0	—		
H7-4P	—			

0 = Sin diferencia

1 = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

En los cuadros 24 y 25, se aprecia el análisis de varianza y test de Tukey, para la variable altura total, correspondiente a la tercera medición, para los 3 tratamientos con manejo de podas.

Cuadro 24: Tabla de análisis de varianza para la variable altura total (m), en la tercera medición, para los tres tratamientos manejados

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	2	34,69	17,34	32,85	3,09
Dentro de tratamientos	117	61,76	0,53		
Total	119	96,45			

Cuadro 25: Test de Tukey para la variable altura, correspondiente a la tercera medición, para los tres tratamientos manejados

Tratamiento	H7-4P	DOS19	H9-2P
H9-2P	1	1	—
DOS19	1	—	
H7-4P	—		

0 = Sin diferencia

1 = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

#### 4.4 Periodicidad de poda

Para la realización de la periodicidad de poda (figura 8), se realizó un análisis en donde se detalla el tiempo (meses) transcurrido entre la primera medición con la primera poda (P1) y ésta última con sus respectivos levantes hasta completar el manejo de poda para cada tratamiento en particular.

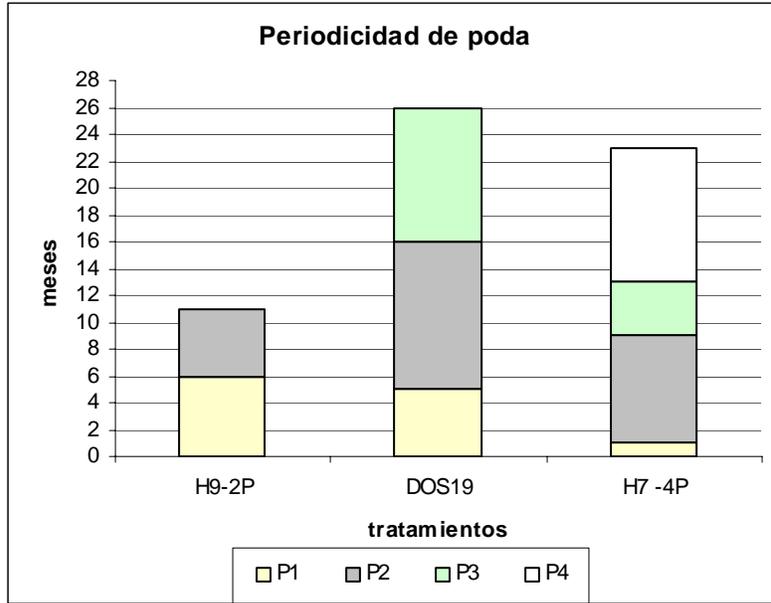


Figura 8: Periodicidad de podas (meses)

## 5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 5.1 Caracterización de las propiedades de manejo

Tanto el suelo como el clima del sitio estudiado favorecen el crecimiento de la especie *P. radiata*, alcanzando un índice de sitio de 32 metros. Por lo tanto, el crecimiento y desarrollo de la especie es muy bueno, lo que justifica un esquema de podas tempranas y frecuentes.

Se puede apreciar en el cuadro 1, la baja densidad de plantación de los tratamientos, esto junto a las buenas condiciones de sitio favorece el rápido y gran crecimiento en diámetro de los árboles, como también el gran desarrollo del diámetro de ramas características mencionadas por Olivares et al., (1985b), Park (1980) y Knowles (1970), en la determinación del tamaño del diámetro sobre muñón. Además se observa, que el tratamiento H9-2P tiene mayor desarrollo en diámetro y altura (12,7 cm y 7,7 metros promedio respectivamente), lo que puede deberse a que se encuentra en una zona de mayor productividad que los otros tratamientos.

Los valores promedio por tratamiento de la variable Dap, al momento de la primera intervención de poda, se presentan en el cuadro 7. En primera instancia se aprecia la dimensión de estos valores para los tratamiento H9-2P Y DOS19 (14,9 - 13,8 cm.) son superiores a los valores recomendados para iniciar la poda, según los sistemas silviculturales mencionados por la bibliografía y a los presentados por Meneses y Guzmán (2000), aún cuando, en este caso, la poda se realizó a una edad cercana a lo recomendado en bibliografía (5 años), el crecimiento en diámetro de los árboles era mayor debido a la baja densidad de plantación y a las buenas condiciones de sitio en que se encuentra.

En el cuadro 8, se aprecia que la variable Dap promedio, para el total de los árboles de cada parcela, no tiene diferencias entre los tratamientos a excepción del tratamiento H7-4P. Esto se debe a que este tratamiento es el que posee mayor número de podas y que su intervención comenzó antes (cuadro 3), el tratamiento H9-2P (cuadro 7), se observa que es aquel que poseía mayores dimensiones en diámetro antes de iniciar su manejo, pero luego de las intervenciones esta variable se iguala a la de los demás tratamientos.

La mayor altura promedio es alcanzada por el tratamiento H9-2P (cuadro 8), esto podría deberse por poseer sólo dos intervenciones de poda, en cambio el tratamiento con más levantes de poda (H7-4P), es aquel que alcanza menor altura promedio. El tratamiento testigo mantiene los valores de Dap y altura similares a los tratamientos intervenidos.

El primer tratamiento en finalizar las intervenciones de poda es el H9-2P (cuadro 9), alcanzando una altura promedio similar al tratamiento H7-4P, siendo éste, finalizado un año después. El DOS19 fue el tratamiento con los mayores valores de Dap y altura promedio para el total de los árboles de la parcela.

Conviene dejar en claro que, para una mayor comprensión de estos resultados (Dap y altura) hay que revisar la sección 5.3 del capítulo 5, en la cual se analizan las diferencias significativas de las variables dasométricas de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, en cada medición anual.

En los cuadros 10 y 11 se observan los estadísticos descriptivos de las variables Dap y altura total, para los 400 árboles más gruesos de la hectárea en la fecha de término del manejo de podas, se aprecia que el tratamiento H7-4P presenta los valores más bajos de altura total. Esta pérdida de crecimiento en altura podría deberse a la frecuencia y números de podas practicadas en este tratamiento.

La mayor altura de poda, para los 400 árboles más gruesos de la hectárea (cuadro 12), es alcanzada por el tratamiento DOS19, que consta de tres podas. A pesar que el rodal se encuentra en un buen sitio, el tratamiento con cuatro podas (H7-4P) no logra una altura de poda promedio mayor a 5.5 m. Según Knowles (1987) en sitios buenos cuatros levantes logran una altura de poda de 6 m. El que no se haya podido lograr esa altura, puede deberse al efecto de la altura de poda variable en árboles pequeños, en que se dejaba de podar el siguiente verticilo para no dejar una copa viva residual muy pequeña

## **5.2 Diámetro sobre muñón**

Una de las variables de mayor facilidad y utilidad para de medir en terreno, después de una intervención de poda, es el diámetro sobre muñón. Esta variable en el momento de la poda determina en gran medida una primera aproximación de la cantidad de volumen de madera libre de nudos a obtener en la cosecha final. Según Olivares y Meneses (1992), mientras menor es el DOS, mayor es la probabilidad de obtener madera sin defectos para un diámetro de cosecha dado.

### *5.2.1 Comportamiento del DOS parcial*

Con respecto al comportamiento de ésta variable a través del fuste, para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, se aprecia en el tratamiento H9-2P (cuadro 13), que la mayor dimensión del DOS se presenta en la primera poda (20,4cm), indicando lo tardío de la primera poda, disminuyendo su tamaño en el siguiente levante, lo que refleja que la segunda poda se hizo en forma apresurada.

El tratamiento DOS19, en la primera poda se sobrepaso al DOS objetivo (19,7 cm.) en el siguiente levante mantuvo el tamaño del DOS bajo los 19 cm. (cuadro14), en el segundo levante esta variable posee una disminución (16,7 cm.) con respecto al DOS objetivo, se podría decir, que habría que haber esperado más para efectuar los levantes, por lo tanto, éstos se realizaron en forma apresurada.

Se observa que el comportamiento del DOS promedio para el tratamiento H7-4P, no supera los 17 cm (cuadro 15), teniendo las mayores dimensiones de esta variable en la primera y tercera poda. Según Knowles et al., (1987), estos valores son óptimos

para que la producción de madera libre de nudos sea maximizada. Estos valores pueden deberse a que este tratamiento poseía el tamaño en Dap óptimo para ejecutar la primera poda (cuadro 7), realizándose esta actividad en forma oportuna para la primera poda, pero en los siguientes levantes se hizo en forma apresurada.

El comportamiento del DOS (figura 4) presenta en los tratamientos H9-2P y DOS19 una tendencia muy clara a disminuir con la altura. Esto podría ser por el ahusamiento natural de los árboles, o bien, es el reflejo de que los siguientes levantes se realizaron en forma apresurada.

Los valores alcanzados por el diámetro máximo sobre muñón, en el total de la troza podada para todos los tratamientos son superiores a los recomendados por muchos autores en bibliografía, para lograr una gran producción de madera libre de nudos.

Al analizar el promedio del DMSM por tratamiento, se puede observar que los tratamientos H9-2P y DOS19 (cuadro 16) presentan los mayores valores promedios (20,4 y 20 cm) respectivamente. El tratamiento H7-4P tiene el menor valor de ésta variable (17,4), el cual puede deberse a que este tratamiento comenzó su intervención de poda antes que los dos tratamientos anteriores, y además, es aquel que sus árboles poseían menores tamaños en la variable Dap.

La altura promedio que presenta la variable DMSM (cuadro 16) hace presumir que un gran porcentaje es producto de la primera intervención de poda. El tratamiento H9-2P (anexo 2), presenta que el 5% de los árboles obtuvieron el DMSM en la segunda poda, los individuos restantes poseen las mayores dimensiones de DOS en la primera intervención. En los tratamientos DOS19 y H7-4P, el 75% y 58% de los árboles obtuvieron el DMSM en la primera poda respectivamente.

Si observamos el valor F calculado (18.6) y lo comparamos con el valor F tabulado (3.09) para un 95% nivel de significancia, en el análisis de varianza para el DMSM (cuadro 17), podemos decir que existen diferencias significativas para esta variable entre los tratamientos, confirmando con esto, que los distintos esquemas de poda aplicados en los tratamientos correspondientes tienen efecto en el comportamiento del diámetro sobre muñón.

Los tratamientos H9-2P y DOS19, poseían mayor altura total de los árboles en el momento de que estos fueran intervenidos en la primera poda, en comparación con el tratamiento H7-4P (cuadro 7). Por lo tanto se podría concluir que para minimizar la dimensión del DOS, la altura es una variable de mayor jerarquía en la determinación de la oportunidad de poda.

Tomando en cuenta la altura de poda (figura 4), se aprecia que en el tratamiento H9-2P y DOS19 logran una troza comercial en las 2 primeras podas, por lo tanto, para el tratamiento DOS19, la poda siguiente según Meneses y Velasco (1992), no harían perder el efecto de las dos primeras .

Diferente es la situación del tratamiento H7-4P, donde la baja altura de poda de los tres levantes sucesivos, no permiten obtener una troza comercial superior a los 5,5 m. de altura. El segundo y cuarto levante poseen una altura menor a las otras podas restantes (0,6 cm en ambas). Esta baja puede deberse a que el crecimiento en altura de los árboles es relativamente menor por lo tanto se efectuó “poda de levante variable”, podando menos copa viva en estos levantes. A pesar de poseer cuatro podas es el tratamiento que logra una altura de poda total menor en consideración a los otros tratamientos. Se podría concluir que cuatro levantes es demasiado, además la poda del segundo y cuarto levante fue apresurada y por lo tanto se podría haber esperado más tiempo.

La altura de poda lograda en la primera poda para el tratamiento H9-2P, es la misma para el siguiente levante (2,8 cm), la diferencia es que para la primera poda se espero demasiado tiempo y es por eso del excesivo tamaño del DOS.

Para el tratamiento DOS19 la altura de poda alcanzada para la primera y segunda poda tiene poca diferencia (2,9 – 2,3 cm respectivamente), pero hay una considerable disminución en la tercera poda (0,6 cm), esto debido a que ya se había logrado una troza comercial con las dos primeras podas.

### *5.2.2 Comportamiento del DOS con respecto al Dap*

La relación del DOS con respecto al Dap, en la primera poda del tratamiento H9-2P (figura 5), presenta un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0,48, vale decir, que el 48% de la variación en el diámetro sobre muñón fue asociada con el Dap, y para el levante de la primera poda la relación es más directa ( $R^2 = 0.72$ ).

Para el tratamiento DOS19, el comportamiento es similar al primer tratamiento (figura 6), en donde el mayor coeficiente de determinación es en el levante de la primera poda ( $R^2 = 0,74$ ), el segundo levante un pequeño porcentaje ( $R = 0.28$ ) del comportamiento del DOS de la muestra fue asociada con el Dap.

En el tercer tratamiento H7-4P (figura 7), presenta baja relación del comportamiento del DOS con respecto al Dap en todas sus intervenciones de poda, siendo los valores del coeficiente de determinación más altos para la segunda y tercera poda ( $R^2 = 0,5$  y  $R^2 = 0,57$ ) respectivamente.

La baja relación del DOS con respecto al Dap, puede deberse a la baja densidad de plantación de los tratamientos, es decir, tener valores mayores de DOS en tamaños pequeños en Dap, pueden ser provocados por el excesivo crecimiento diametral de las ramas, éstas se ven beneficiadas por el espaciamiento (condiciones de luz) y por el buen sitio. Según Whitside (1962), citado por Velasco (1992), explica el efecto del tamaño de las ramas sobre el DOS es doble, por que grandes ramas traen como consecuencia gran protuberancia de los nudos y gran longitud del muñón después de la poda.

### **5.3 Análisis comparativo de las variables Dap y altura total**

La realización del análisis de varianza para cada medición anual (anexo 3), permite apreciar claramente que existen diferencias significativas tanto para la variable Dap y altura total, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la alternativa, donde existe al menos una diferencia significativa entre los tratamientos para estas variables, especialmente entre los tratamientos con manejo con respecto al testigo.

Si observamos en el cuadro 18 el análisis de varianza para la variable Dap, se aprecia que el valor F calculado (10.16) es mayor al valor F tabulado (2.67) para un nivel de significancia de 95%, indicando que existen diferencias significativas entre los tratamientos con y sin poda en la variable Dap. En el cuadro 20 solo se analizan los tratamientos con poda, en el cual el valor F calculado (6.31) es mayor al valor F tabulado (3.09), confirmando que los distintos esquemas de poda tienen influencia en el crecimiento diametral.

Con respecto a la variable altura, el análisis de varianza para los tratamientos con y sin manejo de podas presenta diferencias significativas, debido a que el valor F calculado (29.15) es mayor al valor F tabulado (2.67) a un nivel de significancia de 95%. Considerando los tratamientos con manejo de podas, el F calculado es mayor que el F tabulado, lo que indica que las distintas combinaciones de altura de inicio y frecuencia de podas tienen efecto sobre el crecimiento en altura de los árboles.

La realización del test de Tukey permite apreciar que en la primera y segunda medición (anexo 5), existen diferencias significativas entre el tratamiento H7-4P con los demás tratamientos, para la variable Dap. Como se mencionó anteriormente este tratamiento poseía las menores dimensiones en esta variable antes de comenzar su manejo de podas en comparación a los demás tratamientos. Con respecto a la variable altura total, todos los tratamientos poseen diferencias significativas a excepción del tratamiento testigo con el DOS19.

En la tercera medición, el tratamiento testigo posee diferencias significativas en la variable Dap con todos los tratamientos menos con el tratamiento DOS19 (cuadro 19), en los tres tratamientos manejados existen diferencias significativas solamente entre el tratamiento H7-4P con DOS19 (cuadro 21). No existe diferencia significativa en la altura para el tratamiento H7-4P con el testigo, siendo estos últimos los que posee las alturas más pequeñas con respecto a los demás tratamientos (cuadro 23). Con respecto a los tres tratamientos con manejo de podas, todos poseen diferencias significativas en la variable altura total.

### **5.4 Periodicidad de poda**

Los tratamientos evaluados en este estudio no logran tener una periodicidad de podas constante, siendo la poda una actividad bianual en todos los casos e incluso para el tratamiento H7-4P es trianual.

El tratamiento H9-2P efectúa las dos podas en un tiempo no mayor a un año (6 meses exactamente). Este tratamiento posee las mayores dimensiones del DOS parcial, confirmando lo mencionado por Fry (1979), en que afirma que el tamaño de la parte central disminuye a medida que se aumenta la frecuencia de la poda.

La técnica de poda empleada para el tratamiento DOS19, se basó en elegir el momento de efectuar la operación en función de la estimación del diámetro sobre muñón alcanzado en el verticilo donde se insertan las ramas a podar y no por la altura del árbol o la edad, así, se pretende que el tamaño del DOS dentro de los árboles sea aproximadamente el mismo a diferentes alturas del fuste e incluso sea similar entre los individuos pertenecientes a la parcela, lo cual no se logró. Las dimensiones del DOS son distintas, disminuyendo sus valores en cada poda (figura 4). En este tratamiento se observa que los levantes posteriores logran tener una periodicidad de poda de 10 – 11 meses.

El tratamiento H7-4P, no logra tener una periodicidad constante, lo cual se justifica por la poca altura de poda lograda en sus levantes. Meneses y Velasco (1992) concluyen que podas a bajas alturas obligan a acelerar el proceso de la realización de la segunda poda.

## 6. CONCLUSIONES

- Para la realización de regímenes silvícolas apropiados, es necesario tener en cuenta lo siguiente: las condiciones de sitio para la especie en estudio, la densidad de plantación, la altura de la primera poda y levantes siguientes para controlar el tamaño del diámetro sobre muñón. Estas variables expresan la potencialidad de producir madera libre de nudos, tomando en cuenta la potencialidad del sitio y la función final de un régimen silvícola conveniente.
- La determinación de la oportunidad de poda es de vital importancia para minimizar el tamaño de diámetro sobre muñón. En este estudio la altura total del árbol es una variable de mayor jerarquía para determinar el tiempo adecuado de la primera poda, en comparación a su edad.
- El comportamiento del diámetro sobre muñón en la primera intervención de poda se relaciona directamente con la altura de inicio de manejo. El tratamiento de mayor DOS promedio en la primera poda (20,4 cm), es aquel que comenzó su manejo a los 9 m de altura.
- El comportamiento del diámetro sobre muñón tiene una tendencia a disminuir con la altura del árbol en los tratamientos H9-2P y DOS19, reflejando así que los levantes posteriores se realizaron en forma apresurada.
- Las distintas combinaciones de altura de inicio y frecuencias de poda tienen efecto sobre la magnitud del diámetro máximo sobre muñón, existiendo diferencias significativas entre los tratamientos.
- Los valores mayores del diámetro máximo sobre muñón promedio (DMSM), son alcanzados por los tratamientos H9-2P y DOS19. Estas dimensiones son alcanzadas mayoritariamente en la primera poda. El tratamiento H7-4P tiene los valores más bajos.
- Para la obtención de valores óptimos del diámetro sobre muñón, para maximizar la productividad de madera libre de nudos, es aconsejable, en este sitio (IS = 32 metros), realizar la primera poda a una altura de 7 metros, con tres levantes.
- La baja relación del diámetro sobre muñón con diámetro a la altura de pecho, se debe a la baja densidad de plantación inicial de los tratamientos, lo cual provoca un mayor crecimiento del diámetro de ramas, provocando éste un mayor efecto en el diámetro sobre muñón de la primera poda.
- La técnica empleada para elegir la oportunidad de poda, en función de la estimación del diámetro sobre muñón objetivo alcanzado en el verticilo donde

se insertan las ramas a podar no se logra en los sucesivos levantes de la primera poda.

- Existen diferencias significativas entre los tratamientos con manejo y entre estos con el tratamiento testigo, en las variables diámetro altura pecho (Dap) y altura total, siendo el tratamiento testigo aquel que posee las mayores dimensiones en Dap, y los tratamientos H9-2P y DOS19 las mayores alturas en la última medición realizada.
- En ningún tratamiento se logra obtener una periodicidad de poda constante, por causa de las podas a bajas altura, que obligan a acelerar la realización de la segunda poda, en un periodo no mayor a un año, y así sucesivamente hasta lograr la altura de poda deseada.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Brown, G. 1963. The tending of *Pinus radiata* in Southland. New Zealand. For. 8(4) : 623-40 p.
- Centro Nacional de Capacitación Forestal (CENAF). 1988. Técnicas de poda en *Pinus radiata* D. DON. Chile Forestal N° 109. Documento.
- Fenton, R.; Sutton, W.; Drewitt, J. 1963. Clearwood yields pruning *Pinus radiata* D. Don. Record New Zealand Forest Service Institute. Symposium on pruning and thinning practice in New Zealand.
- Fry, G. 1979. Propuestas para el manejo intensivo de las plantaciones de *Pinus radiata* D. DON. en Chile. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de trabajo n° 28. 38 p.
- Hawley, R.C. y Smith, D.M. 1972. Silvicultura práctica. Ediciones Omega s.a. Barcelona, España. 520 p.
- James, R.; Tustin, J. y Sutton, W. 1970. Forest research symposium on pruning and thinning. New Zealand. Journal of forestry. 15 (1): 24-56.
- Knowles, R. L. 1995. New Zealand experience with pruning radiata pine. EN: D. Hanley., C. Oliver.; D. Maguire.; D. Briggs.; R. Fight. (Ed.): Forest pruning and wood quality. pp. 255-264. College of Forest Resources. Universidad of Washington.
- Knowles, R. L.; West G. G., Koehler A. R. 1987. Predicting diameter over stubs in pruned stands of radiata pine. Forest Research Institute. Bulletin n° 12. New Zealand Forest Service.
- Koehler, A. 1884. Variable lift pruning of *Pinus radiata*. New Zealand. Forest Service. FRI. Bull N° 78.
- Maclaren, J. 1993. Radiata pine grower's manual. Forest Research Institute. Bulletin n°184. Rotorua. New Zealand Forest Service. 139 p.
- Meneses, M. y Guzman, S. 2000. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención maderas libres de nudos en plantaciones de pino radiata en Chile. Bosque 21 (2): 85-93.
- Meneses, M. y Velasco, J. 1992. *Pinus radiata*. Investigación en Chile. Instituto de Manejo Forestal. Universidad Austral de Chile. 109-23 p.

- Musante, H. 1988. Relaciones básicas en poda de *Pinus radiata* D. Don. Sector de Catamutún. Comuna de la Unión, X región. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 63 p.
- Olivares, B. Y Meneses, M. 1985. Diseño de un simulador de poda. EN: Olivares, B Y Morales, E (Ed.): *Pinus radiata – Investigación en Chile*. Tomo II. pp. 76-85. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales.
- Olivares, B.; Diaz-Vaz J.E.; Juacida R., Poblete H., Meneses M. 1985a. Determinación de la relación entre diámetro sobre muñón y diámetro del cilindro defectuoso mediante análisis de trozas basales de *pinus radiata* D.Don. Informe convenio n° 83. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 69 p.
- Olivares, B.; Meneses M.; Juacida R.; Diaz-Vaz J. E.; Poblete H. 1985b. Modelo de predicción del tamaño del cilindro central con defectos y rendimientos de madera aserrada libre de nudos en trozas podadas de pino insigne. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Serie Técnica. Informe de Convenio n° 92. 39 p.
- Orellana. 1979. Analisis de algunos tratamientos de poda en bosques de pino Insigne en la empresa Forestal Arauco Ltda.. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. 118 p.
- Park, J.C. 1980. A grade index for pruned butt logs. Forest Research Institute. New Zealand of Forestry Science. (2) : 419-38 p.
- Park, J.C. 1982. Occlusion and the defect core in pruned radiata pine. Forest Research Institute. Bulletin n° 2. New Zealand Forest Service.
- Rodríguez, C. 1986. Prácticas silvícolas en plantaciones de *Pinus radiata*. Valdivia. Seminario Silv 315. Escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. Magíster en Ciencias. 26 p.
- Rodríguez, C. 1999. Prácticas silvícolas en plantaciones de *Pinus radiata*. Valdivia. Seminario Silv 213. Escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. 57 p.
- Sutton, W. 1971. Comparison of low pruning . New Zealand. Forestry Science. 1(2): 231-7 p.
- Sutton, W. y Crowe, J. 1973. Selective pruning of Radiata pine. Forestry Science. 5(2): 171-193. p.
- Sutton, W y Crowe, J. 1975. Selective pruning of radiata pine. New Zealand. Journal of Forestry Science. 5 (2): 171-195 p.

- Taucher, E. 1997. Bioestadística. Ed. Universitaria. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 310 p.
- Velasco, J. 1992. Rendimiento de madera aserrada libre de nudos en trozas podadas de *P. radiata* D. Don. Tesis de grado. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. 74 p.
- Whiteside, I. 1962. Silvicultural characteristics of radiata pine in Tapanui District. New Zealand Journal of forestry. Vol III (4) : 591-607 p.

## **ANEXOS**

## **Anexo 1. Abstract**

The behavior of diameter over stubs was investigated in plots with different treatments coming from a practice of intensive management in *Radiata pine* D. Don, belonging to the Forest Company Minínco located in the Eighth Region. These treatments correspond to different pruning schemes, combining the height management and the number of prunings. The study showed that the total height of the tree is a variable of interest to determine the appropriate time of the first pruning and that to a biggest number pruning is possible to minimize the size of the diameter over stubs.

*Keywords:* Radiata pine, diameter over stubs, pruning regimes, clear wood,

## Anexo 2. Estadísticos descriptivos para el DMSM y altura DMSM.

Cuadro 1: Estadística descriptiva para el DMSM y la altura del DMSM por poda, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, para el tratamiento H9-2P.

	Nº individuos / ha.	DMSM (cm)				HDMSM (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	STD*	Prom.	Máx.	Mín.	STD*
Poda 1	380	20,2	28	14,7	2,9	1	1,9	0,4	0,4
Poda 2	20	24,8	25,7	24	1,2	3,2	3,6	2,8	0,6

Cuadro 2: Estadística descriptiva para el DMSM y la altura del DMSM por poda, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, para el tratamiento DOS19.

	Nº individuos / ha.	DMSM (cm)				HDMSM (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	STD*	Prom.	Máx.	Mín.	STD*
Poda 1	300	20,4	27,3	16,7	2,2	0,9	1,8	0,5	0,3
Poda 2	40	19,3	22,2	17,3	2,1	3,9	4,7	3,4	0,6
Poda 3	60	18,2	20	17	1,1	3,8	5,2	2,7	1,1

Cuadro3: Estadística descriptiva para el DMSM y la altura del DMSM por poda, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, para el tratamiento H7-4P.

	Nº individuos / ha.	DMSM (cm)				HDMSM (m)			
		Prom.	Máx.	Mín.	STD*	Prom.	Máx.	Mín.	STD*
Poda 1	230	17,5	23,2	14,5	1,9	0,8	1,5	0,5	0,3
Poda 2	40	17,4	18	16,4	0,7	2,7	2,9	2,6	0,1
Poda 3	100	17,7	20,9	13,4	2,3	3,2	4,2	2,4	0,5
Poda 4	30	15,6	17,4	14,5	1,5	4,8	5	4,6	0,2

### Anexo 3. Tablas de análisis de varianza

Cuadro 4: Tabla de análisis de varianza para la variable Dap (cm) de los 400 árboles más gruesos, correspondiente a la medición 1, para los 4 tratamientos en estudio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	3	38,11	12,70	7,09	2,67
Dentro de tratamientos	156	279,45	1,79		
Total	159	317,56			

Cuadro 5: Tabla de análisis de varianza para la variable Dap (cm) de los 400 árboles más gruesos, correspondiente a la medición 2, para los 4 tratamientos en estudio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	3	159,04	53,01	29,28	2,67
Dentro de tratamientos	156	282,49	1,81		
Total	159	441,53			

Cuadro 6: Tabla de análisis de varianza para la variable Altura total (m) de los 400 árboles más gruesos, correspondiente a la medición 1, para los 4 tratamientos en estudio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	3	26,53	8,84	22,69	2,67
Dentro de tratamientos	156	60,81	0,39		
Total	159	87,34			

Cuadro 7: Tabla de análisis de varianza para la variable Altura total (m) de los 400 árboles más gruesos, correspondiente a la medición 2, para los 4 tratamientos en estudio.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	3	34,58	11,53	23,87	2,67
Dentro de tratamientos	156	75,32	0,48		
Total	159	109,90			

Cuadro 8: Tabla de análisis de varianza para la variable Dap, para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, correspondiente a la medición 3, para los tres tratamientos manejados.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	2	40,25	20,12	6,31	3,09
Dentro de tratamientos	117	373,37	3,19		
Total	119	413,62			

Cuadro 9: Tabla de análisis de varianza para la variable altura, para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, correspondiente a la medición 3, para los tres tratamientos manejados.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	F cal.	F tab.
Entre tratamientos	2	34,69	17,34	32,85	3,09
Dentro de tratamientos	117	61,76	0,53		
Total	119	96,45			

## Anexo 4. Diferencias de medias de las variables Dap y altura total

Cuadro 10: Diferencias de medias en Dap (cm), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 1 (4.4 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Parcela	P6 : 12,00	P4 : 12,96	P3 : 13,18	P7 : 13,22
P7 : 13,22	1,22	0,26	0,04	—
P3 : 13,18	1,18	0,22	—	
P4 : 12,96	0,96	—		
P6 : 12,00	—			

P7: Tratamiento testigo

P3: Tratamiento H9-2P

P4: Tratamiento DOS19

P6: Tratamiento H7-4P

Cuadro 11: Diferencias de medias en Dap (cm), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 2 (5.2 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Parcela	P6 : 14,70	P4 : 15,60	P3 : 15,70	P7 : 16,10
P7 : 16,10	1,40	0,50	0,40	—
P3 : 15,70	1,00	0,10	—	
P4 : 15,60	0,90	—		
P6 : 14,70	—			

P7: Tratamiento testigo

P3: Tratamiento H9-2P

P4: Tratamiento DOS19

P6: Tratamiento H7-4P

Cuadro 13: Diferencias de medias en Dap (cm), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 3 (6.1 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Parcela	P6 : 16,45	P3 : 17,30	P4 : 17,87	P7 : 18,40
P7 : 18,40	1,95	1,10	0,53	—
P4 : 17,87	1,42	0,57	—	
P3 : 17,30	0,85	—		
P6 : 16,45	—			

P7: Tratamiento testigo

P3: Tratamiento H9-2P

P4: Tratamiento DOS19

P6: Tratamiento H7-4P

Cuadro 14: Diferencias de medias en altura (m), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 1 (4.4 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Parcela	P6 : 7,00	P7 : 7,50	P4 : 7,53	P3 : 8,10
P3 : 8,10	1,10	0,60	0,57	—
P4 : 7,53	0,53	0,03	—	
P7 : 7,50	0,50	—		
P6 : 7,00	—			

P7: Tratamiento testigo  
P3: Tratamiento H9-2P  
P4: Tratamiento DOS19  
P6: Tratamiento H7-4P

Cuadro 15: Diferencias de medias en Altura (m), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 2 (5.2años), para los 4 tratamientos en estudio.

Parcela	P6 : 8,80	P7 : 9,23	P4 : 9,60	P3 : 10,10
P3 : 10,10	1,30	0,87	0,50	—
P4 : 9,60	0,80	0,37	—	
P7 : 9,23	0,43	—		
P6 : 8,80	—			

P7: Tratamiento testigo  
P3: Tratamiento H9-2P  
P4: Tratamiento DOS19  
P6: Tratamiento H7-4P

Cuadro 16: Diferencias de medias en altura (m), para los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 3 (6.1 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Parcela	P6 : 10,20	P7 : 10,30	P4 : 11,10	P3 : 11,50
P3 : 11,50	1,30	1,20	0,40	—
P4 : 11,10	0,90	0,80	—	
P7 : 10,30	0,10	—		
P6 : 10,20	—			

P7: Tratamiento testigo  
P3: Tratamiento H9-2P  
P4: Tratamiento DOS19  
P6: Tratamiento H7-4P

## Anexo 5. Test de Tukey

Cuadro 17: Valores de  $Sx^*q$  al 5%, para las variables Dap y altura.

	4 Tratamientos en estudio*		3 Tratamientos manejados**	
	Dap	HTOT	Dap	HTOT
	$Sx^*q(5\%)$	$Sx^*q(5\%)$	$Sx^*q(5\%)$	$Sx^*q(5\%)$
Medición 1	0,77	0,36	0,74	0,34
Medición 6	0,77	0,40	0,74	0,35
Medición 12	0,95	0,43	0,95	0,39

\* Corresponden a los tratamientos H9-2P, DOS19, H7-4P Y TT

\*\* Corresponden a los tratamientos H9-2P, DOS19 Y H7-4P

Cuadro 18: Test de Tukey para la variable Dap, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 1 (4.4 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Tratamiento	H7-4P	DOS19	H9-2P	TT
TT	1	0	0	—
H9-2P	1	0	—	
DOS19	1	—		
H7-4P	—			

0 = Sin diferencia

1 = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

Cuadro 19: Test de Tukey para la variable Dap, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 2 (5.2 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Tratamiento	H7-4P	DOS19	H9-2P	TT
TT	1	0	0	—
H9-2P	1	0	—	
DOS19	1	—		
H7-4P	—			

0 = Sin diferencia

1 = Diferencia significativa ( $p < 0.05$ )

Cuadro 20: Test de Tukey para la variable altura, de los 400 árboles más gruesos de la hectárea, medición 1 (4.4 años), para los 4 tratamientos en estudio.

Tratamiento	H7-4P	TT	DOS19	H9-2P
H9-2P	1	1	1	—
DOS19	1	0	—	
TT	1	—		
H7-4P	—			