



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales

Comportamiento del diámetro del cilindro con defectos en rodales de *Pinus radiata* D. Don, con diferentes regímenes silviculturales

Patrocinante: Sr. Mario Meneses V.

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

INGRID GABRIELA BARRERA HOFMANN

VALDIVIA
2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Mario Meneses Villanueva	<u>6,1</u>
Informante:	Sr. Gonzalo Paredes Veloso	<u>6.3</u>
Informante:	Sr. Oscar Thiers Espinoza	<u>6.0</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 V.

Agradecimientos

Es mi deseo agradecer a mis padres; María Hofmann y Ovidio Barrera por su incondicional apoyo durante mis años de estudio y por haberme inculcado desde pequeña el respeto y cariño a profesores y compañeros. También por darme la oportunidad de conocer y estudiar música, por las largas jornadas en el conservatorio, en las cuales mi madre siempre acompañaba para incentivar la perseverancia, y entender que no siempre el talento lo es todo.

A mi querido hermano Renzo, que junto a su esposa Verónica e hijitos: Carlos, Patricio y Belén me acogieron en los malos momentos y siempre tuvieron una palabra de aliento cuando más la necesitaba y por revivir, junto a mis sobrinos, los maravillosos momentos de mi niñez... gracias a ustedes!!!

No puedo dejar de agradecer a mi mejor y más querida amiga; Lorna Verdugo, compañera de tantas jornadas de estudio, extrañas traducciones, extensas conversaciones e inexplicables y maratónicas risas, así como inolvidables "chascos" que hasta hoy, al recordarlos, nos siguen dando momentos de alegría... ¡muchas gracias Lornetaaaa!

A mis queridos compañeros: Marcos, Claudio y Vitoco, que tuve la oportunidad de conocer los últimos años de Universidad y que me hicieron vivir las mejores salidas a terreno, hacer más llevaderas las horas de estudio y mucho más entretenidas las largas jornadas de trabajo. A Marcos por sus incomprensibles resultados de TIR, a Claudio por su valioso aporte al bosque nativo con la Tepa-Mañío y a Vitoco por alentarme en los trabajos de manejo con: "después de tener listo los datos nos vamos por un tubo". Muchas gracias compañeros y amigos.

A Dios nuestro padre, agradezco cada momento en la vida, buenos y malos, porque de ellos se aprende a Amar y atesorar cada momento de nuestra vida.

Dedicatoria

El presente trabajo es mayoritariamente dedicado a René Zamora, no sólo por su gran ayuda en traducciones, sino por el especial momento que nos conocimos, terminando la Universidad y comenzando otra etapa en nuestras vidas, el cual decidimos emprender juntos en su país y luchar codo a codo para realizar todos nuestros sueños, que ya no son individuales sino en pareja. Gracias por todo tu Amor, amistad y el compañerismo sincero al trabajar en la profesión que elegimos y que además deseamos con todas nuestras fuerzas, sea de ayuda para el sector forestal de Guatemala...vamos con todo!!!

Deseo perpetuar en este trabajo una frase de George Sand, que deja de manifiesto el proceso de aprendizaje en nuestra vida.

“El verdadero modo de no saber nada, es aprenderlo todo a la vez”

A mis padres

A René

A mi abuelito Carlos Hofmann (Q.E.P.D.)

INDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO/CONCEPTUAL	3
2.1 Nudos	3
2.2 Actividades relacionadas con la obtención de madera libre de nudos	3
2.2.1 Poda	3
2.2.2 Raleo	3
2.3 Conceptos utilizados para evaluar la calidad de la poda	4
2.3.1 Diámetro del cilindro con defectos	4
2.3.2 Diámetro sobre muñón	5
2.4 Índice de sitio	6
2.5 Altura de poda e intensidad de poda	6
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	8
3.1 Material	8
3.1.1 Área de estudio	8
3.2 Metodología	10
3.2.1 Obtención de datos	10
3.2.2 Descripción tratamientos	11
3.2.3 Análisis estadístico	12
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
4.1 Estadística descriptiva y análisis de las variables	13
4.1.1 Descripción de la variable Dap por tratamiento	13
4.1.2 Diámetro sobre muñón (DOS)	14
4.1.3 Diámetro sobre oclusión (DOO)	17
4.2 Diámetro del cilindro con defectos (DCD)	19
4.2.1 Valores del DCD por tratamiento o rodal	19
4.2.2 Distribución del DCD por clase diamétrica	22
4.3 Relación entre variables	24
4.3.1 Relación estadística entre variables	24
4.4 Comportamiento del DCD con respecto al Dap	27
4.5 Influencia del índice de sitio con respecto a las variables Dap y DCD	28

5.	CONCLUSIONES	30
6.	BIBLIOGRAFIA	31
	ANEXOS	35
1	Abstract y Keywords	
2	Análisis y métodos estadísticos	
3	Distribución diamétrica por rodal	
4	Análisis de correlación	
5	Método selección 24 árboles	
	Resumen método del cuadrado	

INDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Ubicación de los rodales	8
Cuadro 2.	Esquema de poda y raleo rodales 1-3; 5-6; 22-23; 25-27	11
Cuadro 3.	Caracterización dasométrica de los rodales	13
Cuadro 4.	Diámetro sobre muñón promedio en cada rodal	16
Cuadro 5.	Profundidad de cicatrización en sentido radial por rodal	18
Cuadro 6.	Diámetro sobre oclusión promedio obtenido en cada rodal	19
Cuadro 7.	Estadística descriptiva para el diámetro del cilindro con defectos por rodal	20
Cuadro 8.	Resumen por rodal de las variables Dap, DOS, DOO y DCD en centímetros	24
Cuadro 9.	Coefficientes de correlación	24
Cuadro 10.	Coefficiente de regresión lineal simple, estadísticos y anova del Modelo $Doo = b_o \pm b_1Dos$	25
Cuadro 11.	Coefficientes re regresión lineal simple, estadísticos y anova del modelo $DCD = b_o \pm b_1Dos$	26
Cuadro 12.	Resumen tratamientos y valores promedios	29

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Representación del DCD y el DOS en un árbol podado y que ya ha producido madera libre de nudos.	4
Figura 2. Medición del diámetro sobre muñón (DOS) en árbol en pie	5
Figura 3. Mapa ubicación rodales	9
Figura 4. Marcación de los radios	10
Figura 5. Ubicación DOS y DOO	10
Figura 6. Altura de ubicación del diámetro sobre muñón por rodal	15
Figura 7. Profundidad de cicatrización en diámetro	19
Figura 8. DCD por marca de clase, comparando distribución entre pares de rodales: a) rodales 1-3, b) rodales 5-6, c) rodales 22-23, d) rodales 25-27	22
Figura 9. Relación entre Dap y DCD comparando pares de rodales: a) rodales 1-3, b) rodales 5-6, c) rodales 22-23, d) rodales 25-27	27

RESUMEN EJECUTIVO

En este estudio se analizaron ocho rodales de precosecha de la especie *Pinus radiata* D. Don, con un total de 24 árboles por rodal, ubicados en las regiones VII; VIII y IX. Los rodales seleccionados poseen índices de sitio mayores a 28 m y cada uno sometido a diversos tratamientos de poda y raleo, con el objetivo de evaluar el comportamiento del diámetro del cilindro con defectos (DCD) bajo diferentes esquemas de manejo.

La base de datos necesaria para este estudio se obtuvo mediante el método del cuadrado, utilizado para el análisis de trozas podadas para esta especie. Siguiendo la metodología, se obtuvieron para cada rodal las variables diámetro altura pecho (Dap), diámetro sobre muñón (DOS), diámetro sobre oclusión (DOO) y diámetro del cilindro con defectos (DCD) y se analizaron comparativamente entre rodales provenientes de sitios semejantes.

Al relacionar las variables mencionadas en el párrafo anterior, se obtuvo que en todos los rodales existe una mayor correlación entre las variables DOS-DCD que entre Dap-DCD, corroborando que el DOS tiene una alta asociación en el valor final del DCD.

Se determinó que para todos los rodales, existe un menor coeficiente de determinación de la regresión DCD a partir del DOS a diferencia de la existente entre el DOO a partir del DOS, aun cuando al estimación del cilindro con defectos (DCD) es muy bien explicada por el diámetro sobre muñón (DOS).

Los rodales provenientes de sitios de mediana y baja producción ($IS \leq 32$) se logran valores más bien bajos de DCD con esquemas de poda y raleo más tardío y menos frecuentes que en los sitios de alta producción.

Para aquellos rodales que provienen de sitios de alta producción ($IS \geq 32$), se aprecia un efecto negativo en la dimensión final del DCD al atrasar el momento de la primera poda un año, llegando a obtener un promedio de 26,42 cm para esta variable. Esto indica la importancia de la primera poda para la obtención de bajos valores en la variable DCD.

Finalmente debe existir una combinación entre la productividad de los sitios y el esquema de manejo aplicar para obtener resultados satisfactorios; mayores diámetros a la edad de cosecha y menores diámetros defectuosos.

Palabras claves: pinus radiata, poda, raleo, diámetro del cilindro con defectos, diámetro sobre muñón.

1. INTRODUCCIÓN

La especie *Pinus radiata* ha sido plantada extensivamente desde principios del siglo veinte, debido a que posee un tremendo potencial de crecimiento, rendimiento y permite la obtención de un amplio rango de productos madereros (Bown, 1998). Aprovechando tal potencial, en Nueva Zelanda, se intentaron diseñar regímenes silviculturales para obtener una mejor calidad del producto final. Así se investigó la longitud de la rotación, el efecto del raleo sobre el crecimiento en diámetro, volumen y rendimiento por tipo de producto. Se analizó en detalle lo que es la poda y como esta práctica puede afectar la calidad del producto final.

En Chile las prácticas de poda de ramas verdes y los raleos han estado fuertemente influenciadas por el manejo aplicado en Nueva Zelanda. A partir de la primera mitad de los años ochenta, se inicia en Chile masivamente la aplicación de regímenes silviculturales orientados a la producción de madera libre de nudos, generándose un heterogéneo panorama silvícola a nivel nacional (Meneses y Guzmán, 2000). Dichas prácticas de poda y raleo tienen como objetivo la obtención de trozas de alta calidad para la industria del aserrío y tablero. No obstante, aunque el objetivo del manejo es común, los tratamientos aplicarse variarán ampliamente en relación a frecuencia, oportunidad e intensidad. Por lo tanto, el manejo dependerá de factores de sitio, de mercado y de aspectos relativos al tipo de propietario que maneja el bosque (Millar, 2003).

Para la obtención de madera libre de nudos se aplican tratamientos silviculturales tales como la poda, entendido como actividad previa y necesaria, que involucra la eliminación de ramas vivas o muertas del árbol permitiendo la producción de madera libre de nudos una vez que el crecimiento diametral del árbol cubre la zona de defectos producida (nudos, cara del muñón, cubierta callosa, profundidad de oclusión, etc.), quedando confinada a un cilindro central respecto al volumen total del fuste (Barrios, 2004).

Una variable fundamental para la evaluación de la poda es el diámetro del cilindro con defectos (DCD), que corresponde a la zona interna del árbol que incluye los nudos y las cicatrizaciones de cierre de las ramas, indicando físicamente el efecto de la poda en la obtención de madera de buena calidad. A través de él se obtiene una buena medida del resultado de la poda (Meneses y Velasco, 1990b).

Existe una variable importante que ayuda a controlar el momento en que se debe realizar la poda. Esta variable es el diámetro sobre muñón (DSM) ó *diameter over stubs* (DOS), que corresponde al diámetro más grande sobre las ramas podadas por unidad podada, medida en centímetros ó milímetros.

Según Meneses y Guzmán (2000), el resultado de la cosecha de los primeros bosques podados en Chile demuestran una modesta producción de madera *clear* (madera libre de nudos), en relación con las expectativas creadas, surgiendo la interrogante respecto de la potencialidad de estos bosques y los regímenes silviculturales aplicados para producir madera *clear*.

De este modo una adecuada programación de las podas (oportunidad, intensidad, número de podas y levantes posteriores) en conjunto con otras prácticas de manejo como momento e intensidad de raleos, tiempo y número de árboles con que se llegará a la corta final, harán rentables estas prácticas silviculturales.

El objetivo general de este estudio contempla:

- Evaluar el comportamiento del diámetro del cilindro con defectos (DCD) en plantaciones de *Pinus radiata* sometidas a diferentes tipos de regímenes silviculturales.

Y como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Determinar el diámetro sobre muñón (DOS) y la altura de su ubicación dentro del fuste en cada rodal.
- Establecer la relación entre el diámetro sobre muñón y el diámetro del cilindro con defectos para cada tratamiento silvicultural.
- Analizar comparativamente entre tratamientos provenientes de sitios semejantes las variables: DAP, DOS, DOO Y DCD.

2. MARCO TEÓRICO/CONCEPTUAL

2.1 Nudos

Los nudos se originan en la inclusión de la porción basal de una rama dentro del fuste del árbol. La existencia de ramas y su eliminación mediante el proceso de poda generan los nudos, los cuales desde el punto de vista fisiológico no responden al concepto de defecto. No obstante, desde el punto de vista del usuario de la madera sí corresponden a defectos, y muy importantes, a tal punto de ser los elementos más utilizados para la clasificación de la madera en distintas calidades. La importancia de los nudos sobre la calidad de la madera, es tal que, por ejemplo un árbol podado puede ver aumentado su valor entre un 170% y 200% (Barrios, 2004).

2.2 Actividades relacionadas con la obtención de madera libre de nudos

2.2.1 Poda

La poda es la actividad más relacionada con la obtención de madera de alta calidad, pero sólo se justifica desde este punto de vista, si logra cumplir con el objetivo principal que es producir madera libre de defectos o madera con pocos defectos. Además debe estar asociada a otras actividades de manejo como el momento e intensidad de los raleos ya que rara vez la poda resultará rentable si no está asociada a estas prácticas silviculturales. Por último, la aplicación de estos tratamientos y sus efectos, variarán según el sitio considerado (Davel *et al.*, 2000).

Existen defectos asociados a la poda y del proceso de oclusión (defectos técnicos y fisiológicos), siendo los más importantes la inclusión en la corteza, bolsillos de resina, canal de resina y muñón exageradamente largo (Olivares y Poblete, 1985).

Davel y Sepúlveda (2000) señalan que cuando se realiza la poda, el corte de la rama debe ser lo más cercano al tronco del árbol y paralelo al mismo, pero siempre cuidando de no producir daños en la corteza. El corte debe ser neto y limpio, sin dejar restos de corteza o partes de la rama, en caso contrario se retardará el proceso de cicatrización y se perderán los beneficios de haber realizado la poda en el momento oportuno.

2.2.2 Raleo

El raleo se define como cortas hechas en masas forestales inmaduras o durante el período de rotación, con el fin de estimular el crecimiento de los árboles residuales, y de aumentar la producción de material utilizable en éstos (Hawley y Smith, 1972).

Donoso (1981), señala que el raleo redistribuye el crecimiento en diámetro y en volumen en los árboles finales, sobre todo en el momento en que comienza la fuerte competencia intraespecífica propia de especies intolerantes a la sombra como es el caso de *Pinus radiata*.

Rivera *et al.* (1985), señalan que el incremento diamétrico aumenta en forma progresiva a la intensidad de raleo, no obstante existen casos en que parcelas no sometidas a raleo tengan diámetros mayores que parcelas raleadas. Esto indicaría que una cierta intensidad de raleo puede llegar a ser insuficiente para liberar de competencia a los individuos dominantes y codominantes.

Muchos casos de tratamientos silviculturales tienen poco efecto en el total del volumen de producción. Se puede elegir entre tener un gran número de árboles pequeños o un menor número de árboles grandes. Existen límites en la gama de densidades que proporcionarán el mismo total de volumen de producción. Por una parte si nunca se raleó el rodal, ocurre la mortalidad y hay una pérdida de la producción. Por otra parte, si el rodal se ralea en exceso, los árboles entonces no llegan a ocupar el sitio completamente y hay una pérdida en el volumen total producido (Fry, 1979).

2.3 Conceptos utilizados para evaluar la calidad de la poda

2.3.1 Diámetro del cilindro con defectos

El diámetro del cilindro con defectos (DCD) es la zona interna del árbol que incluye el cilindro con nudos, las cicatrices de cierre de las ramas podadas y los efectos de la curvatura medular (figura 1). El DCD será el mayor diámetro de este cilindro. Pero para poder determinarlo es necesario la obtención del diámetro sobre muñón (DOS) en cada uno de los verticilos podados, correspondientes a la troza, así se tendrán tantos diámetros sobre muñón como número de verticilos posea.

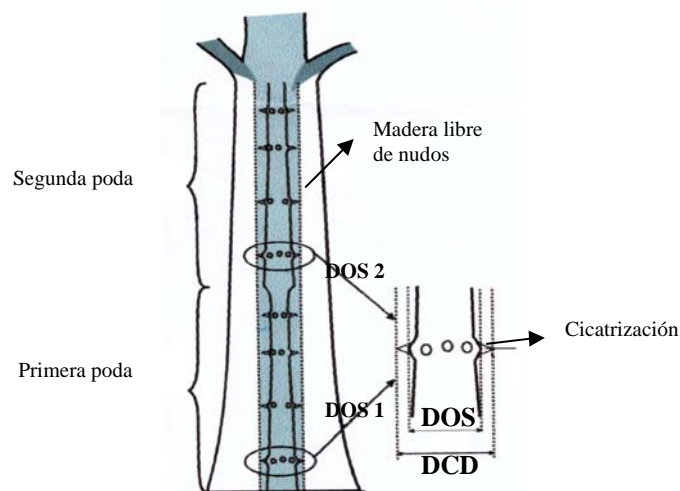


Figura 1. Representación del DCD y el DOS en un árbol podado y que ya ha producido madera libre de nudos. Fuente: Davel *et al.* (2000)

Estudio de trozas relacionando el DOS y el DCD derivan la siguiente ecuación:

$$DCD = b_0 + b_1 \times DOS$$

Donde:

- DCD, DOS: en mm ó cm
- b_0 , b_1 : son coeficientes de regresión lineal simple

Esta ecuación es obtenida por Park (1982), pero Gosnell (1987) obtiene una ecuación en la que el diámetro sobre muñón (DOS), como variable independiente, es reemplazado por el diámetro sobre oclusión (DOO) y la curvatura de la troza.

El diámetro sobre oclusión ó *diameter over occlusion* (DOO), se obtiene al sumar al diámetro sobre muñón el cierre de la herida ocasionada por la poda. Esta variable se mide en sentido radial y la suma de ambos radios que contienen el máximo DOS conforma el DOO.

El proceso de cicatrización es un indicador que sintetiza la efectividad del proceso que se inicia con la poda, síntesis que expresa tanto la calidad de la poda, como la reacción del árbol a la poda en la zona circundante a los muñones (Meneses *et al.*, 1989). Así, el tamaño alcanzado por la variable DOO incluirá tanto defectos técnicos y fisiológicos lo que contribuye finalmente a la obtención de un mayor o menor DCD.

2.3.2 Diámetro sobre muñón

El diámetro sobre muñón, DSM ó DOS (*diameter over stubs*), es el diámetro del mayor muñón existente en la parte podada del fuste y es el que va a influir en mayor medida al DCD (Davel *et al.*, 2000), y está definido como la resultante de la suma del diámetro en el fuste a la altura del verticilo podado más la protuberancia inherente a la ramificación del árbol (figura 2).



Figura 2. Medición del diámetro sobre muñón (DOS) en árbol en pie.

El diámetro sobre muñón es una variable muy importante para decidir la oportunidad de la primera poda y la frecuencia de las siguientes (Meneses y Velasco, 1990), ya que permite controlar un tamaño de DOS deseado. Al momento de podar este no debería sobre pasar los primeros diámetros de muñón alcanzados, de lo contrario las primeras podas no cumplirían su objetivo, que es no aumentar este diámetro a mayor altura en el fuste.

Por lo tanto, este diámetro (DOS) es la variable de control para el silvicultor ya que ella va a definir el momento adecuado para realizar las podas. Cuando este diámetro alcanza un valor de 14-15cm, en *Pinus radiata*, es el momento adecuado para realizar la primera poda. Si el DOS se deja crecer muy por encima de este valor, la poda se convierte en un gasto que no brindará retornos económicos en el futuro y sólo se debe realizar como medida de prevención contra incendios (Davel *et al.*, 2000).

2.4 Índice de sitio

En Chile existen diferentes calidades de sitio, que contribuyen a aumentar la variabilidad de resultados al aplicar un mismo esquema de manejo (raleos y podas) en diferentes sitios. Los índices más altos tienen árboles con mejor forma, mayor altura y diámetros mayores que sitios con menores índices (variables que se reflejan en la calidad del rollizo). Una mayor vigorosidad, propia de índices de sitios altos, contribuye a un desarrollo más temprano o más rápido de los árboles, provocando intervenciones anticipadas o más intensas que las usadas en sitios de menor calidad.

Meneses y Guzmán (2000) de acuerdo a sus resultados, agrupan la potencialidad en la producción de madera *clear* en sitios buenos con un $IS \geq 32$ m, sitios medios $32m > IS \geq 29$ m y sitios malos $IS \leq 29$ m. De acuerdo a sus resultados tanto en los sitios buenos como los medios existe una subutilización del sitio, como consecuencia de la aplicación de regímenes silviculturales inadecuados, y que los sitios malos (< 29 m) son inadecuados para dedicarlos a la producción de madera de alta calidad.

Tombleson (1990) señala que en presencia de mayores índices de sitio, los diámetros de las ramas presentan un menor valor, atribuyendo este comportamiento al rápido desarrollo experimentado en altura por las copas verdes. Si el tamaño de las ramas tiende a disminuir a medida que el índice de sitio aumenta entonces existiría una correlación negativa entre el índice de sitio y el índice de ramas. Por el contrario Delmastro *et al.* (1979) citado por Millar (2003), señalan que para una densidad dada un mejor sitio favorecerá el desarrollo de copas más vigorosas con ramas de mayor diámetro y engrosamiento nodal del fuste.

2.5 Altura de poda e intensidad de poda

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).

Sutton y Crowe (1975), en un estudio en el cual evalúan una poda selectiva de la troza principal (6 m) removiendo un 20, 35 y 60% de copa viva en rodales no raleados, determinaron que el tamaño de la parte central nudosa disminuye a medida que se aumenta lo riguroso y la frecuencia de la poda.

La poda a 6 m en tres ocasiones, en lugar de dos, disminuye la parte central nudosa en 2,5 cm. Para una poda dada, el tamaño de la parte central nudosa estaba relacionado con la altura del árbol al momento de la operación. Un aumento de 1 m en la altura del árbol cuando fue podado equivalía a un aumento de 1,5 cm en el diámetro de la parte central nudosa, lo que indica la importancia de una poda a su debido tiempo (Sutton y Crowe, 1975).

Baeza (2005), señala que árboles sometidos a una severidad de poda de 40% de copa viva residual presentan menor crecimiento que los que tienen una severidad del 60%. De estos últimos, son más grandes los que en su esquema de manejo tienen menor densidad final (200 árboles por hectárea). Una menor cantidad de copa residual sumado a un mayor número de árboles, impacta negativamente sobre el tamaño de los árboles.

En el estudio realizado por Meneses y Velasco (1990) sobre el efecto del raleo y poda en el crecimiento diametral de ramas, no existen diferencias significativas entre los crecimientos anuales por intensidad de raleo y poda. Sin embargo, apreciaron un leve mayor crecimiento promedio en los tratamientos (raleo y poda) que eran aplicados con mayor intensidad, siendo mas claros en el caso de raleo. Obtuvieron que mientras mas intenso es el raleo, mas frecuentes son las ramas con mayor número de anillos, es decir, un mayor diámetro final de rama. Con respecto a la intensidad de poda, aun cuando su influencia es menor que el raleo, se obtuvo que la poda menos intensa (40%) se asocia con una menor frecuencia de ramas con diámetros finales mayores.

La indicación más importante para el manejo es cómo las partes centrales nudosas pequeñas deben ser un primer objetivo de la poda y cómo esto necesita de una poda intensiva en tres ocasiones, es conveniente realizar un raleo fuerte al momento de podar, con el objetivo de reducir al mínimo las pérdidas de dominancia y crecimiento del diámetro del tronco.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Material

3.1.1 Área de estudio

Los rodales seleccionados para este estudio son parte de la base de datos del proyecto Fondef Maderas *Clear*¹. El estudio abarcó diferentes zonas de crecimiento y diferentes índices de sitio, además de contar con diferentes tratamientos silviculturales por rodal.

Por contar con una heterogénea base de datos, se eligieron primeramente rodales que posean índices de sitios mayores a 29 m. Según Meneses y Guzmán (2000) son sitios que responden a tratamientos de poda y raleo para la obtención de madera libre de nudos. Como no todos los rodales contaban con esta condición se procedió a elegir rodales con índice de sitios cercanos a 29 m, es así como los rodales 1, 5, 22 y 23 poseen índice de sitios mayores a 28 m (cuadro 1).

Para poder realizar comparaciones entre tratamientos, los rodales debían mantener constante las variables relacionadas con el sitio, por lo que se eligieron pares de tratamientos silviculturales diferentes pertenecientes a rodales que provienen de iguales zonas de crecimiento e índice de sitios semejantes. Es así como los rodales 1 - 3 y 25 - 26 pertenecen a la zona de crecimiento 4, los rodales 5 y 6 a la zona de crecimiento 7 y los rodales 22 - 23 zona de crecimiento 2 (figura 3). Un detalle de tal descripción así como el año de plantación, edad al momento de la corta y región en la que se sitúan dichos rodales se aprecia en el cuadro 1.

Cuadro 1: Ubicación de los rodales

Código rodal	Año plantación	Edad 2003	IS	ZC*	Región
1	1981	22	28,1	4	VIII
3	1981	22	29,2	4	VIII
5	1978	25	28,6	7	VIII
6	1978	25	29,3	7	VIII
22	1984	19	28,4	2	VII
23	1984	19	28,1	2	VII
25	1984	19	35	4	VIII
27	1984	19	34,7	4	VIII

*:zona de crecimiento

Para *Pinus radiata* se identifican 10 zonas de crecimiento, basándose en la productividad en área basal de acuerdo a la distribución existente en el país, las cuales se extienden desde Valparaíso en la V Región, por el norte, hasta la Unión en la X Región por el sur.

¹ Formalmente comprende el proyecto “FONDEF DOOI1159”

A continuación se presenta una descripción de las zonas de crecimiento 2, 4 y 7 información extraída del documento resumen Simulador Radiata Plus.

Zona II: se ubica en una franja costera entre el Lago Vichuquén (34° 50' de latitud S.) y Tomé (36° 35' latitud S). Los suelos son derivados de fondos marinos y en menor proporción graníticos y metamórficos. La precipitación media anual es de 897 mm, con una estación seca de 5 meses y una temperatura media anual de 14°C. Las localidades que incluye son: Constitución, Vichuquén y Cobquecura.

Zona IV: se extiende entre el norte de San Clemente y el cordón montañoso de Mahuidanche abarcando la precordillera andina. Los suelos son trumaos, incluyendo la mayor parte de los suelos forestales de la precordillera andina. El área presenta lluvias abundantes durante todo el año e intensas heladas. Localidades que incluye: San Ignacio, Yungay, Huepil, Santa Bárbara, Victoria, Lautaro, Pitrufrquén, Gorbea y Loncoche.

Zona VII: morfológicamente irregular, esta zona se extiende entre el río Itata (36° 30' de latitud S.) y el sur de Traiguén (38° 15' de latitud S.), abarcando parte de la vertiente oriental de la cordillera de la costa y el área del llano central. El grupo de suelos graníticos, tiene fuerte presencia incluyendo lacustre y rojo arcillosos. La precipitación media anual es de 1.055 mm con una estación seca de cuatro meses. La temperatura media anual es de 13,3°C.

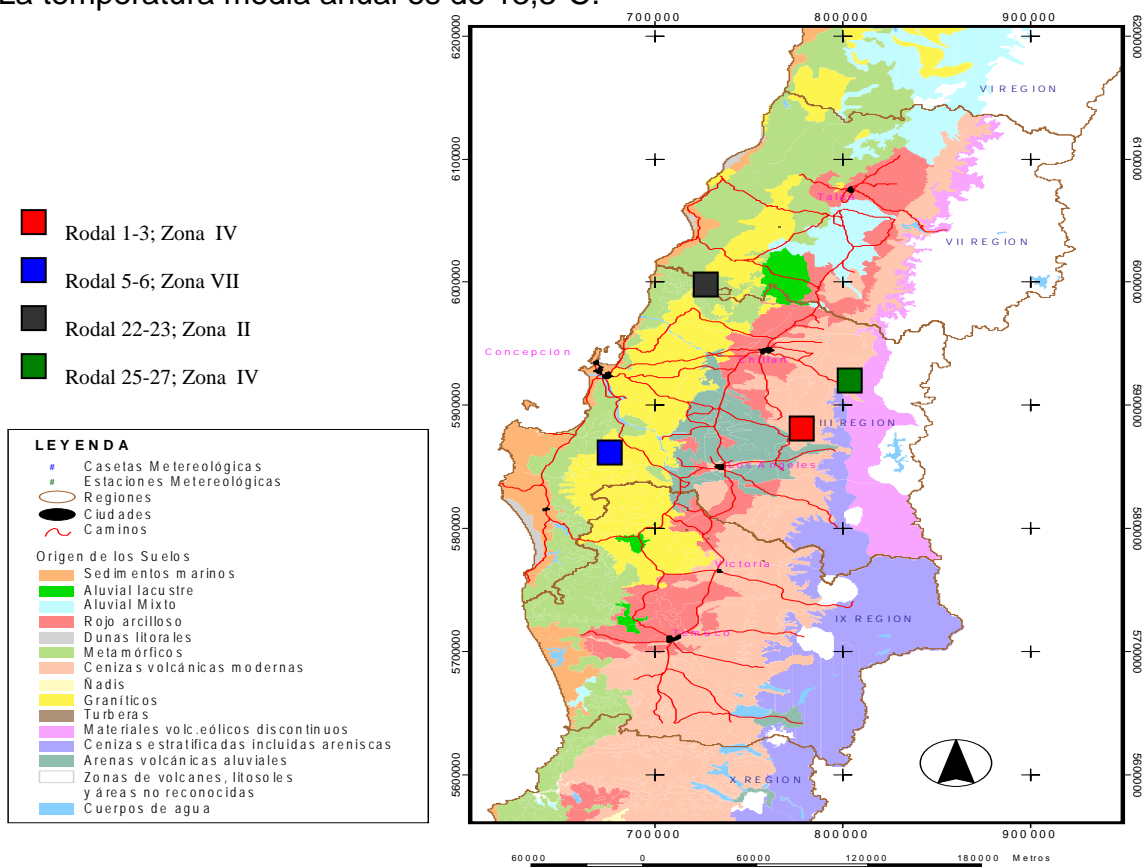


Figura 3: Mapa ubicación rodales

3.2 Metodología

3.2.1 Obtención de datos

Se seleccionaron 8 rodales podados de precosecha con un total de 24 árboles por rodal. La selección excluía árboles mal formados, curvos, bifurcados, con daño aparente, de estratos intermedios y bajos.

La metodología utilizada en la selección de los 24 árboles, así como su medición está descrita en anexo 4.

La base de datos específica para este estudio se obtuvo mediante el método del cuadrado (anexo 4) utilizado para el análisis de trozas podadas de *Pinus radiata*, cuya descripción se encuentra en el Manual de Inventario para Maderas Clear (2004). Este método, básicamente consiste en realizar cortes transversalmente en la troza podada (5,05 m) y enumerar dichas secciones en cada troza, obteniéndose rodela en las cuales se marcan los ejes X e Y previa ubicación del eje central geométrico (figura 4).

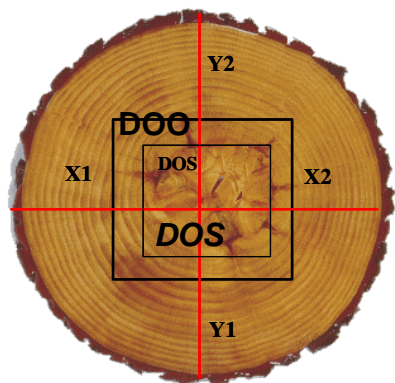


Figura 4: Marcaçión de los radios.

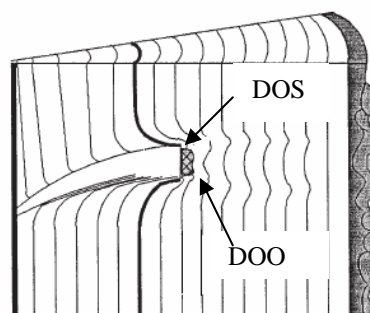


Figura 5: Ubicación DOS y DOO

Para cada sección transversal se marcan el diámetro sobre oclusión (DOO) y diámetro sobre muñón (DOS), para luego cortar con un hacha tal sección hasta encontrar el diámetro del cilindro con defectos, dejando un cuadrado en cada corte, es decir paralelo a la fibra (figura 5).

De esta manera se obtuvieron los datos específicos para determinar el diámetro del cilindro con defectos (DCD) para cada rodal, contando para cada verticilo podado con los radios y diámetros de oclusión (DOO) y del muñón (DOS).

3.2.2 Descripción tratamientos

Como se explicó en párrafos anteriores, se contaba con una variedad de tratamientos aplicados a rodales ubicados en diferentes zonas de crecimiento, por lo que se seleccionaron pares de rodales provenientes de mismas zonas e índices de sitios semejantes, con el fin de lograr que las variables respuesta a estos tratamientos no tengan influencia del sitio al comparar tratamientos diferentes en condiciones de sitio muy disímiles.

Este estudio está conformado por ocho rodales representando cada uno de ellos un tratamiento en particular y cuyo criterio de selección fueron la edad de la primera intervención, número de intervenciones y periodicidad de éstas.

Cuadro 2: Esquema de poda y raleo rodales 1-3; 5-6; 22-23; 25-27

Rodal	ed p1	ed p2	ed p3	ed p4	hp1 (m)	hp2 (m)	hp3 (m)	hp4 (m)	nha p1	nha p2	nha p3	nha p4	eral d1	eral c1	eral c2	dral d1	dral c1	Nha final
1	7	8	8,1	11	-	-	-	-	-	604	361	422	7	11	14	-	-	-
3	11	14			-	7,7			-	320				11	14			-
5	-	6	8	11	-	4,4	5,6	9,8	-	754	418	248		11				-
6	6	8	11		4,7	6	9,2		673	500	330			11	14			-
22	8	9	10		2,8	4,7	5,8		1016	620	540		9	15		620	510	510
23	7	8	9		-	3,1	5,4		849	796	752		6	12		849	544	544
25	6	7			4,8	5,5			607	438			5	13		607	445	445
27	5	6	7		-	4,4	5,5		862	594	594		5	12		862	572	572

-: sin información; edp = edad poda; hp = altura poda; nha = número árboles por hectárea
 eral = edad raleo; dral=densidad raleo; d=desecho; c=comercial

El cuadro 2 muestra la información de los esquemas de manejo aplicados en cada rodal. Para el rodal 1 se tiene cuatro podas, la primera poda a los 7 años con un raleo de desecho, una segunda poda a los 8 años y una tercera intervención dentro del mismo período y una última poda a los 11 años junto con un raleo comercial, consiguiendo un total de 422 árboles podados y finalizando con un segundo raleo comercial a los 14 años. El rodal 3, en cambio, comienza más tarde tales tratamientos, con una primera poda a los 11 años junto a un raleo comercial y una segunda poda a los 14 años en conjunto con un segundo raleo comercial, con un total de 320 árboles podados. Sólo para este rodal se cuenta con la altura conseguida en la segunda poda, siendo de 7,7 m.

El rodal 5 posee cuatro podas, de las cuales no se cuenta con la información del año de la primera poda. Luego se registran tres intervenciones: una a los 6 años con una altura de poda de 4,4 m; una tercera poda a los 8 años con 5,6 m de altura poda y finalmente (año 11) alcanzando una altura de poda de 9,8 m, junto con un único raleo comercial. Al rodal 6 se le aplicó una primera poda a los 6 años con una altura de poda de 4,7 m; para continuar a los 8 años hasta los 6 m de altura de poda y finalizando esta actividad a los 11 años con una poda a los 9,8 m. Se ejecutaron dos raleos comerciales a los 11 y 14 años, de los cuales no se cuenta con las densidades

conseguidas. La única información relacionada con densidad es el número de árboles podados, siendo para el rodal 5 de 248 árb/ha y para el rodal 6 de 330 árb/ha, asumidas como densidades finales.

El rodal 22 fue sometido a tres podas continuas desde los 8 años con alturas de poda de 2,8m; 4,7m y 5,8m y dos raleos; el primero a los 9 años y un último raleo comercial a los 15 años con un *stock* final de 510 árb/ha. El rodal 23 posee también tres podas continuas, pero aplicadas con un año de antelación desde los 7 años y un raleo de desecho a los 6 años y uno comercial a los 12 años.

Los rodales 25 y 27 son los que poseen los mayores índices de sitio (cuadro 1) y cuyos tratamientos reflejan intervenciones tempranas y continuas, pero su efectividad será analizada y comparada más adelante. El rodal 25 fue sometido a dos podas a los 6 y 7 años con un raleo temprano a los 5 años y uno comercial a los 13 años, llegando con un *stock* final de 445 árb/ha. El rodal 27 comienza a los 5 años con su esquema de poda y raleo, siendo continuas las dos podas siguientes hasta los 7 años. Finalmente a los 12 años se le aplica un raleo comercial. Ambos rodales terminaron con una altura de poda de 5,5m.

Se puede apreciar que los rodales 1, 3, 5 y 6 no cuentan con la densidad final, sólo con el número de árboles podados lo que da una aproximación al número de árboles por hectárea que se mantienen hasta la cosecha.

3.2.3 Análisis estadístico

Para el procesamiento y análisis estadístico de la información se utilizó el programa SPSS 11.0 (Statistical Package for the Social Sciences).

Para cada rodal se obtuvo los correspondientes estadígrafos básicos como la media, desviación estandar, mínimo, máximo y coeficiente de variación para las variables Dap, DOS, DOO y DCD.

Para la evaluación estadística de cada tratamiento para distinguir la existencia de diferencias significativas respecto a la variable diámetro del cilindro con defectos (DCD), se utilizó análisis de varianza (ANDEVA) previa aplicación de las pruebas Kolmogorov – Smirnov para comprobar el supuesto de normalidad de los datos y de homogeneidad de varianza (Anexo 1).

Para determinar el grado de relación entre el DCD y las variables DOS, Dap y DOO se obtuvo un coeficiente de correlación simple con un nivel de significancia de 0,05. Se relacionaron las variables DOO – DOS y DCD – DOS, mediante regresión simple para la obtención de modelos en cada rodal y analizar el grado de asociación entre estas variables. El comportamiento de la variable DCD se analizó mediante regresión entre el Dap y DCD para cada tratamiento, obteniendo los respectivos coeficientes de regresión y determinación así como su análisis del tipo gráfico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estadística descriptiva y análisis de las variables

4.1.1 Descripción de la variable Dap por tratamiento

Cuadro 3: Caracterización dasométrica de los rodales

Rodales	Dap (cm)					HTOT (m)				
	Prom.	Mínimo	Máximo	D.S.(cm)	C.V.(%)	Prom.	Mínimo	Máximo	D.S.(cm)	C.V.(%)
1	41,1	30,9	51,3	5,7	13,8	29,5	24,3	35,1	2,8	9,4
3	42,9	33,5	56,6	6,4	14,8	30,0	23,7	33,5	2,5	8,2
5	41,0	30,9	54,1	6,6	16,1	33,3	27,4	38,0	2,7	8,2
6	41,2	30,1	50,0	5,6	13,5	31,7	26,6	37,1	2,6	8,1
22	36,7	30,2	46,0	4,2	11,6	27,2	23,5	30,5	1,9	7,1
23	36,1	30,4	42,3	3,3	9,1	26,7	22,4	29,0	1,5	5,6
25	39,5	31,9	54,1	6,3	15,9	33,0	29,0	38,4	2,6	7,9
27	38,0	30,7	50,2	5,5	14,5	33,0	30,2	36,7	1,6	4,8

El cuadro 3 presenta los datos resúmenes para Dap y altura total, con diámetros promedio que fluctúan entre los 36 – 43 cm. En mayor detalle se puede apreciar la distribución diamétrica de los 24 árboles por rodal en anexo 2. El rodal 3, con una edad de 22 años, presenta los mayores diámetros con un Dap promedio de 42,9 cm y un Dap máximo de 56,6cm, cuya baja densidad final asociada con el número de árboles podados (ver cuadro 2), aporta en obtener tales valores. El crecimiento en diámetro, como respuesta al raleo, se incrementa mientras menor es el nivel de densidad de la plantación (Espinosa *et al.*, 1994).

El rodal 23, con 19 años, es el que menor diámetro presenta con un promedio de 36,1 cm siendo natural, ya que además posee el menor índice de sitio y cuenta con un mayor *stock* final de 544 árb/ha. Para el caso de los rodales que presentan mayores índices de sitio, el rodal 25 alcanza un Dap promedio mayor que el rodal 27, ya que la densidad final en este último rodal supera en más de 100 árboles al rodal 25. Considerando sólo Índice de sitio y densidad final, existe una correspondencia lógica al obtener menores diámetros promedios asociando índices de sitio menores con altas densidades.

Con respecto a la variación de estas variables, el rodal 5 posee para Dap una desviación estándar de 6,6 cm con respecto a la media y un coeficiente de variación del 16,1% siendo el rodal que posee la mayor dispersión. El rodal 23 no presenta mayores diferencias dentro de sus valores con una desviación estándar de 3,3 cm correspondiendo sólo al 9,1% de variación. Similares resultados se obtuvieron en el trabajo realizado por Millar (2003) para *Pinus radiata*, cuya variación para Dap también fue de 16% con rodales entre 17 y 26 años y densidades medias de 380 árb/ha.

Según el estudio de Neilsen y Pinkard (2003) en el noreste de Tasmania, podas severas, es decir sobre el 60%, influyen de manera significativa en la disminución del crecimiento diametral de los árboles, siendo el raleo una actividad necesaria de aplicar para contrarrestar tal disminución. En este estudio todos los rodales fueron sometidos a raleos (ver cuadro 2), ya sean estos de desecho y/o comercial.

En el caso del rodal 1, que fue sometido a cuatro podas, se le aplicaron tres raleos, obteniéndose un Dap medio de 41,1 cm a la edad de 22 años. El rodal 5 también cuenta con cuatro podas, pero sólo un raleo comercial y con un Dap promedio de 41cm a los 25 años. Los rodales 22 y 23 tienen tres podas y dos raleos con un número final de árboles muy similares y sus Dap promedios a los 19 años son de 36,7cm para el rodal 22 y de 36,1 cm para el rodal 23. Finalmente los rodales 25 y 27, que provienen de sitios de alta productividad, se diferencian en el número de podas a que fueron sometidos. El rodal 25 con dos podas y dos raleos tiene un Dap promedio a los 19 años de 39,5 cm con 445 arb/ha y el rodal 27 con tres podas y dos raleos un Dap promedio de 38 cm a los 19 años con 572 arb/ha.

Con respecto a las alturas, variable asociada al índice de sitio, y que dentro de rangos normales no es afectada por la densidad, régimen de manejo y preparación del suelo (Real y Cox, 2005), éstas se encuentran dentro del rango al asociarla con la edad de los rodales. Como la edad clave para esta especie es de 20 años, los rodales que superan esta edad tienen lógicamente mayores alturas. Los rodales 5 y 25 presentan las mayores alturas promedio y máximas, pero el rodal 5 con un índice de sitio menor y mayor edad (25 años), alcanza la altura del rodal 25 que tiene 19 años.

4.1.2 Diámetro sobre muñón (DOS)

Para que una poda se justifique es imprescindible que ella cubra en su totalidad el largo comercial de una troza, o, en su defecto, que la poda siguiente no determine un diámetro máximo sobre muñón superior a la poda anterior (Meneses y Velasco, 1990). Por lo que se hace necesario identificar en cuál de las intervenciones se consiguió dicha variable.

Para el caso de los rodales 1 y 3 no se cuenta con la información referente a la altura alcanzada en cada intervención, sólo para el rodal 3 la segunda poda alcanzó una altura de 7,7 m a los 14 años, pudiendo haber logrado en la primera poda (11 años) un largo deseado de la primera troza, es decir haber podado un largo de 5,05 m. En otras palabras, si se poda un alto porcentaje de la copa en las primeras podas se obtiene un producto comercial y las siguientes actividades son independientes de la primera (Meneses y Velasco, 1990). Así lo demuestra el estudio de Villalobos (2005), que evalúa altura de inicio y frecuencia de podas. La baja altura de poda en tres levantes sucesivos no permitió obtener una troza comercial y obligó a podar de forma más temprana que tratamientos en los cuales se alcanzó una mayor altura de poda.

A pesar que no se poseen las alturas de poda de cada intervención, sí se puede obtener la altura a la que se encuentra el DOS. La figura 6 muestra la altura mínima, máxima y media por rodal de la ubicación del DOS, reflejando de mejor forma los rodales que alcanzan a mayor altura dicha variable.

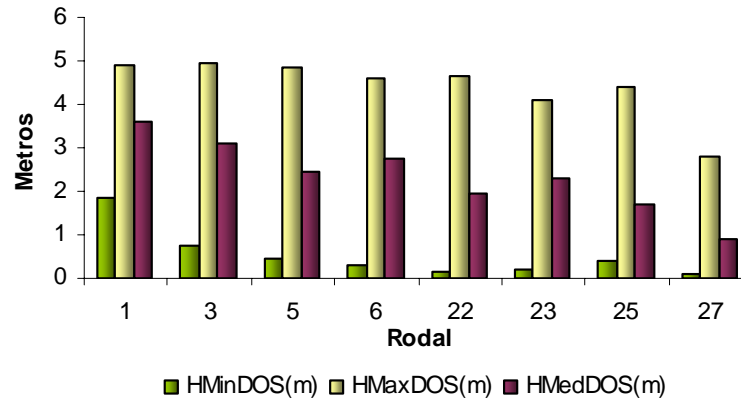


Figura 6: Altura de ubicación del diámetro sobre muñón por rodal

De acuerdo a la información disponible de las alturas de poda alcanzadas en cada rodal (ver cuadro 2), la altura promedio de ubicación del DOS se habría logrado en la primera poda para casi todos los rodales. Una excepción podría ser el rodal 1, que posee a mayor altura promedio el DOS, siendo de 3,6 m y con un máximo prácticamente del largo total de la primera troza. Este resultado se debería a podas realizadas a baja altura que obligan a acelerar las podas posteriores, cuyo incumplimiento hace perder el efecto de la primera, logrando que aumente tanto la altura de ubicación como la dimensión alcanzada del DOS en podas posteriores.

El rodal 3 en particular, registra el dato que la segunda poda, realizada a los 14 años, fue hecha a una altura de 7,7 m; lo que aportaría a encontrar esta variable a mayor altura dentro del fuste, ya que una poda a esa edad ya es muy atrasada por las dimensiones mismas del árbol, removiendo un porcentaje de copa de acuerdo a la altura del árbol y el menor tiempo con el que contará para cicatrización de las ramas podadas, va en desmedro de la cantidad de madera libre de nudos que tendrá a la edad de cosecha.

Se puede calificar como una poda buena, desde el punto de vista de la ubicación del DOS, la realizada para el rodal 27, cuyos valores tanto para la ubicación media como máxima son las menores. Su régimen de podas fueron continuas desde los 5 años y cuya segunda poda a los 6 años alcanzó los 4,4m, terminando a los 7 años con una altura de poda de 5,5m. Según la información acerca de los valores alcanzados en sitios de alta productividad (Real y Cox, 2005) como son los rodales 25 y 27, las dos primeras podas se deberían realizar con un 28 - 30% de severidad, hasta alcanzar en la tercera poda una altura de poda de 5,3m como mínimo para mantener una altura de poda homogénea de 6,0 m y controlar el DOS.

Cuadro 4: Diámetro sobre muñón promedio en cada rodal

Rodal	DOS (cm)
1	17
3	16,1
5	17,5
6	16,0
22	19,3
23	16,3
25	19,0
27	21,2

Para los rodales 1-3 y 5-6 los valores de DOS promedio por rodal son prácticamente los mismos y cuyos índices de sitio no difieren mayormente. El caso del rodal 3 y 6 que logran un mismo DOS, a pesar de tener un régimen de poda diferente, se debería a que las podas posteriores a los 6 años del rodal 6 no lograron mantener un DOS menor, las cuales no fueron continuas y finalizaron a los 11 años. Este valor, de 16 cm, es considerado bueno para un DOS (Knowles *et al.*, 1987), pero considerando los bajos índices de sitios, resulta más fácil encontrar menores valores por las bajas dimensiones alcanzadas por los árboles. Lo mismo sucede para los rodales 1 y 5 que obtuvieron DOS similares, pero las podas fueron en estos casos similares, ya que comenzaron los dos rodales a edades bajo los 7 años, pero cuya ubicación dentro del fuste logra obtener valores de DOS también menores (17 cm).

Los rodales 22 y 23 poseen entre ellos las mayores diferencias dimensionales en la variable DOS, siendo de 3,03 cm. Si bien poseen índices de sitio similares, esta diferencia se debería a la oportunidad de podas a las que fueron sometidas. En el caso del rodal 23 fue más temprana, lo que permite intervenir un individuo con menores diámetros al tener una menor edad.

En el estudio realizado por Villalobos (2005), el tratamiento que obtuvo los menores valores de DOS fue aquel que comenzó su intervención de poda antes que los demás tratamientos (altura poda, edad) y además en que sus árboles tenían menores tamaños en la variable Dap al momento de la poda.

Los rodales 25 y 27 provienen de un sitio de alta productividad, ($IS \geq 32m$), y cuyas condiciones de sitio favorecen el rápido y gran crecimiento en diámetro, como también el gran desarrollo del diámetro de ramas lo que determina el tamaño del DOS, características mencionadas por Park (1980). Y es uno de ellos, el rodal 27, el que presenta el mayor DOS siendo de 21,16cm; aun cuando este rodal posee el régimen de podas más tempranas y continuas de todos los rodales (5, 6 y 7 años). Esto indica que la primera poda debió haber sido a los 4 años, para poder obtener un menor valor en esta variable. Sin duda en estos rodales ubicados en sitios excelentes, se debe mantener un mayor control en esta variable, ya que al realizar la poda en conjunto a un raleo, permite un mayor desarrollo del diámetro de los árboles lo que aporta en la obtención de mayores dimensiones que se suma al valor del DOS.

Park (1982) estableció, para Nueva Zelanda, un DOS objetivo entre los 13 – 19 cm dependiendo de los factores de sitio y costos, y que DOS mayores de 30 cm serían el resultado de una poda muy atrasada. Y para el caso de Chile tales valores objetivos fueron alcanzados en un estudio realizado por Meneses y Velasco (1990). Dichos valores fluctuaron entre los 14 y 17cm y cuyos menores valores de DOS así como la obtención de una troza comercial en la primera poda, se lograron a una mayor intensidad en la altura de poda (50 y 60%). A diferencia de aquellos rodales que tuvieron una altura de poda del 40%, no permitió obtener una troza comercial con madera libre de nudos, ya que podas a baja altura, obligan a acelerar la realización de la segunda poda para evitar que las ramas superiores logren un mayor diámetro.

Esto resulta consistente al relacionar el cuadro 4 con la figura 6. Los mayores DOS se obtuvieron en aquellos rodales que tienen esta variable a menor altura, como son los rodales 22, 25 y 27, confirmando que la poda fue tardía al conseguir mayores dimensiones en esta variable.

Aun cuando para sitios de alta productividad es recomendable comenzar la poda a edad temprana, el porcentaje de copa residual o la altura a la cual se poda es una variable muy importante, como lo confirma el estudio de Baeza (2005), al obtener los menores DOS (12,3 cm) con sólo un 40% de copa viva, un stock final de 400árb/ha y tres raleos. Villalobos (2005), con un IS=32, obtiene el menor valor de DOS (17,4cm), el cual puede deberse a que este tratamiento comenzó su intervención de poda antes que los dos tratamientos anteriores, con un inicio de poda de 7,7m y además, es aquel que sus árboles poseían menores tamaños en la variable Dap al momento de la intervención.

4.1.3 Diámetro sobre oclusión (DOO)

La profundidad de cicatrización no es un dato menor ya que influye en el tamaño que alcanza el diámetro del cilindro defectuoso (DCD), pero el análisis de la variación de la cicatrización escapa a los objetivos de este estudio por lo que se enfocará a los diámetros alcanzados en cada tratamiento y su relación con otras variables.

La profundidad de cicatrización se presenta claramente en el diámetro sobre oclusión (DOO), ya que esta variable corresponde al cierre de la herida provocada por la poda, por lo que sus dimensiones abarcan al diámetro sobre muñón (DOS) más dicha cicatrización. El cuadro 5 muestra esta diferencia de cierre de herida en el plano x, plano y, además de la media de dichos valores. Estos valores se miden en sentido radial y es prácticamente una constante de 1,50 cm en los dos planos, aportando en sentido diametral 3 cm de cicatrización después de la poda.

Cuadro 5: Profundidad de cicatrización en sentido radial por rodal

Rodal	plano x(cm)	plano y(cm)	media(cm)
1	1,68	1,27	1,48
3	1,32	1,28	1,30
5	1,80	1,68	1,74
6	1,85	1,87	1,86
22	1,79	1,85	1,82
23	1,19	1,42	1,31
25	1,29	1,40	1,35
27	0,96	1,55	1,25

Fenton y Sutton (1968), citados por Millar (1999), señalan que en cuanto al primer raleo se debe realizar en conjunto con la primera poda de manera de estimular un rápido cierre de las heridas producidas por esta última y una consiguiente disminución del DCD.

Los mayores valores promedios de oclusión se dieron en los rodales 5, 6 y 22; superando 1,5cm en sentido radial. Los rodales 5 y 6 tuvieron un primer raleo a los 11 años, liberando recién a esa edad los árboles residuales que además de pertenecer a sitios de productividad baja y media, contribuyen en la obtención de mayores valores de cicatrización, por la lentitud de cierre. El rodal 22 tuvo una primera poda a los 8 años con una alta densidad de árboles podados, y no fue hasta los 9 años que se aplicó un raleo de desecho bajando la densidad del rodal a 620 árb/ha. Sumando a esta práctica, además, que es un rodal proveniente de un sitio de baja productividad lo que implica una cicatrización aún más lenta que en los rodales de alta productividad.

Los rodales 22 - 23 son los que poseen la mayor diferencia en el valor promedio de cicatrización. El rodal 22 alcanza una dimensión de 1,82 cm y el rodal 23 de 1,31 cm, pero llevado a diámetro, un centímetro puede hacer la diferencia en la dimensión final del diámetro del cilindro con defectos (DCD), lo que provocaría atrasar la rotación para poder recuperar tal dimensión en el diámetro final para la obtención de madera libre de nudos. El rodal 23 al momento de la primera poda cuenta con una menor densidad ya que ha tenido un primer raleo un año antes, lo que contribuye a tener un mayor espaciamiento, y como se ha dicho en los párrafos anteriores permite una pronta oclusión de las heridas en las ramas podadas.

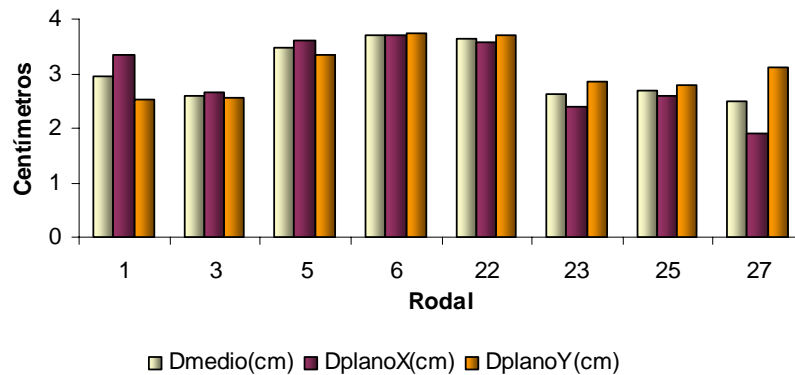


Figura 7: Profundidad de cicatrización en diámetro

La figura 7 muestra la profundidad de cicatrización en sentido diametral, observando que los rodales 1 y 27 son los que presentan mayores diferencias entre los planos x e y, perjudicando el valor final del DCD al existir una mayor variabilidad de oclusión. Además en rodales con menores índices de sitio se tiene una cicatrización más lenta, y si sumamos una alta densidad, dichos valores pueden llegar a los 4cm, obligando a atrasar la edad de cosecha para obtener diámetros que maximicen la cosecha final.

El cuadro 6 presenta para cada rodal los valores obtenidos para el diámetro sobre oclusión. Ciertamente del conjunto de rodales, el rodal 27 es el que tiene un mayor diámetro sobre oclusión (DOO). Aun cuando sus radios de cicatrización fueron menores no lograron minimizar el tamaño alcanzado en esta variable, confirmando que el régimen de podas aplicados fuera demasiado tarde.

Cuadro 6: Diámetro sobre oclusión promedio obtenido en cada rodal

Rodal	DOO(cm)
1	20,2
3	19,6
5	20,2
6	19,0
22	22,7
23	19,2
25	22,7
27	23,0

4.2 Diámetro del cilindro con defectos (DCD)

4.2.1 Valores del DCD por tratamiento o rodal

El diámetro del cilindro con defecto (DCD) es la variable que refleja el éxito de podas y raleos, siempre dependiendo del objetivo. Es así como el cuadro 7 presenta los valores obtenidos de esta variable por rodal, sus estadígrafos descriptivos y la

diferencia existente entre el Dap y DCD medio. Las diferencias para DCD entre rodales resultaron ser altamente significativas (tabla ANDEVA con sus valores se puede ver en anexo 1).

Cuadro 7: Estadística descriptiva para el diámetro del cilindro con defectos por rodal

Grupo	Rodal	Zona	IS	a			b			Mín.	Máx.
				Dap (cm)	DCD(cm)	libre nudos	Des. Est.	C.V.(%)	a-b(cm)		
A	1	4	28,1	41,1	22,4	18,7	4,0	18,0	14,9	31,5	
	3	4	29,2	42,9	21,7	21,2	3,3	14,9	16,1	28,8	
B	5	7	28,6	41,0	22,3	18,7	3,4	15,3	16,6	32,0	
	6	7	29,3	41,2	21,6	19,7	3,5	16,0	15,9	28,3	
C	22	2	28,4	36,7	25,4	11,4	3,8	14,8	18,9	31,2	
	23	2	28,1	36,1	21,5	14,6	2,9	13,3	14,8	27,4	
D	25	4	35	39,5	26,4	13,1	3,7	14,0	19,6	32,8	
	27	4	34,7	38,0	25,4	12,7	4,1	16,3	20,7	37,9	

IS = índice de sitio; C.V.=coeficiente de variación

Se puede apreciar en el cuadro 7 una gama de valores para el diámetro del cilindro con defectos, valores que van desde los 21,5 cm en el rodal 23, hasta 26,4 cm del rodal 25. Cada rodal se asocia a un determinado tratamiento. Estos van desde podas tempranas y continuas en conjunto con raleos, hasta intervenciones más tardías y espaciadas en el tiempo.

Al comparar entre rodales, en el grupo A, el rodal 1 obtuvo un mayor DCD y además un menor Dap promedio, lo cual tendría su explicación por el menor índice de sitio, además de las frecuentes podas a las que fue sometido que influyen en el crecimiento diametral, y de tener un mayor número de árboles podados que el rodal 3 (ver cuadro 2), que aun no contando con el dato de árboles finales se asume que estos árboles podados quedarán para la cosecha final.

Con respecto al DCD se esperaría que en el rodal 1 este valor fuera menor que en el rodal 3, ya que DCD bajos son más factibles de lograr en sitios de menor productividad, además de la frecuencia de podas, pero este rodal posee una alta variación con respecto a esta variable, encontrándose individuos que registran valores desde los 14,9 cm hasta 31,45 cm; a diferencia del rodal 3 que su margen entre los valores mínimos y máximos es menor y su DCD promedio es de 21,74 cm aun cuando su primera poda fue a los 11 años, tratamiento llamado de *shock*, que en algún momento se recomendó como bueno de aplicar en rodales *pasados*, mencionado en el trabajo de Meneses y Guzmán (2000), en el cual se analizó el resultado de una poda aplicada a los 10 años en sitios de alta productividad ($IS \geq 32$), obteniendo un DCD promedio de 32,4 cm. A diferencia del rodal 3 cuyo índice de sitio permite obtener con una poda a los 11 años un DCD de 21,7 cm.

El grupo B los rodales obtienen iguales Dap promedios y una diferencia de 7 mm en el DCD. Estos rodales tuvieron un régimen de podas y raleo muy similares: edad de las intervenciones, altura de poda alcanzadas y edad del primer raleo. Para obtener

menor dimensiones de DCD convendría que las podas sean frecuentes, si bien en estos sitios de menor productividad pueden ser intervenidos a una mayor edad, (por ejemplo 6 años como en el rodal 6), estas deberían ser anuales para conseguir DCD menores a 20 cm.

El grupo C, que cuenta con índices de sitio muy similares, posee la mayor diferencia entre sus resultados promedios para la variable DCD. El tratamiento de poda para el rodal 22 comienza a los 8 años, seguida de dos podas continuas y dos raleos, obteniendo finalmente un DCD de 25,36 cm. EL rodal 23 comenzó un régimen de podas un año antes, y un raleo de desecho previo y también con dos podas continuas y un raleo comercial, obteniendo un DCD final promedio de 21,49 cm. Estos rodales logran una diferencia de casi 4cm para DCD, valor importante en la obtención de madera libre de nudos, como se ha dicho anteriormente, 1 cm de DCD puede hacer la diferencia en atrasar un año la rotación para poder recuperar tal dimensión en el diámetro final, con las consecuencias económicas que conlleva tal determinación.

Para los rodales 25 y 27, cuyo índice de sitio ≥ 32 m es clasificado como sitios excelentes, de alta productividad, hace que el DCD sea una variable de difícil control. Estos dos rodales tienen una diferencia al comienzo de la primera poda y las consecutivas, comenzando el rodal 25 un año más tarde con el régimen de podas y raleos. Este régimen atrasa su potencialidad ya que alcanza un DCD promedio de 26,42 cm, y para el rodal 27, cuyo régimen comienza un año antes, sólo permite conseguir un DCD promedio de 25,36 cm; teniendo una diferencia de 1,06 cm entre estos tratamientos. Esto permite pensar que se puede obtener menores DCD al aplicar una primera poda a los 4 años junto a un raleo de desecho para bajar la densidad y continuar con podas anuales hasta los 8 años y terminando con un raleo comercial, con densidades finales entre los 300 y 400árb/ha.

Para Velasco (1992), citado por Epuyao (2003), el tamaño del DCD debiese poseer una medida entre 18 y 22 cm para lograr un buen nivel en la producción de madera libre de nudos. En este estudio, sin considerar el Dap final, todos los rodales obtuvieron DCD sobre los 20 cm, y peores resultados en rodales de mayor productividad los cuales son los destinados a la producción de madera *clear*. Estos rodales (25 y 27) tienen una diferencia entre el Dap y DCD apenas de 13,1 y 12,7cm, cifra muy baja ya que se desea que la magnitud del manto de madera libre de nudos sea la mayor posible.

Epuyao (2003), relaciona en su trabajo el DCD en el aprovechamiento de trozas podadas, presentando una tendencia a la disminución (menor al 40%) en el aprovechamiento de productos de alto valor (*Select C+*, *Moulding*, *Cutstock* y *Clear*), con DCD sobre los 22,5 cm, mientras que los productos de menor valor (*Shop 2* y *Shop 3*) tienden a aumentar con valores de DCD mayores.

4.2.2 Distribución del DCD por clase diamétrica

En los puntos anteriores se ha analizado las dimensiones promedio alcanzadas por cada variable, por lo que en este punto se analizará la distribución del diámetro del cilindro con defectos (DCD) por clase diamétrica.

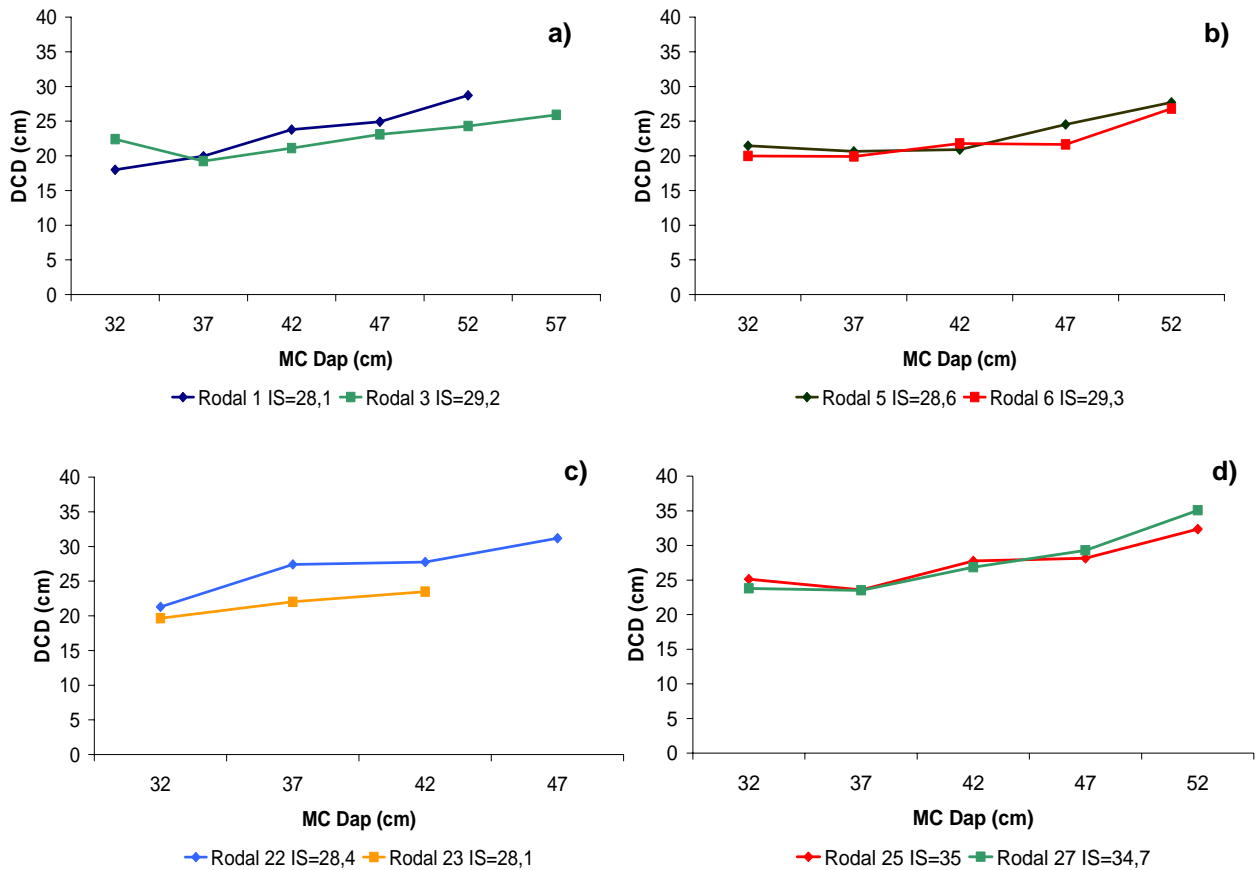


Figura 8: DCD por marca de clase, comparando distribución entre pares de rodales: **a)** rodales 1-3, **b)** rodales 5-6, **c)** rodales 22-23, **d)** rodales 25 -27. Todos los rodales combinan en n=24 individuos

La figura 8a) muestra que el rodal 1 en las clases diamétricas menores obtuvo un menor DCD, pero a medida que aumenta el diámetro también lo hace el DCD en forma creciente, llegando a obtener en la clase diamétrica 52 un DCD cercano a los 30 cm. Un poco diferente es el rodal 3 que a medida que aumenta el diámetro, el DCD lo hace de forma más leve y con menores valores en las clases diamétricas sobre los 30 cm. Esta diferencia se podría atribuir a que el rodal 3 tuvo una primera poda a los 11 años con un raleo comercial con lo que sus diámetros defectuosos resultantes se mantuvieron más homogéneos o constantes al ser una poda tardía. Además la altura de la segunda poda fue a 7,7 m y alturas de poda mayores aportan en un menor diámetro de ramas lo que finalmente permite la obtención de un menor DCD.

La figura 8b) muestra que el DCD, para ambos rodales, se mantiene casi una constante hasta los 42 cm de Dap, encontrándose una diferencia en los individuos con 47 cm al aumentar en el rodal 5 el DCD y obtener nuevamente un mismo valor en la clase diamétrica mayor (52 cm). Esta primera situación es deseada, que diferentes diámetros mantengan un valor constante para DCD, que no aumente su valor al aumentar el Dap. En ambos rodales, en las clases diamétricas mayores, el DCD aumenta en forma creciente, indicando que el esquema aplicado fue muy espaciado, logrando que al momento de la poda los individuos tengan mayores diámetros, lo que contribuye a obtener mayores DCD.

La figura 8c) muestra que estos rodales obtuvieron las mayores diferencias en sus valores de DCD promedio. El rodal 22 en todas sus clases diamétricas obtuvo mayores valores de DCD, además posee árboles con mayores diámetros como es la marca de clase 47 cm. Este rodal disminuyó su densidad a 620 árb/ha al realizar un raleo de desecho a los 9 años, lo que aportó en un mayor crecimiento diametral, además su primera poda fue un año más tarde que el rodal 23, haciendo escapar en forma creciente el DCD, perjudicando el aprovechamiento en los diámetros mayores. Indicando que a los 8 años una primera poda ya es tardía, lo que sería una causante de tal diferencia de DCD entre estos rodales.

La figura 8d) muestra que la distribución del DCD para ambos rodales es similar, llegando a valores sobre los 30 cm. Estos rodales ven aumentado de manera considerable el DCD y más en las clases diamétricas mayores, sólo que el valor de 35 cm corresponde a individuos que poseen radios de oclusión sobre los 18 cm, cuando valores de DCD, por ejemplo 19cm, se obtienen con radios de oclusión de entre 8 - 10cm. Esto nuevamente confirma que la poda fue tardía en ambos rodales, sobre todo en sitios de alta productividad, no logró controlar un tamaño deseado de DOS que finalmente aporte en un menor DCD.

Al realizar una poda verde se produce una reacción natural del árbol a engrosar ciertas ramas. Esta reacción naturalmente tiene un efecto sobre el DOS, pudiendo éste en determinadas circunstancias superar un tamaño al máximo resultante de la primera poda, con lo que se pierde el objetivo de la poda temprana (Olivares y Meneses, 1985). Esto tiene incidencia en el valor final del DCD, ya que esta variable es el resultado de la suma de diferentes verticilos, los mayores radios de oclusión, y se pueden encontrar planos x e y mayores, es decir, que no sean simétricos, aumentando el valor del DCD al tener protuberancias las ramas al momento de podar.

4.3 Relación entre variables

4.3.1 Relación estadística entre variables

A continuación el cuadro 8 presenta un resumen de los resultados de las variables de interés obtenidos para los 8 rodales.

Cuadro 8: Resumen por rodal de las variables Dap, DOS, DOO y DCD en centímetros

Rodal	Dap(cm)	DOS(cm)	DOO(cm)	DCD(cm)
1	41,1	17,0	20,2	22,4
3	42,9	16,1	19,6	21,7
5	41,0	17,5	20,2	22,3
6	41,2	16,0	19,0	21,6
22	36,7	19,3	22,7	25,4
23	36,1	16,3	19,2	21,5
25	39,5	19,0	22,7	26,4
27	38,0	21,2	23,0	25,4
Promedio	39,6	17,8	20,8	23,3

Con esta gama de valores es necesario ver si existe una cierta dependencia entre las variables para cada rodal y cuales se cuantifican en un mayor o menor grado de correlación. El cuadro 9 muestra un resumen de dicho análisis. (Análisis completo se puede ver en anexo 3).

Cuadro 9: Coeficientes de correlación

Rodal	Dap			Dos		Doo
	Dos	Doo	DCD	Doo	DCD	DCD
1	0,713**	0,688**	0,798**	0,948**	0,899**	0,938**
3	0,495	0,561**	0,553**	0,862**	0,764**	0,917**
5	0,805**	0,557**	0,530**	0,958**	0,921**	0,824**
6	0,308	0,446*	0,459*	0,905**	0,885**	0,926**
22	0,649*	0,759**	0,796**	0,950**	0,921**	0,962**
23	0,515	0,616**	0,525**	0,887**	0,926**	0,929**
25	0,404	0,359	0,577**	0,963**	0,941**	0,907**
27	0,843**	0,742**	0,676**	0,986**	0,977**	0,961**

*: correlación significativa al 0,05; **: correlación significativa al 0,01

Todas las variables presentan una correlación positiva, sin embargo, la correlación DOS y DOO se aprecia una dependencia mayor que las relacionadas con el Dap. Estas variables están más relacionadas al tener menores diferencias entre sus valores finales, en cambio, al relacionar el Dap los rodales que poseen una correlación altamente significativa son los rodales 1, 5 y 27 y son justamente los que presentan menores diferencias entre Dap y DOS. Lo mismo ocurre para los rodales que tienen una alta correlación para las variables Dap-DOO (rodales 22 y 27) y Dap-DCD (rodales 1 y 22), sus diferencias entre los valores de estas variables son menores.

Al obtener correlaciones altamente significativas para las variables DOS, DOO y DCD, es necesario ver si existe entre ellas una relación del tipo funcional, es decir, si la predicción entre ellas sería posible y exacta. A continuación los cuadros 10 y 11 presentan los valores de las ecuaciones estimadoras para cada rodal.

Cuadro 10: Coeficientes de regresión lineal simple, estadísticos y anova del modelo

$$Doo = b_0 \pm b_1 Dos$$

Rodal	b ₀	b ₁	r ²	Sig.
1	3,656	0,959	0,898	0,000*
3	0,677	1,120	0,743	0,000*
5	3,094	1,022	0,909	0,000*
6	4,855	0,929	0,820	0,000*
22	0,376	1,169	0,902	0,000*
23	6,905	0,737	0,786	0,000*
25	1,934	1,040	0,928	0,000*
27	-0,259	1,131	0,973	0,000*

*: altamente significativo a la probabilidad de $p \leq 0.001$

Al relacionar el diámetro sobre oclusión con el diámetro sobre muñón se determinó que existe una fuerte relación en todos los rodales llegando a explicar el DOS un 92 y 97% de la variación del DOO en los rodales 25 y 27, como lo muestra el cuadro 10. Esta alta asociación sería explicada a la baja diferencia entre los promedios de estas dos variables. Es así como el DOS para el rodal 27 es de 21,17 cm y el DOO es de 22,95 cm. Como son rodales ubicados en sitios de alta productividad, la oclusión de las ramas podadas es más rápida, logrando menores diferencias entre los valores de estas variables, lo que conlleva a obtener coeficientes de regresión mayores al relacionarlas. Obteniendo además los mayores valores para estas variables en el cuadro 8.

Comparando con Gosnell (1987), para *Pinus radiata* en bosques de Nueva Zelanda, sus resultados para la relación DOS y DOO ($r^2 = 83\%$; 93%) son similares a los obtenidos en este estudio. Igualmente, en el estudio de Meneses y Velasco (1992) se obtuvieron valores semejantes, en que el coeficiente de regresión para esta misma relación fue de 84% .

El cuadro 11 presenta la relación entre el DCD y el DOS. Se puede observar que la asociación es alta entre estas dos variables, pero comparando con la relación anterior, es más alta para todos los rodales, prediciendo de mejor forma a partir del DOS el DOO que el DCD. Igualmente se menciona esta menor relación en Meneses y Velasco (1992), obteniendo para el modelo de regresión DCD-DOS un $r^2=84$ y para DOO-DOS un $r^2=94$. Diferencia radicada principalmente porque el DCD se origina de radios de verticilos diferentes, lo que introduce una variabilidad difícil de cuantificar.

Cuadro 11: Coeficientes de regresión, estadísticos y Andeva del modelo

$$DCD = b_0 \pm b_1 DOS$$

Rodal	b_0	b_1	r^2	Sig.
1	4,510	1,042	0,808	0,000*
3	5,320	0,959	0,584	0,001*
5	4,682	1,058	0,849	0,000*
6	6,377	0,999	0,782	0,000*
22	3,016	1,180	0,848	0,000*
23	7,918	0,836	0,857	0,000*
25	1,046	1,328	0,886	0,000*
27	1,777	1,156	0,954	0,000*

*: significativo a la probabilidad de $p \leq 0.05$

Similares resultados se obtuvieron en el estudio realizado por Fassola *et al.*, (1999), en la determinación del DCD en trozas podadas de *Pinus taeda L.* en Argentina. Ellos relacionaron las variables DCD y DOS, encontrando una asociación del tipo lineal con un $r^2=78,6$; pero cuya relación aumentaba al relacionar el DOO con el DOS con un $r^2=93$. Como se aprecia en estos resultados, igualmente la estimación del DCD es explicada significativamente por el DOS.

4.4 Comportamiento del DCD con respecto al Dap

Para la figura 9 se observa una tendencia lineal positiva para DCD en función del Dap, pero con claras diferencias en la dispersión de los datos por rodal.

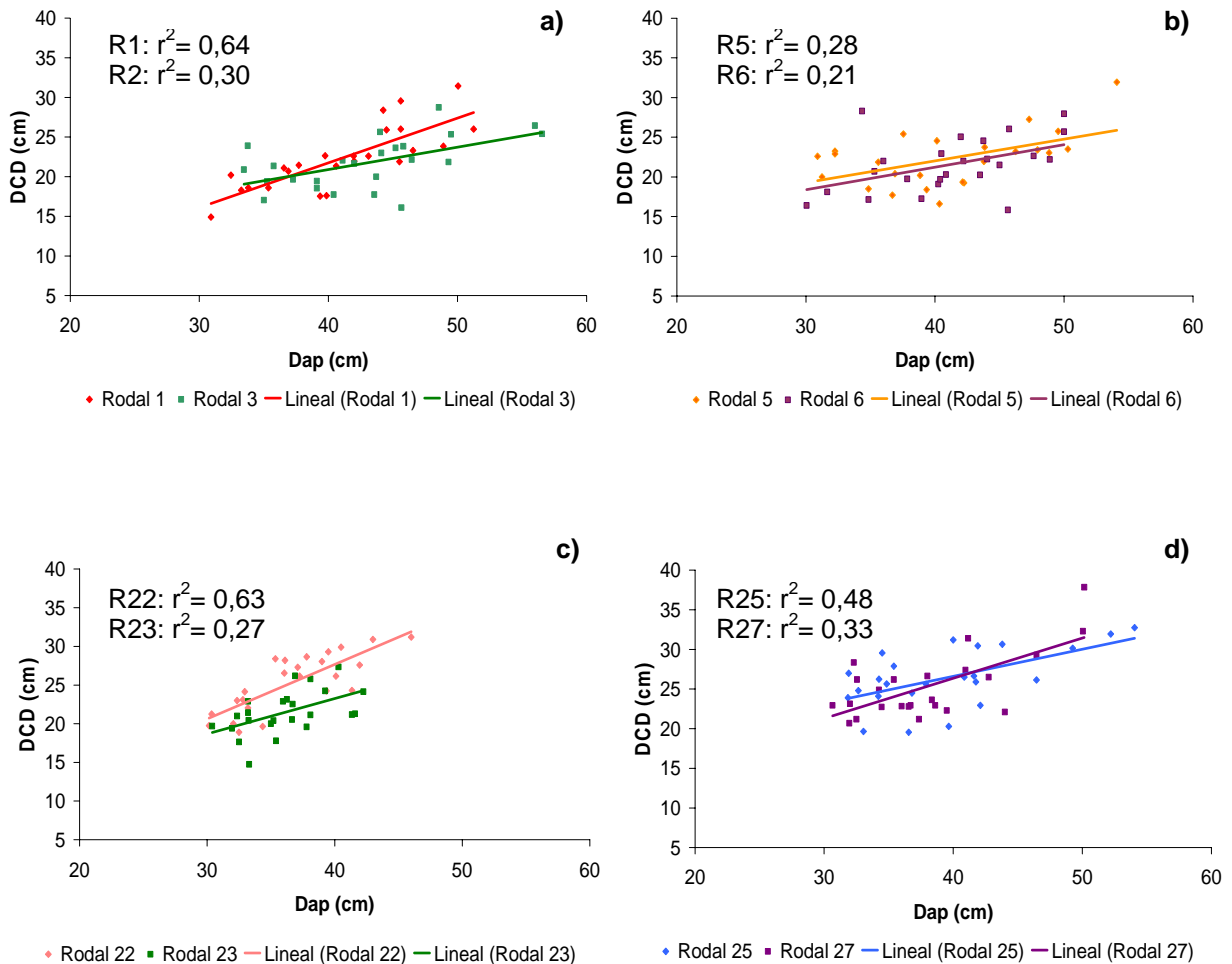


Figura 9: Relación entre Dap y DCD² comparando pares de rodales: **a)** rodales 1-3, **b)** rodales 5-6 **c)** rodales 22-23, **d)** rodales 25 -27. Todos los rodales combinan un n=24 individuos.

La figura 9 a) muestra para el rodal 1 un aumento del diámetro central defectuoso a medida que se incrementa el Dap, observándose una relación más estrecha y donde el Dap explica el 64% de la variación del DCD. Opuesto resulta el rodal 3 cuyos valores observados poseen una mayor dispersión del DCD en torno al Dap y cuya relación es más baja explicando con un 30% tal variación.

² significativo a la probabilidad de $p \leq 0.05$

La figura 9b) muestra para los rodales 5 y 6 que los valores observados se aproximan a una curva más plana, en la que distintos Dap poseen un valor similar para DCD. Estos rodales presentan más bien un comportamiento similar en que sus valores se distribuyen de manera homogénea, con la salvedad que el rodal 5 posee una tendencia a obtener mayores valores de DCD. Los coeficientes de correlación para ambos rodales son bajos, no siendo más allá del 26% es decir que la variación del DCD se relacionó poco con el Dap en estos rodales.

La figura 9c) muestra para el rodal 22 que el DCD tiende a formar un pequeño agrupamiento bajo los 35 cm y cuyos valores se dispersan sobre los 35 cm de Dap, siendo este modelo de regresión válido en un 63% y que estas variables tienden a relacionarse de manera más directa. En este rodal el Dap si tuvo una asociación con el DCD en su variación. El rodal 23, en cambio, posee una mayor dispersión de sus valores, y solo el 21% de la variación en el DCD es asociada con el Dap, es decir, no existe una buena relación entre estas variables.

El DCD para el rodal 25 (figura 9d) se comporta de manera más dispersa que para el rodal 27, concentrándose en un rango más amplio de valores DCD para un valor dado de Dap. La gráfica del rodal 27 muestra que los valores se ubican de manera aproximada a la línea estimada por lo que el comportamiento del DCD es menos diverso que en el rodal 25. El rodal 27 posee un mayor coeficiente de determinación siendo de 45%, porcentaje que se asocia al diámetro del cilindro con defectos a partir de la variable Dap. Para el rodal 25 el 33% de la variación del diámetro del cilindro con defectos es asociado con el Dap.

4.5 Influencia del Índice de Sitio con respecto a las variables Dap y DCD

En este estudio se cuenta con una variabilidad de sitios, lo que permite comparar productividad de diferentes lugares y para conocer la influencia que ejerce, se seleccionaron rodales de la misma edad y que contaran con tratamientos similares de poda y raleo, es decir, edad de las intervenciones y continuidad de estas.

Un primer grupo de rodales seleccionados son los rodales 22 y 23 que pertenecen a sitios de baja productividad con un $IS \leq 29$ m, clasificación de acuerdo al trabajo realizado por Meneses y Guzmán (2000). El segundo grupo corresponde a los rodales 25 y 27 cuyos sitios son de alta productividad, es decir excelentes sitios con un $IS \geq 32$ m.

El cuadro 12 muestra un resumen de los tratamientos aplicados a estos rodales y los valores promedios de las variables Dap, DOS y DCD obtenidos en cada rodal. El detalle de dichos tratamientos se puede apreciar en el cuadro 2.

Cuadro 12: Resumen tratamientos y valores promedios

Código rodal	Edad 2003	IS	Zc	erale					Nha final	Dap(cm)	DOS(cm)	DCD(cm)
				ep1	ep2	ep3	des1	c1				
22	19	28,4	2	8	9	10	8	15	510	36,71	19,33	25,36
23	19	28,1	2	7	8	9	6	12	544	36,12	16,3	21,49
25	19	35,0	4	6	7		5	13	445	39,47	19,03	26,42
27	19	34,7	4	5	6	7	5	12	572	38,03	21,16	25,36

zc= zona crecimiento ep = edad poda; erale = edad raleo; des1= desecho; c1= comercial

Se aprecia en el cuadro 12 que los rodales 22 y 23 tienen menores Dap promedios en comparación a los rodales establecidos en sitios de alta calidad, aun cuando el rodal 27 presenta una mayor densidad final de 572 árb/ha, superando los valores obtenidos en los sitios de mala calidad. El desarrollo diametral confirma que el potencial de productividad es mayor en sitios de alta calidad, siendo necesario un mayor control para la obtención de DOS que no escapen a los valores obtenidos en la primera poda o al valor objetivo que se desee mantener.

Los rodales 22 y 27 obtuvieron valores promedios iguales para DCD de 25,36 cm a pesar de tener una diferencia de comienzo de poda de tres años y terminar, para el caso del rodal 27, a los 7 años y el rodal 22 a los 10 años tal actividad. Podas tempranas y continuas en sitios de alta calidad obtienen similares resultados para DCD, que rodales establecidos en sitios de mala calidad que comienzan un manejo más tardío.

La mayor diferencia en relación a los valores obtenidos para DCD se dio entre los rodales 23 y 25 siendo de 4,94 cm; aun cuando el rodal que obtiene el menor valor de DCD comienza un año más tarde con el manejo. Esta diferencia es atribuible al índice de sitio cuyos valores son para el rodal 23 de 28,1 m y para el rodal 25 de 35m, indicando que el rápido desarrollo de estos individuos (rodal 25) amerita una pronta intervención para la obtención de menores DCD.

El hecho que los valores de DCD logrados en los rodales 22 y 23 sean similares o incluso menores a los conseguidos en los rodales establecidos en sitios de alta calidad, no implica que estos sitios de baja productividad así como el régimen aplicado sean los adecuados para la obtención de DCD menores ya que el objetivo es la obtención de madera *clear*, que no sería lograda al obtener igualmente pequeños valores de DCD y Dap, siendo esencial una mayor diferencia entre estas variables, es decir pequeños DCD y un mayor diámetro final que es más factible de lograr en índices de sitio altos. Por lo tanto debe haber una combinación entre índice de sitio (condiciones ambientales, suelo) y esquema de manejo.

5. CONCLUSIONES

- El rodal 1 obtuvo un mayor valor de DCD promedio que el rodal 3, aun cuando su esquema de poda fue más temprano y continuo, pero para el rodal 3 se cuenta con una altura de poda de 7,7 m a los 14 años, llamado tratamiento de *shock* que, en este caso para un sitio clasificado de baja producción, lograría mantener un DCD menor a lo esperado con podas posteriores a los 10 años.
- Los resultados para los rodales 5 y 6 fueron similares en el valor del DCD, siendo estos de 22,28 cm y 21,57 cm respectivamente, y cuyo régimen de podas para ambos no fue continuo, indicando que en sitios de menor productividad se logran valores más bien bajos con esquemas de poda más tardíos y menos frecuentes que en los buenos sitios, como son los rodales 25 y 27.
- Los rodales 22 (IS=28,4) y 23 (IS=28,1) son los que presentaron mayores diferencias en las variables DOS, DOO y DCD. El rodal 22 logra en todas las variables analizadas valores mayores, alcanzando un valor de DOS de 19,33cm y un DCD de 25,36 cm y para el rodal 23 un DOS de 16,31 cm y DCD de 21,49 cm. Son rodales provenientes de sitios semejantes, la diferencia radica en la oportunidad de la primera poda y las siguientes. Aun cuando estos sitios son calificados como malos, sería recomendable aplicar una primera poda antes de los 8 años lo que permitiría obtener trozas con menores diámetros defectuosos.
- En aquellos rodales que provienen de sitios de alta producción (IS \geq 32) se aprecia un efecto negativo en la dimensión final del DCD al atrasar la poda 1 año. Para el rodal 25, que tuvo una primera poda a los 6 años obteniendo un DCD promedio de 26,42 cm, el tratamiento aplicado no es capaz de lograr y mantener un resultado menor como lo fue para el rodal 27 con un DCD promedio de 25,36 cm que también tuvo una primera poda a los 6 años. Es necesario para tales rodales aplicar podas más tempranas que los 5 años, con el objetivo de alcanzar menores diámetros para DCD, ya que sitios de alta producción alcanzan tempranamente diámetros de mayor grosor lo que influye en el valor del DOS que aporta finalmente en un mayor DCD.
- Los rodales 1 y 22 son los que poseen una mayor relación entre el diámetro del cilindro con defectos (DCD) y el diámetro a la altura de pecho (Dap) con un valor de $R^2=63$, lo que no ocurre en los demás rodales cuyo coeficiente de determinación es menor a 45%.
- Para todos los rodales se presentó una alta asociación, de carácter lineal, entre el diámetro del cilindro con defectos (DCD) y el diámetro sobre muñón (DOS) explicando esta última variable hasta un 95% de la variación del DCD en el caso del rodal 27.

- Existe un menor coeficiente de determinación de la regresión DCD a partir del DOS a diferencia de la existente entre el DOO a partir del DOS, aun cuando la estimación del cilindro con defectos es muy bien explicada por el diámetro sobre muñón. Esta diferencia podría deberse a que el diámetro del cilindro con defectos se origina de radios provenientes de verticilos diferentes, por lo que su asociación con el DOS sería menor.
- Con respecto a la distribución del DCD por clase diamétrica, los rodales con mayores índices de sitio (rodal 25 y 27), presentaron los mayores valores de DCD, alrededor de los 25 cm para la clase diamétrica 32 cm hasta un DCD de casi 35 cm para la clase diamétrica 52 cm. Lo que confirma que para tales sitios se debe mantener un mayor control en la variable DOS para lograr menores DCD. Así la frecuencia, edad y altura de poda son indispensables para lograr dicho objetivo.
- Debe existir necesariamente una combinación entre la productividad de los sitios y el esquema de manejo aplicar para obtener resultados satisfactorios; mayores diámetros a la edad de cosecha y menores diámetros defectuosos.
- Los altos valores de DCD evidencian que los esquemas de manejo aplicado a las plantaciones no son los adecuados. En sitios de alta productividad, cuando el objetivo es obtener de ellas mayores retornos con la obtención de materia prima de calidad, la cantidad de madera libre de nudos es baja por las altas dimensiones alcanzadas por la variable DCD. Altas densidades finales, podas atrasadas y discontinuas, raleos a destiempo y poca asociación de estas actividades con índice de sitio, influyen en esta baja producción de madera *clear*.
- Es indispensable para poder realizar estos análisis contar con toda la información, ya sea condiciones de sitio, densidad de plantación, densidad final, edad de podas y raleos así como el número de árboles intervenidos, altura de la primera y siguientes podas. Y cuya falta impide asociar ciertas variables con determinadas acciones aplicadas a los rodales.

6. BIBLIOGRAFIA

- Baeza, D. 2005. Análisis del efecto de poda y raleos sobre el DOS, D1.3 y PLI en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Fundo Jauja, comuna de Collipulli. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 46p.
- Barrios, A. 2004. Determinación del cilindro central defectuoso en trozas podadas de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don), mediante atenuación de rayos gamas. Tesis Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 137 p.
- Bown, I.H., 1998. Retrospectiva de la Silvicultura de Pino Radiata. Santiago, UCH. 8 p. (Chile Forestal, Documento Técnico, 104)
- Davel, M.; Sepúlveda E. 2000. Poda en plantaciones de pino oregón. Patagonia Forestal. Argentina. CIEFAP. Año VI N° 1: 7-10
- Donoso, C. 1981. Ecología Forestal. El bosque y su medio ambiente. Universitaria. Santiago. Chile. 369 p.
- Espinosa, M.; J. García; O. Valeria. 1994. Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. Bosque (Chile) 15(1): 55-65
- Epuyao, J. 2003. Comparación del aprovechamiento y calidad de madera aserrada de *Pinus radiata* D. Don, entre dos tipos de troza podada. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 53p.
- Fassola, H.; J. Fahler; P. Ferrere; D. Alegranza. 1999. Determinación del cilindro con defectos en rollizos podados de *Pinus taeda* L. y su relación con el rendimiento en madera libre de nudos. RIA. 31 (1): 121 a 138. INTA. Argentina.
- Fry, G. 1979. Propuestas para el manejo intensivo de las plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. Santiago. CONAF. Documento de trabajo. 38 p.
- Gosnell, T. 1987. Equation for predicting defect core size for pruned radiata pine butt logs. FRI Bulletin Nr. 131. Ministry of Forestry. New Zealand.
- Hawley, R.; D. Smith. 1972. Silvicultura práctica. Omega, S.A., Barcelona
- Knowles, R. L.; G. West; A. R. Koehler. 1987. Predicting diameter over stubs in pruned stands of radiata pine. Forest Research Institute. Bulletin n° 12. New Zealand Forest Service.
- Maclaren, J. P. 1993. Radiata Pine growers Manual. FRI Bulletin N° 184. Rotorua New Zealand Forest Research Institute. 139 p.

- Meneses, M.; S. Guzmán. 2000. Análisis de la eficiencia de la silvicultura destinada a la obtención de madera libre de nudos en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque (Chile)* 21(2): 85-93
- Meneses, M.; H. Poblete; J. E. Diaz-Vaz. 1989. Análisis de oclusión para diferentes tratamientos de poda en trozas de *Pinus radiata* D. Don. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 20 p. (Informe de convenio N° 168).
- Meneses, M.; J. Velasco. 1990a. Efecto del raleo y la poda en el crecimiento diametral de ramas. Valdivia. INFOR. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 13 p.
- Meneses, M.; J. Velasco. 1990b. Comportamiento del diámetro del cilindro con defectos en parcelas sometidas a diversos tratamientos de poda y raleos. Valdivia. INFOR. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 15 p.
- Millar, J. 2003. Análisis del crecimiento diametral de ramas de *Pinus radiata* D. Don en distintos sitios, entre las regiones VII y IX. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 39 p.
- Morales, A. 1999. Evaluación técnico-económica de dos regímenes silviculturales aplicados a *Pinus radiata* D. Don, para la producción de madera libre de nudos en sitios de alta calidad en Chile. Tesis Ing. Forl. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 65 p.
- Neilsen W.A Pinkard E.A., 2003. Effects of green pruning on growth of *Pinus Radiata* Can. J. For. Res. 33: 2067–2073
- Olivares, B.; M. Meneses. 1985. Diseño de un simulador de poda. Valdivia. INFOR. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 15 p.
- Park, J.C. 1982. Oclusion and the defect core in pruned radiate pine. New Zealand Forest Service. FRI Bulletin N° 2.
- Park, J.C. 1980. A grade index for pruned butt logs. Forest Research Institute. New Zealand of Forestry Science. (2) : 419-438 p.
- Poblete, H.; J. E. Diaz-Vaz; B. Olivares; M. Meneses; R. Juacida. 1985. Antecedentes básicos para el estudio de la poda en *Pinus radiata*. Valdivia Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 23 p. (Informe de convenio N°91).
- Real, P.; F. Cox. 2005. Caracterización de las plantaciones. Manual práctico de manejo. Fundación Chile. Proyecto FONDEF D01/1021.

- Rivera, J.; B. Avilés; L. Rocuant; E. Peña. Raleo en bosque de pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) en arenas de la VIII región.
- Sokal, R.; F. Rohlf. 1979. Biometría; principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Ediciones, Madrid. 832 p
- Somerville, A. 1985. A field procedure for the cross-sectional análisis of a pruned radiata pine log.. FRI Bulletin Nr 101. New Zealand
- Sutton, W.R.J., J.B. Crowe. 1975. Selective Pruning of Radiata Pine. New Zealand Journal of Forestry Science 5(2):171-195
- Tombleson, J.D.; J.C. Grace, C.S. Inglis. 1990. Response of Radiata pine branch characteristics to side and stocking. New Zealand Carter Holt Harvey Forest Ltda. New Zealand Forest Service. 292-332p.
- Villalobos, L. 2005. 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. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 53p.

ANEXOS

ANEXO 1
Abstract and keywords

Summary

Eight stands from *Pinus radiata* D. Don. were studied with a total of 24 trees per stand established in VII, VIII and IX regions. Selected stands had a site index up to 28 m. Each stand had different pruning and thinning treatments. The principal objective of this study is the evaluation of the Defect diameter cylinder (DCD) under different management schemes.

The data for this study was obtained toward square method, used in pruned logs analysis for this specie. The Diameter at breast (DAB), diameter over stubs (DOS), defect core diameter (DCD), and diameter over occlusion (DOO) was obtained and compare between stands with similar site index.

The study of the relationship between variables found that DOS-DCD was more correlated than DAP-DCD. This concludes that DOS was a high association in the final DCD value.

In contrast, for all the stands exists a low R value in the regression DCD-DOS but highest values in relation DOO-DOS although, defect core diameter is well explained by the diameter over stub (DOS).

Stands that come from low and medium site index ($SI \leq 32$) resulted in low DCD values with management schemes of pruning and thinning less frequent and retarded than in high production sites.

Stands from high production site index ($IS \geq 32$), resulted in negative effects in the final dimensions of DCD, induced by one year retarded first pruning with an average of 26.42 cm for this variable. This indicates the importance of the first pruning on low DCD values.

Finally, a mixture of site productivity and management schemes had been applied to obtain better results, highest diameter in cutting age and less defects in logs.

Key words: pinus radiata, pruning, thinning, defect core diameter, diameter over stub.

ANEXO 2

Análisis y métodos estadísticos

a. Prueba de Kolmogorov – Smirnov

Cuadro 1. Bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov para el total de tratamientos.

Variables	N	Media	D.S.	Dif.		
				Absoluta	K-S-Z	Prob.
DAP ^a	192	39,56	5,89	0,076	1,049	0,221
DOS ^a	98	17,77	3,50	0,066	0,657	0,78
DOO ^a	192	20,81	3,62	0,052	0,727	0,667
DCD ^a	192	23,32	4,01	0,075	1,039	0,23

a. Test de distribución es normal

b. Test de Homogeneidad de Varianza

Cuadro 2: Análisis de homogeneidad de varianza para el total de tratamientos.

Variables	Nivel		df1	df2	Prob.
	estadístico				
DAP	2,02		7	184	0,055 ^a
DOS	1,209		7	90	0,306 ^a
DOO	0,531		7	184	0,810 ^a
DCD	0,672		7	184	0,696 ^a

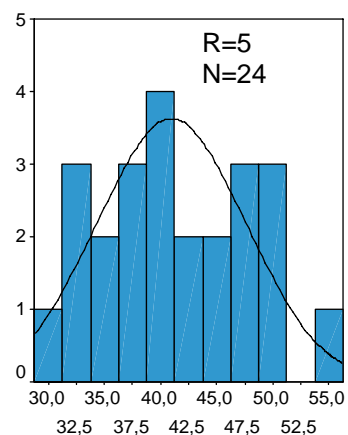
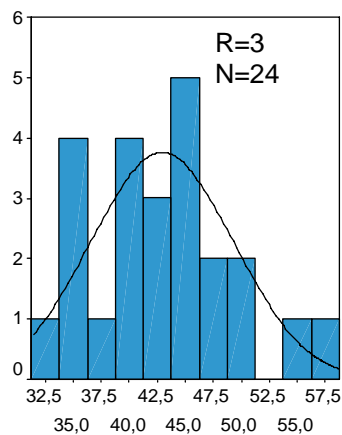
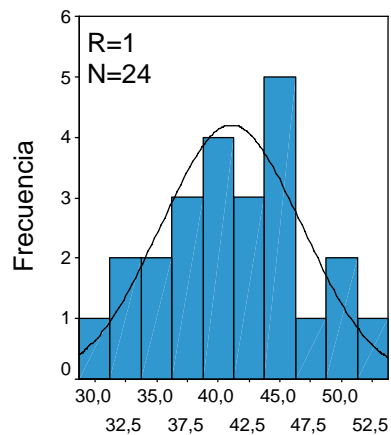
a. Indica diferencias no significativas

c. Análisis de varianza para el diámetro del cilindro con defectos entre tratamientos

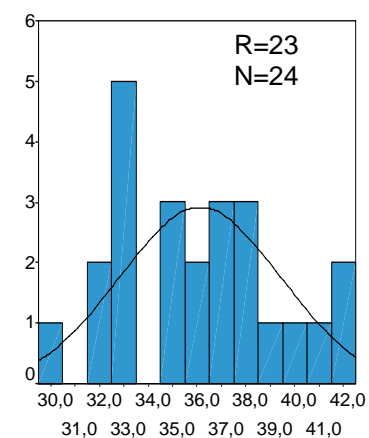
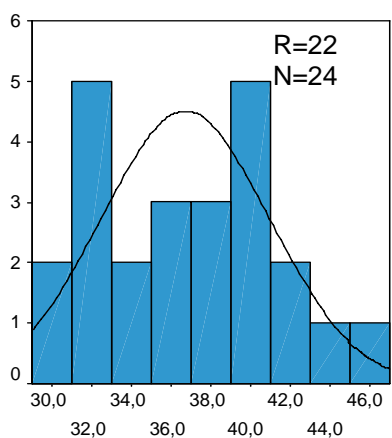
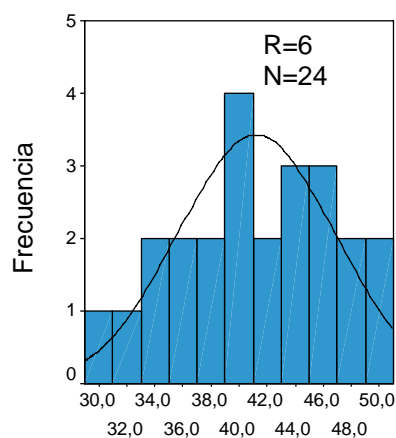
	Suma de cuadrados	Df	Cuadrados medios	F	Sig.
Entre grupos	693,249	7	99,036	7,66	0,000 ^a
Dentro de grupos	2379,058	184	12,93		
Total	3072,307	191			

a: diferencia altamente significativa

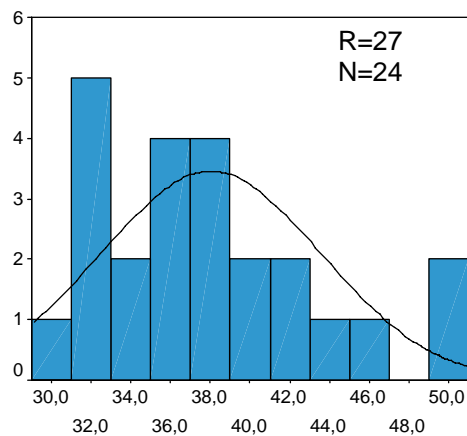
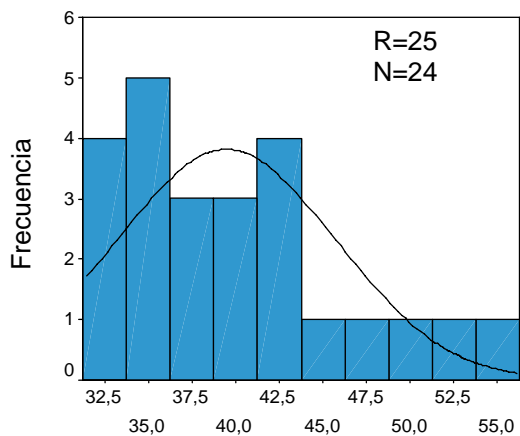
ANEXO 3
Distribución diamétrica por rodal



Marca de clase (cm)



Marca de clase (cm)



Marca de clase (cm)

ANEXO 4
Análisis de correlación

Correlación entre variables por rodal

Rodal 1

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,713**	0,688**	0,798**
	Sig.(2-tailed)	,	0,009	0,000	0,000
	N	24	12	24	24
DOS	C.P.	0,713**	1	0,948**	0,899**
	Sig.(2-tailed)	0,009	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	C.P.	0,688**	0,948**	1	0,938**
	Sig.(2-tailed)	0,000	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	C.P.	0,798**	0,899**	0,938**	1
	Sig.(2-tailed)	0,000	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Rodal 3

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,495	0,561**	0,553**
	Sig.(2-tailed)	,	0,072	0,004	0,005
	N	24	14	24	24
DOS	C.P.	0,495	1	0,862**	0,764**
	Sig.(2-tailed)	0,072	,	0,000	0,001
	N	14	14	14	14
DOO	C.P.	0,561**	0,862**	1	0,917**
	Sig.(2-tailed)	0,004	0,000	,	0,000
	N	24	14	24	24
DCD	C.P.	0,553**	0,764**	0,917**	1
	Sig.(2-tailed)	0,005	0,001	0,000	,
	N	24	14	24	24

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Rodal 5

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,805**	0,557**	0,530**
	Sig.(2-tailed)	,	0,002	0,005	0,008
	N	24	12	24	24
DOS	C.P.	0,805**	1	0,958**	0,921**
	Sig.(2-tailed)	0,002	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	C.P.	0,557**	0,958**	1	0,824**
	Sig.(2-tailed)	0,005	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	C.P.	0,530**	0,921**	0,824**	1
	Sig.(2-tailed)	0,008	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Rodal 6

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,308	0,446*	0,459*
	Sig.(2-tailed)	,	0,331	0,029	0,024
	N	24	12	24	24
DOS	C.P.	0,308	1	0,905**	0,885**
	Sig.(2-tailed)	0,331	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	C.P.	0,446*	0,905**	1	0,926**
	Sig.(2-tailed)	0,029	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	C.P.	0,459*	0,885**	0,926**	1
	Sig.(2-tailed)	0,024	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Rodal 22

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,649*	0,759**	0,796**
	Sig.(2-tailed)	,	0,022	0,000	0,000
	N	24	12	24	24
DOS	C.P.	0,649*	1	0,950**	0,921**
	Sig.(2-tailed)	0,022	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	C.P.	0,759**	0,950**	1	0,962**
	Sig.(2-tailed)	0,000	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	C.P.	0,796**	0,921**	0,962**	1
	Sig.(2-tailed)	0,000	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Rodal 23

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,515	0,616**	0,525**
	Sig.(2-tailed)	,	0,087	0,001	0,008
	N	24	12	24	24
DOS	C.P.	0,515	1	0,887**	0,926**
	Sig.(2-tailed)	0,087	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	C.P.	0,616**	0,887**	1	0,929**
	Sig.(2-tailed)	0,001	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	C.P.	0,525**	0,926**	0,929**	1
	Sig.(2-tailed)	0,008	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**

Rodal 25

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	Pearson Correlation	1	0,404	0,359	0,577**
	Sig.(2-tailed)	,	0,192	0,085	0,003
	N	24	12	24	24
DOS	Pearson Correlation	0,404	1	0,963**	0,941**
	Sig.(2-tailed)	0,192	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	Pearson Correlation	0,359	0,963**	1	0,907**
	Sig.(2-tailed)	0,085	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	Pearson Correlation	0,577**	0,941**	0,907**	1
	Sig.(2-tailed)	0,003	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Rodal 27

		DAP	DOS	DOO	DCD
DAP	C.P.	1	0,843**	0,742**	0,676**
	Sig.(2-tailed)	,	0,001	0,000	0,000
	N	24	12	24	24
DOS	C.P.	0,843**	1	0,986**	0,977**
	Sig.(2-tailed)	0,001	,	0,000	0,000
	N	12	12	12	12
DOO	C.P.	0,742**	0,986**	1	0,961**
	Sig.(2-tailed)	0,000	0,000	,	0,000
	N	24	12	24	24
DCD	C.P.	0,676**	0,977**	0,961**	1
	Sig.(2-tailed)	0,000	0,000	0,000	,
	N	24	12	24	24

Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**

ANEXO 5
Método selección 24 árboles
Resumen método del cuadrado

Selección de los 24 árboles

En cada punto se seleccionaron ocho árboles de los cuales el primero debía pertenecer a una clase de Dap (diámetro a la altura de pecho) de la tabla de rodal, árbol que define el vértice de la parcela (10x10 árboles). Luego se continuó en dirección de la fila del primer árbol seleccionado, contando diez árboles, correspondiendo el décimo árbol al segundo de la muestra, continuando con la hilera opuesta para la selección del tercer árbol, y así hasta completar los 8 árboles (figura 1). Se excluyeron de la muestra árboles mal formados, curvos, bifurcados, con daño aparente, de estratos intermedios y bajos.

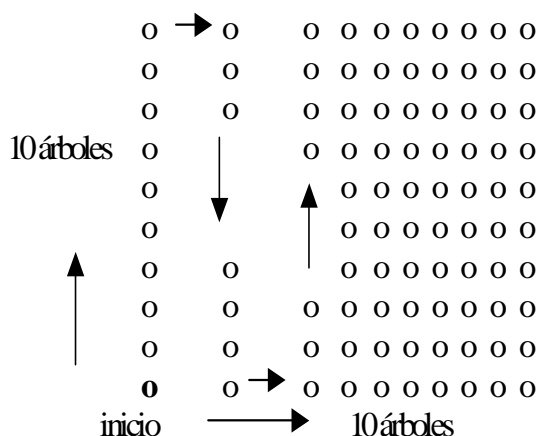


Figura 1. Esquema de selección de los 8 árboles en un punto del rodal

Al seleccionar el árbol a medir se fija el Norte magnético con la brújula (0°), el Norte debe ser marcado escribiendo el número de árbol que corresponda (1 a 24) con pintura y quedar en la mitad del primer cuadrante como lo muestra la siguiente figura:

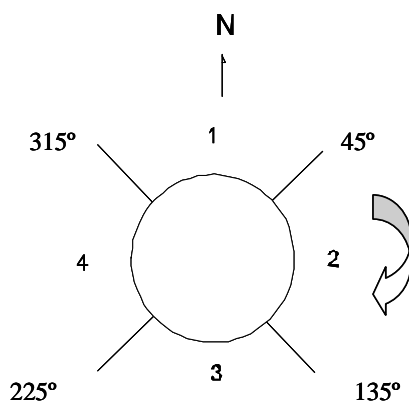


Figura 2. Marcación de los cuadrantes en el árbol seleccionado

Marcación planos x e y en árbol volteado

Se realizó medición árbol en pie obteniéndose Dap para el plano x e y, marcando los cuadrantes correspondientes y medición en árbol volteado obteniendo altura total y de poda en metros, medición de todos los verticilos marcando altura base y tope del verticilo (cortes transversales para la determinación del DCD en la sección podada). Luego se procede a marcar los planos X e Y para el posterior trozado generando las secciones que tienen longitud variable:

Primera troza	5.05 metros
Segunda troza	5.05 metros
Tercera troza	4.10 metros

Para facilitar el marcaje de los planos X e Y se usa una circunferencia de mica, con la cual se busca el centro geométrico de la troza para marcar ambos ejes, asegurando además la total perpendicularidad entre el plano Y y el plano X. Lo mejor es usar el nuevo instrumento que permite medir el diámetro sin corteza y marcar el $d/2$, ayudado por un nivel para tener la horizontal, para el caso del plano y será ayudado por una escuadra, obteniendo así exactamente el centro geométrico, como se grafica en la siguiente figura.

En cada extremo de la troza podada se procedió a marcar los planos X e Y (figura 2), siendo el $d/2$ el primer punto a marcar sirviendo para unir cada extremo de la troza formando el eje longitudinal (figura 3).

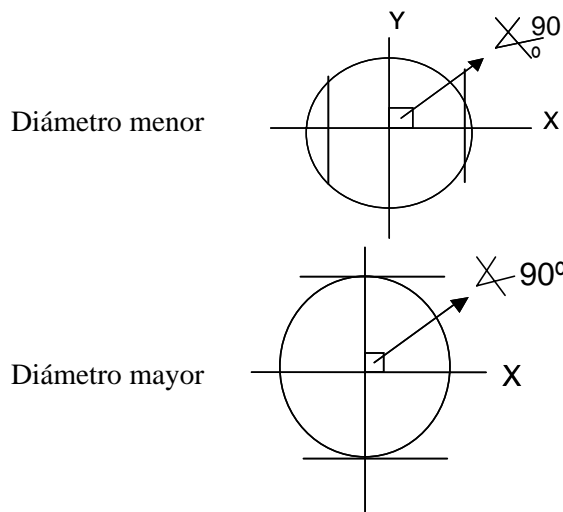


Figura 2. Planos correctos de marcar X e Y a partir de una correcta ubicación del centro geométrico

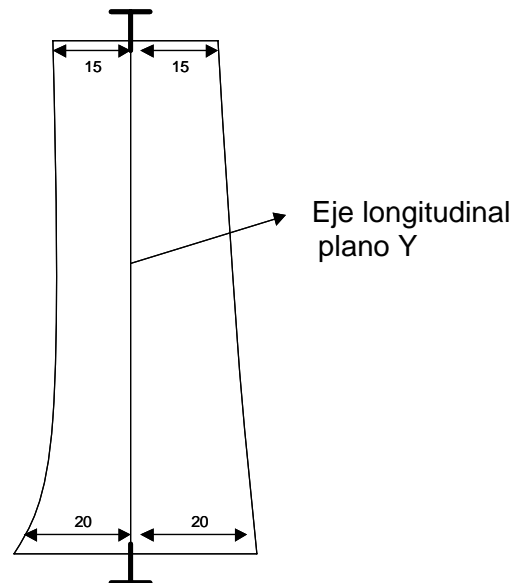


Figura 3. Ubicación del eje longitudinal del trozo en el plano Y

Medición troza podada

Después de medir y marcar los planos X e Y en la troza se procede a aplicar el método del cuadrado para la obtención del diámetro del cilindro con defectos, para esto se efectúan los siguientes pasos en la primera troza:

- Verificar la marcación de los verticilos con pintura en la etapa de medición del árbol volteado.
- Obtención de rodela y traspaso de los ejes X e Y a las secciones transversales:
 - Realizar cortes transversalmente y enumerar las secciones transversales de una troza.
 - Medir el D1.3 de la troza sin corteza.
 - Ubicar el eje central geométrico sobre cada sección transversal.
 - Marcar los ejes X e Y sobre cada sección transversal. La primera medición es el radio X1, se obtiene colocando el nuevo instrumento sobre el plano X, dejando el cero a la izquierda para proyectar el plano Y al centro geométrico, la segunda medición es el diámetro del plano X sin corteza. Para medir el radio Y1 y el diámetro Y se hace el mismo procedimiento anterior.
- Medición del DCD y DOS:
 - Marcación de los radios x1, x2, y1 e y2 en la rodela definidos por la marcación anterior.
 - Identificación y marcación del diámetro sobre oclusión y sobre muñón en la sección transversal, como se grafica en la figura 4.

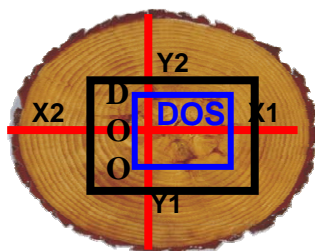


Figura 4: Marcación DOS y DOO

Cortar la sección transversal hasta encontrar el DCD, dando forma a un cuadrado. El DCD de la troza está dado por los mayores radios de X1, X2, Y1 e Y2.