



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
DE LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO EN RENOVALES DE
ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb). Oerst) EN LA COMUNA DE
CURACAUTÍN, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Memoria para optar al Título

Profesional de Ingeniero Forestal

MAURICIO DOUGLAS FRANCISCO UGARTE HIDALGO

Profesora Guía: Ing. Forestal, Dra. Karen Peña Rojas.

Santiago, Chile

2014

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

CARACTERIZACIÓN DEL CRECIMIENTO EN RENOVALES DE
ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb). Oerst) EN LA COMUNA DE
CURACAUTÍN, REGIÓN DE LA ARAUCANÍA

Memoria para optar al Título

Profesional de Ingeniero Forestal

MAURICIO DOUGLAS FRANCISCO UGARTE HIDALGO

| Calificaciones: | | Nota | Firma |
|---------------------|----------------------------|------------|-------|
| Prof. Guía Srta. | Dra. Karen Peña Rojas | 7,0 | _____ |
| Prof. Consejero Sr. | Dr. Sergio Donoso Calderón | 7,0 | _____ |
| Prof. Consejero Sr. | Dr. Gustavo Cruz Madariaga | 6,3 | _____ |

AGRADECIMIENTOS.

Deseo agradecer profundamente a la profesora Dra. Karen Peña, por el constante apoyo y preocupación en este trabajo, luego de un largo tiempo, llegara a su término. Por la excelente disposición a atender mis dudas y a orientarme durante toda mi etapa universitaria.

Agradezco de igual forma al profesores Dr. Sergio Donoso, por su ayuda en las etapas iniciales y finales de este trabajo, donde se destacaron sus prácticos y fundados consejos además de su grata disposición a compartir sus conocimientos.

Muy en especial, quiero dar gracias a mi abuela, por mantenerme conectado y comprometido todo este tiempo con esta Memoria de título, que sin duda le demandó mucha preocupación y paciencia.

Agradezco también a mis padres, hermanos y amigos quienes permanente e incondicionalmente me dieron su apoyo y consejos que mantenían mi temple y ganas para el desarrollo y conclusión de esta etapa tan importante en mi vida.

Gracias a Dios por acompañarme, recorrer y orientar mi vida.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN..... | 7 |
| ABSTRACT..... | 8 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODO..... | 5 |
| 2.1 Antecedentes generales del área de estudio..... | 5 |
| 2.1.2 Área de estudio..... | 5 |
| 2.1.2 Clima..... | 6 |
| 2.1.3 Suelo..... | 6 |
| 2.2 Diseño de muestreo..... | 6 |
| 2.3 Análisis de crecimiento..... | 7 |
| 2.4 Análisis de resultados..... | 9 |
| 3. RESULTADOS..... | 11 |
| 3.1 Antecedentes de los renovales..... | 11 |
| 3.2 Crecimiento en diámetro..... | 12 |
| 3.3 Crecimiento en área basal..... | 14 |
| 3.4 Crecimiento en volumen..... | 14 |
| 4. DISCUSIÓN..... | 16 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 21 |
| 6. BIBLIOGRAFÍA..... | 22 |
| 7. APÉNDICES..... | 25 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Plano de la ubicación de los rodales estudiados en la Comuna de Curacautín..... | 7 |
| Figura 2. Distribución diamétrica de los nueve rodales estudiados | 8 |
| Figura 3. Tarugos extraídos y montados en molduras de madera..... | 8 |
| Figura 4. Marcado de anillos..... | 9 |
| Figura 5. Crecimiento anual en DAP (cm) por rodal entre el año 2001-2010..... | 13 |
| Figura 6. Crecimiento acumulado en DAP (cm) en los rodal entre el año 2001-2010..... | 13 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Funciones de volumen utilizadas por especie. | 9 |
| Cuadro 2. Características fisiográficas de cada rodal. | 11 |
| Cuadro 3. Especies arbóreas encontrada en cada rodal (N° árbol/ha). | 11 |
| Cuadro 4. Parámetros de rodal para cada rodal evaluado | 12 |
| Cuadro 5. Crecimiento en área basal por rodal ($m^2/ha/año$) | 14 |
| Cuadro 6. Crecimiento en volumen por rodal $m^3/ha/año$ | 15 |

RESUMEN

En Chile existen aproximadamente 1,4 millones de hectáreas de renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*), Raulí (*N. alpina*) y Coigüe (*N. dombeyi*) o combinaciones de estas especies. La mayoría de estos renovales se encuentran con algún grado de degradación o con cierto nivel de intervención, producto de la actividad agrícola, ganadera y leñera. Esta es una de las razones para establecer criterios de manejo sustentable. El presente estudio tiene como objetivo general “Determinar la tasa de crecimiento de los últimos 10 años, en diferentes renovales dominados por *Nothofagus obliqua*, orientados a uso productivo en la Comuna de Curacautín, Región de la Araucanía”.

El estudio consistió en identificar nueve rodales correspondientes al Tipo Forestal Roble-Raulí-Coigüe, Subtipo renoval y bosque secundario puro, con potencial productivo en la Comuna de Curacautín. En cada uno de los rodales se instalaron tres parcelas de muestreo para su caracterización, cada una de 1.000 m². En cada parcela se extrajeron tarugos a la altura del DAP (diámetro a la altura del pecho) con el fin de estimar las tasas de crecimiento en DAP, área basal y volumen de cada rodal, entre los años 2001 y 2010. Para comparar y analizar los resultados se aplicó una prueba *t* de Student de muestras pareadas, con el objetivo de determinar para cada rodal si existen diferencias significativas en las tasas de crecimiento entre los años.

Los principales resultados muestran que el crecimiento medio en diámetro fue de 0,2 a 0,5 cm/año y la productividad media de los rodales analizados fue de 8,8 m³/ha/año (4,5 a 12,6 m³/ha/año). Los rodales estudiados se encuentran en un rango de crecimiento medio, siendo estos crecimientos los más frecuentes de encontrar en los bosques dominados por *Nothofagus*.

Palabras clave: Renovales, *Nothofagus sp.*, Roble, DAP, Área basal, Volumen.

ABSTRACT

There are in Chile approximately 1.4 million hectares of second growth forest (*Nothofagus obliqua*), Raulí (*N. alpina*) and Coigüe (*N. dombeyi*) or combinations of these species. Most of these second growth forests are found with some degree of degradation or with some level of intervention, due to farming products, livestock and wood cutting. For this is necessary to establish sustainable management criteria. The study has as general objective, "To determine the growth rate of the past 10 years, in different second growth forest dominated by *Nothofagus obliqua*, focused in the productive usage for the town of Curacautín, in the Araucanía Region."

The study consisted on identifying nine second growth forest corresponding to forest type Roble - Raulí - Coigüe, second growth forest Subtype and secondary forest. In the Curacautín area with productive potential. In each stand of the second growth forest were installed three sampling pieces of ground of 1000 m² each. In each piece of ground were extracted tree cores to the height of DBH (diameter at breast height) in order to analyze rates of growth in DBH, basal area and volume of each second growth forest, between 2001 and 2010. As comparison and analysis of the results we applied a *t* Student test of paired samples in order to determine for each of second growth forest if there are significant differences in the growth rates between years.

The main results showed that the average growth in diameter was 0,2 to 0,5 cm/year and the average productivity of second growth forest analyzed was 8.8 m³/ha/year (4,5 to 12,6 m³/ha/year). The second growth forests studied are in the range of average growth, this growth being the most common in forests dominated by *Nothofagus*.

Keywords: Second growth forests, *Nothofagus sp.*, DBH, Basal area, Volume.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile, a partir de la década de los 60 los bosques de segundo crecimiento, conocidos también como renovales, han cobrado creciente importancia económica. Estos renovales se originaron por la denudación de las áreas que actualmente ocupan, producto de fenómenos catastróficos derivados de fuerzas naturales, de explotaciones intensivas de los tipos forestales originales, seguidos de roce por fuego y abandono, o de habilitación de áreas boscosas para la agricultura, ganadería y abandono posterior. Los bosques constituidos por especies del género *Nothofagus*, principalmente los de Roble (*Nothofagus obliqua*), Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coigüe (*Nothofagus dombeyi*), adquieren gran importancia, por ser las especies de mejor crecimiento y potencial comercial, entre las especies forestales nativas. Además, Chile presenta una superficie de 1,4 millones de hectáreas con presencia de Roble, del cual se puede obtener un gran volumen de materia prima (Donoso, 1981).

Manejo en los bosques de Roble

Una de las actividades de manejo que adquiere mayor importancia en los renovales cuando se encuentran en estado de desarrollo juvenil o de crecimiento óptimo es el raleo, el cual se define como un tipo de corta intermedia aplicable a renovales, la que consiste en cortar parte de los individuos en pie y dejar un número adecuado de árboles vigorosos, de buena forma y sanos que permitan a futuro la formación de un bosque de calidad y con características maderables en el menor tiempo posible (Lara *et al.*, 1999).

Estos raleos, aplicados correctamente, producen efectos positivos como: el incremento de la productividad neta y calidad del rodal, lo que conlleva al aumento del crecimiento en los árboles con mejores características madereras, acortando las rotaciones y permitiendo cosechar mayores volúmenes de madera, y de mejor calidad.

Características generales de los renovales de Roble

En un sentido estricto, renoval es todo bosque joven de segundo crecimiento, generalmente constituido por las especies más agresivas, es decir, de más rápido crecimiento y de mayor habilidad competitiva (Donoso, 1981).

Los renovales de Roble generalmente se encuentran ocupando los mejores sitios entre las Regiones del Maule y de Los Lagos, junto a terrenos agrícolas y ganaderos, por lo que frecuentemente presentan una mejor accesibilidad, en comparación con otros bosques que crecen en condiciones de calidad de suelo pobre y de difícil acceso (Lara *et al.*, 1999).

Distribución de los bosques de Roble

Las especies de *Nothofagus* se clasifican actualmente en la familia *Nothofagaceae*, Género conformado por unas 35 especies de Chile, Argentina y algunas islas de Oceanía (Nueva Zelanda, Papua-Nueva Guinea) (Rodríguez, *et al.*, 1983; Zuloaga, *et al* 2008).

El Roble posee una amplia distribución, entre los 33° 57' hasta 41° 10' latitud sur. En Chile, se encuentra desde la Provincia de Colchagua (Región del Libertador General Bernardo O'Higgins) hasta la del Llanquihue (Región de Los Lagos), en ambas cordilleras y también, en el valle central (Rodríguez, *et al.*, 1983).

El Roble, es una de las especies dominantes de las comunidades de bosques templados, formando bosques mixtos con otras especies como *N. alpina* (Raulí) y *N. dombeyi* (Coigüe). Según Montenegro (2002), los bosques mejor conservados se encuentran entre la Región del Maule y Región de la Araucanía en los faldeos de la Cordillera de los Andes hasta los 700 m.s.n.m.

Entre los tipos forestales, el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, se desarrolla entre el río Ñuble (36°30'S) y la provincia de Llanquihue (40°30'S), entre los 100 y 1.000 m.s.n.m. en ambas Cordilleras, particularmente en las laderas interiores y en valles cordilleranos. A medida que se avanza hacia el sur, estos bosques van desarrollándose a menor altitud (Donoso, 1981), se presenta principalmente en las Regiones del Biobío, de la Araucanía y de Los Lagos representan un 62,2%, 47,6%, 10,5% del total de la superficie regional de bosque nativo respectivamente; Dentro del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, el subtipo Roble predomina, con un 66,2% 56,6% 48,8% de la superficie de este subtipo en las Regiones del Biobío, de la Araucanía y de Los Lagos respectivamente. (CONAF - CONAMA. 1999). Este tipo forestal se desarrolla en un clima mediterráneo en parte y templado oceánico en otra, con una pluviometría que fluctúa entre 1.500 y 3.000 mm

anuales, la que aumenta de norte a sur (Donoso, 1981). Las temperaturas medias varían entre 0° C a 10° C en el mes más frío y 16° C a 20° C en el mes más cálido. Los renovales se encuentran generalmente asociados a laderas en ambas cordilleras, usualmente sobre los 200 m.s.n.m. y en pendientes no mayores del 30% en posiciones de media ladera (Nimmo, 1971). Por su amplia distribución, los renovales están condicionados a una fuerte amplitud térmica, con altas temperaturas en el periodo estival y heladas en los meses de invierno en la zona norte de su distribución (Vita, 1974). Por el contrario, las fluctuaciones térmicas son más moderadas en su límite sur de distribución. La zona de óptimo desarrollo de los renovales de Roble-Raulí-Coigüe, se localizaría en las provincias de Malleco y Cautín en la Cordillera de los Andes (Donoso *et al.*, 1993a).

Estas formaciones se encuentran asociadas a suelos de cenizas volcánicas en la precordillera y cordillera Andina y a suelos de origen metamórfico en la cordillera de la Costa (Bahamóndez, 1992).

Antecedentes de crecimiento de los renovales de Roble en condiciones naturales.

Donoso *et al.* (1993a), señalan que el crecimiento medio anual en diámetro de los árboles de Roble, creciendo en condiciones naturales, varía entre los 0,37 y 0,60 cm/año, correspondiente al valle central de la provincia de Valdivia y de los faldeos cordilleranos de altitud intermedia (400 a 800 msnm), de las provincias de Valdivia, Cautín y Malleco.

Corti (1996) determinó, en renovales de *Nothofagus obliqua* del predio Aillapán, que el crecimiento acumulado en diámetro presentaron variaciones de acuerdo a la edad de los individuos y la clase diamétrica a la que pertenecían. El crecimiento medio en diámetro de los Robles dominantes fue de 0,37 cm/año levemente inferior al crecimiento de 0,41 cm/año descrito por Donoso *et al.* (1993a). El crecimiento anual medio de Roble durante los primeros 20 años fue de 0,22 cm/año, inferior al de otros estudios que señalan crecimientos superiores a los 0,44 cm/año. Al considerar sólo las clases diamétricas mayores a 17 cm, correspondientes a árboles dominantes y codominantes, se observó que el crecimiento anual medio a los 20 años fue de 0,55 cm/año, superior a los encontrados en renovales de Roble en Jauja, Talca y Curicó (Donoso *et al.*, 1993a).

Echeverría (2000), determino que la zona de mayor crecimiento diametral para Roble se encuentra en la precordillera andina de la provincia de Valdivia y alcanza valores de 0,75 cm/año en promedio.

En un renoval de Roble en estado natural en la cordillera de la Costa en la Región de la Araucanía, de edades entre 36 y 46 años, Castillo (1992) encontró una gran variabilidad en la evaluación de crecimientos, desde 0,1 - 0,2 cm/año hasta 1,0 - 1,3 cm/año en diámetro. Según el autor, las causas que originan estas diferencias se encuentran en la edad, densidad, zona geográfica, altitud, tipo de intervenciones e incluso la clase diamétrica o la cobertura de copa de los renovales considerados. También, determinó para individuos del dosel superior que el máximo crecimiento medio anual en diámetro se logra entre los 20 y 30 años de edad con un valor de 0,79 cm/año.

Por lo expuesto anteriormente, el presente trabajo tiene como objetivo general determinar la tasa de crecimiento entre los años 2001 y 2010 en diferentes renovales dominados por *Nothofagus obliqua* orientados a uso productivo y como objetivos específicos; estimar el crecimiento en diámetro (cm/año) y área basal ($m^2/ha/año$), y el incremento volumétrico ($m^3/ha/año$) de *N. obliqua*. Es estudio se realizó en la Comuna de Curacautín debido a la escasa información sobre las tasas de crecimiento de los renovales de *Nothofagus* dominados por Roble de esta Comuna. Si tomamos en cuenta que la mayoría de estos renovales se encuentran en un grado de degradación o con cierto nivel de intervención, se hace necesario tener una información fidedigna para establecer criterios de manejo sustentable con el fin de incrementar la productividad neta y calidad del rodal, lo que conlleva a cosechar mayores volúmenes de madera de mejor calidad y acortar las rotaciones. A fin de hacer de estos bosques un recurso renovable y perdurable en el tiempo.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Se cuenta con la información de la memorias de título, “Caracterización de renovales dominados por *Nothofagus sp.* En la precordillera andina de las regiones del Biobío y la Araucanía” de Cisterna (2013), el objetivo de este estudio fue, caracterizar la composición y la estructura de renovales dominados por especies del género *Nothofagus*. Para lo cual se desarrolló una caracterización a partir de 53 puntos de muestreo en renovales dominados por *Nothofagus sp.* Se instalaron parcelas de 1.000 m² evaluando la composición, altura, diámetro y edad en los individuos de *Nothofagus sp.* Llegando a la conclusión que los renovales estudiados dominados por el género *Nothofagus*, poseen un alto potencial productivo, especialmente en la Comuna de Curacautín. Además, se contó con la información de la memoria de título en desarrollo, “Caracterización y estimación de la productividad en renovales del Tipo Forestal Roble, Raulí y Coigüe en la Comuna de Curacautín, Región de la Araucanía” de Muñoz (2012), este estudio tiene como objetivo caracterizar los renovales de Roble-Raulí-Coigüe con potencial maderero, en la Comuna de Curacautín, Región de la Araucanía. A partir de los estudios anteriores es que se seleccionó la Comuna de Curacautín para el desarrollo de esta investigación, y permitió ubicar nueve rodales dominados por Roble con potencial productivo, estos renovales poseen una dominancia en N° árboles/ha igual o mayor a 45%. En los cuales se establecieron parcelas de inventario rectangulares de 1.000 m² cada una, incluyendo las correcciones por pendiente.

2.1 Antecedentes generales del área de estudio

2.1.2 Área de estudio

El área de estudio corresponde a la Comuna de Curacautín, ubicada aproximadamente a 28° y 38° de latitud Sur y 71° y 58° de longitud Oeste, a unos 548 m.s.n.m., situada en la Provincia de Malleco, al noreste en la IX Región de la Araucanía (Figura 1).

2.1.2 Clima

Posee un clima Templado Frío-Lluvioso, pero con Influencia Mediterránea, la temperatura media anual es de 8,4°C siendo el mes más cálido enero con 15,5° C, y el más frío julio, con 1,5° C, sólo durante cuatro meses su promedio térmico es superior a 10° C y recibe anualmente un monto de precipitaciones que oscila entre 2.000 y 3.000 mm, en el invierno es sólida. (INE, 2007).

2.1.3 Suelo

Los suelos del área están formados por cenizas volcánicas que descansan usualmente sobre conglomerados o tobas volcánicas, andesitas o basaltos. Pertenecen a la serie Santa Bárbara, cuyas características son: Textura moderadamente liviana, suelos profundos, alto tenor de materia orgánica, estructura granular, buen drenaje, alta capacidad de retención de agua, pH 5 a 6; fertilidad media a baja con un alto poder de fijación de fósforo (Peralta, 1976).

2.2 Diseño de muestreo

Para la obtención de la información, en cada uno de los nueve rodales seleccionados se establecieron tres parcelas rectangulares de 1.000 m² (25 x 40 m), las cuales fueron orientadas con el lado más largo a favor de la pendiente, en sectores planos, el lado más largo fue orientado hacia el norte magnético. Todas las parcelas fueron caracterizadas dasométricamente.

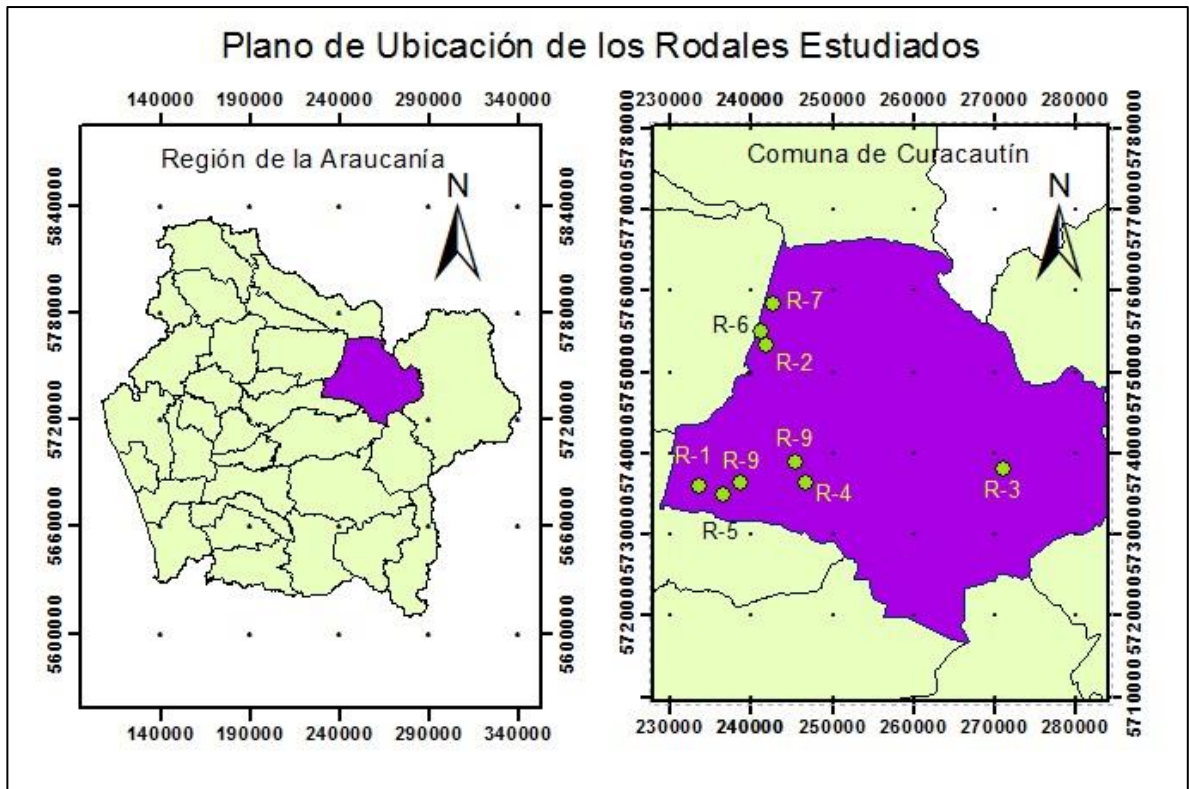


Figura 1. Plano de la ubicación de los rodales estudiados en la Comuna de Curacautín

2.3 Análisis de crecimiento

En cada parcela de 1.000 m^2 , se extrajeron tarugos de incremento, a una altura aproximada de 1,30 m del suelo, los que deberían estar en buen estado y completos, de lo contrario se extrajo otro, en el caso de existir pudrición se reemplazó el árbol por otro de similar DAP. La extracción de los tarugos se hizo considerando el desarrollo del bosque (bosques juveniles, en estado desarrollo intermedio y maduros) y la distribución diamétrica, para lo cual se midieron los diámetros a la altura del pecho de todos los árboles mayores a 5 cm, en las tres parcelas de muestreo correspondientes a cada rodal y se determinó el número de árboles por hectárea perteneciente a cada clase diamétrica. (Figura 2). Por cada rodal, se obtuvieron entre 15 y 24 tarugos por parcela, siendo 527 individuos el número total de árboles muestreados en las veintisiete parcelas consideradas en el estudio.

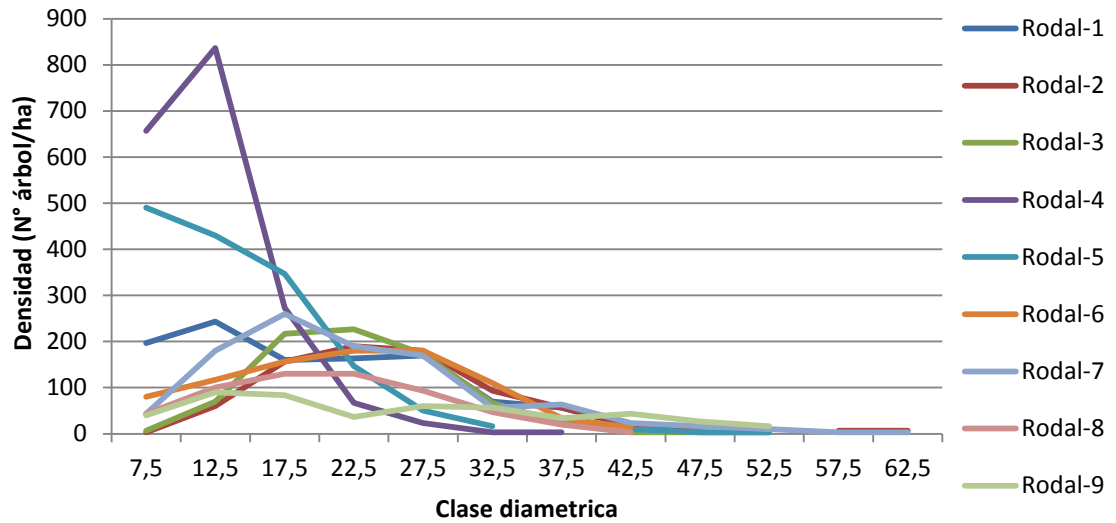


Figura 2. Distribución diamétrica de los nueve rodales estudiados

Para el análisis del crecimiento, a través de los tarugos, primero estos se montaron en molduras de madera, posteriormente se lijaron con lijadora de banda y finalmente a mano con lijas cada vez más finas, con el fin de hacer visibles los anillos de crecimiento, según procedimientos descritos por Stokes y Smiley (1968) (Figura 3).



Figura 3. Tarugos extraídos y montados en molduras de madera

A partir de los tarugos ya preparados para la observación visual, se procedió a marcar cada anillo para la lectura posterior y contar los anillos con el uso de una lupa binocular. Para la datación se utilizó la conversión de Schulman (1956), para el hemisferio sur, el cual asigna a cada anillo de crecimiento el año en que se inició el crecimiento, es así, un anillo

asignado a 2005 corresponde al período de crecimiento que incluye la primavera del 2005 y el verano del 2006 (Figura 4).

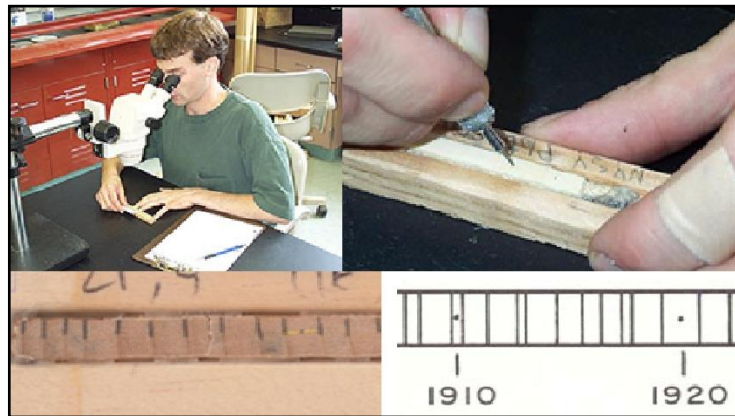


Figura 4. Marcado de anillos

Para medir el ancho de los anillos se procedió a escanear los tarugos con el software Canon ScanGear Versión 17.0.0. La imagen obtenida se calibró con el software ImageJ 1.44p, para luego medir cada anillo con dicho programa. Posteriormente, se determinó el crecimiento en diámetro por año, volumen y área basal por hectárea. La estimación del volumen de los rodales se realizó a partir de funciones volumétricas construidas para renovales de Roble y de las especies acompañantes del género *Nothofagus*, las cuales fueron elaboradas con una muestra igual o superior a 50 árboles (Cuadro 1).

Cuadro 1. Funciones de volumen utilizadas por especie.

| Especie | Función de Volumen | Fuente |
|---------|------------------------------------|---------------------------|
| Roble | $V = -0,03695309 + 0,00075407 D^2$ | (Grosse y Cubillos, 1991) |
| Raulí | $V = -0,03616 + 0,00070126 D^2$ | Cubillos 1988a |
| Coigüe | $V = -0,05476487 + 0,00073611 D^2$ | Cubillos 1988b |

2.4 Análisis de resultados

Para analizar los resultados se consideró las tasas de crecimiento anual en diámetro, área basal y volumen de las tres parcelas correspondientes a cada rodal para el periodo comprendido entre los años 2001 al 2010, con la finalidad de analizar si existen diferencias en el crecimiento dentro de un mismo rodal. Para determinar si hay diferencias

significativas en las tasas de crecimiento se consideró hacer un análisis estadístico por medio de la prueba t de Student de muestras pareadas, entre las tasas de crecimiento del año 2001 y el 2010 para cada rodal.

La hipótesis nula establece que no existen diferencias entre las medias de los crecimientos tanto para el diámetro, área basal y volumen, por el contrario, la hipótesis alternativa establece que estas medias son diferentes. Para realizar este análisis se empleó el software estadístico IBM SPSS Statistics 19 (Licencia adquirida por el memorante).

3. RESULTADOS.

3.1 Antecedentes de los renovales

En algunos casos los renovales estudiados están compuestos por Roble (*N. obliqua*), Raulí (*N. alpina*) y Coigüe (*N. dombeyi*), cuyas edades fluctuaban entre los 24 y 53 años, con una edad promedio de 42 años. Al momento del estudio estos rodales presentaba una densidad promedio de 996 árboles/ha (rango entre 487 y 2.185 árboles/ha), de los cuales el 83% correspondía a Roble, mientras que el 17% restantes lo conformaban Coihue y Raulí con un 1,6 y 15,4%, respectivamente, El 61 % de los individuos estuvieron comprendidos entre los 5-20 cm DAP (Cuadro 2, 3 y 4).

Cuadro 2. Características fisiográficas de cada rodal.

| Rodal | Exposición | Altitud (m.s.n.m.) | Pendiente (%) |
|-------|------------|--------------------|---------------|
| R-1 | N | 500 | 30-40 |
| R-2 | N | 700 | 0-15 |
| R-3 | E | 900 | 25-30 |
| R-4 | NE | 613 | 20 |
| R-5 | NE | 600 | 20 |
| R-6 | N | 680 | 10 |
| R-7 | NO | 1050 | 20-30 |
| R-8 | NO | 530 | 20-30 |
| R-9 | SE | 500 | 5-10 |

Cuadro 3. Especies arbóreas encontrada en cada rodal (N° árbol/ha).

| Rodal | Roble | Raulí | Coigüe | Otras (*) |
|-------|-----------------|-------|--------|-----------|
| | (N° árboles/ha) | | | |
| R-1 | 603 | | | 67 |
| R-2 | 763 | 50 | | 30 |
| R-3 | 497 | 297 | | |
| R-4 | 1.300 | 845 | | 40 |
| R-5 | 1.497 | | | |
| R-6 | 760 | 330 | | 33 |
| R-7 | 497 | 590 | 210 | 85 |
| R-8 | 567 | | | 50 |
| R-9 | 487 | | | |

(*) Trevo, Tayu, Radal, Avellano, Maíten, Lingue, Tepa, Canelo y Maqui.

Cuadro 4. Parámetros de rodal para cada rodal evaluado

| Rodal | Edad* (años) | DMC (cm) | Altura media (m) | Densidad (N° árbol/ha) | Área basal (m ² /ha) | Volumen bruto (m ³ /ha) | Estado de Desarrollo |
|--------------|------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|---|--|---------------------------------------|
| R-1 | 40 | 26,1 | 27,2 | 670 | 35,8 | 343,2 | Latizal Alto |
| R-2 | 42 | 26,8 | 24,1 | 843 | 47,6 | 392,3 | Latizal Alto |
| R-3 | 49 | 23,6 | 20,4 | 794 | 34,8 | 293,8 | Latizal Alto |
| R-4 | 24 | 12,7 | 17,6 | 2.185 | 27,6 | 158,5 | Latizal Bajo |
| R-5 | 32 | 15,2 | 22,3 | 1.497 | 27,0 | 205,8 | Latizal Bajo |
| R-6 | 49 | 22,8 | 21,5 | 1.123 | 46,0 | 328,9 | Latizal Alto |
| R-7 | 37 | 25,0 | 23,0 | 1.382 | 67,1 | 417,4 | Latizal Alto |
| R-8 | 41 | 26,7 | 27,0 | 617 | 34,4 | 285,7 | Latizal Alto |
| R-9 | 53 | 26,9 | 30,6 | 487 | 27,8 | 273,2 | Latizal Alto |

(*) Información proporcionada por Muñoz (2012)

3.2 Crecimiento en diámetro

El crecimiento medio del diámetro en este estudio en cada rodal varió de 0,2 a 0,5 cm/año, el mayor crecimiento anual en el periodo 2001-2010 se encuentra en el rodal R-4, el cual también, presenta un crecimiento más homogéneo en comparación a los demás rodales, ya que posee un coeficiente de variación del 12,2 % siendo el más bajo entre todos los rodales estudiados y siendo a la vez el rodal más joven, con mayor densidad y menos volumen por hectárea (Figura 5).

El crecimiento en DAP, entre el periodo 2001 y 2010, alcanzó su mayor incremento en el rodal R-4 entre los años 2001 y 2004 luego de este periodo se ve una baja en el crecimiento de este rodal (Figura 5).

El rodal R-9 presenta las menores tasas de crecimiento respecto a los rodales estudiados siendo su menor crecimiento en DAP el obtenido durante el año 2009. Los rodales mantienen un crecimiento relativamente constante en el periodo evaluado y solo se observa que los rodales R-2, R-6 y R-7 muestran un aumento en las tasas de crecimiento en DAP durante el año 2010 lo que nos hace pensar la existencia de algún tipo de intervención en estos rodales. Además, los rodales R-1, R-2, R-8 y R-9 muestra una clara tendencia a disminuir su crecimiento en el tiempo (Figura 5).

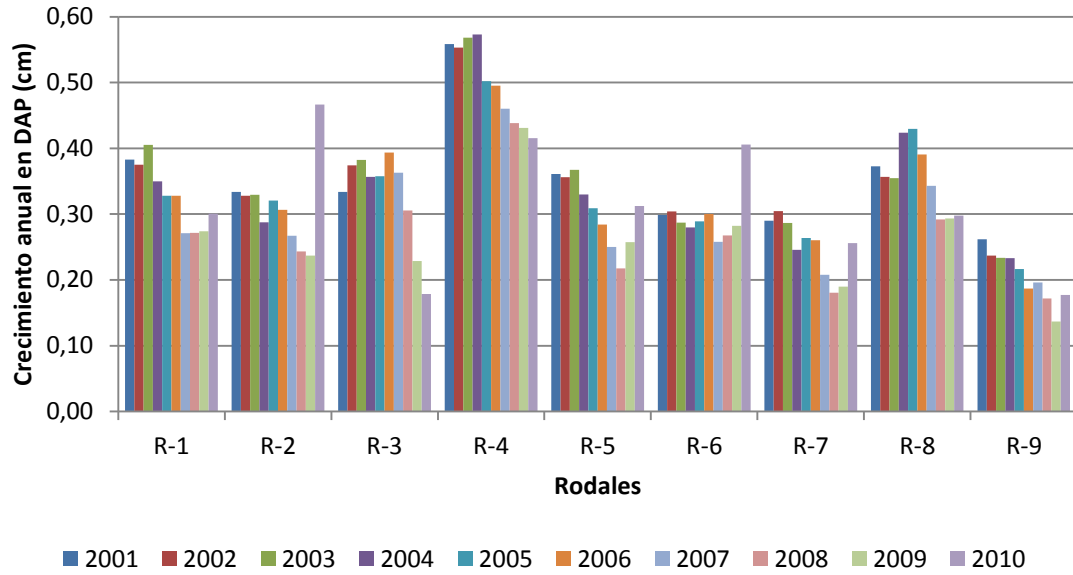


Figura 5. Crecimiento anual en DAP (cm) por rodal entre el año 2001-2010.

El aumento en DAP durante el periodo 2001-2010, alcanzó un promedio en los nueve rodales de 3,2 cm, con un máximo acumulado en el rodal R-4 de 5,0 cm para el periodo estudiado, el que corresponde a un 55% sobre el promedio y un mínimo de 2,1 cm en el rodal R-9 que corresponde a 36% bajo el promedio. Los rodales R-1, R.2, R-3, R-5 y R-6 se encuentran muy cercanos al promedio (Figura 6).

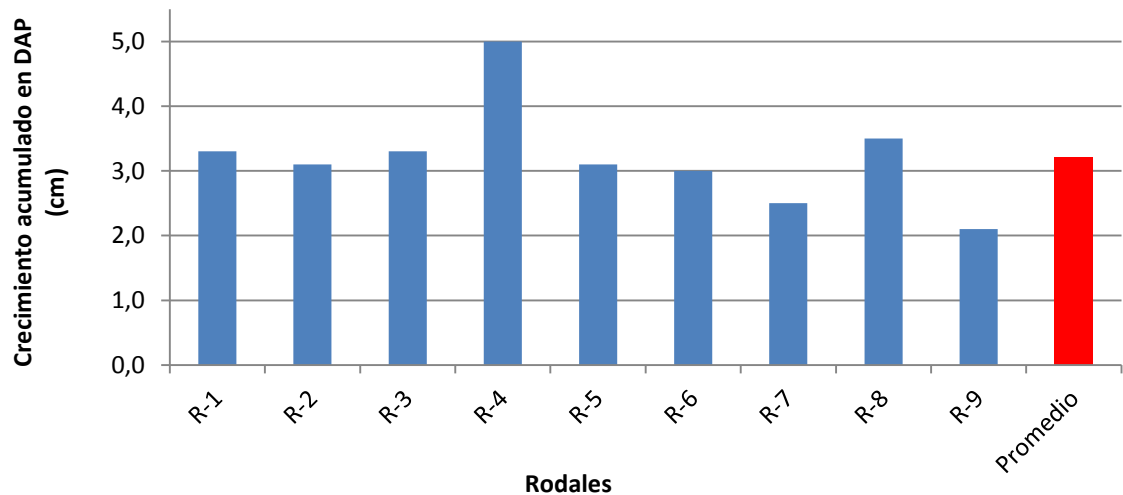


Figura 6. Crecimiento acumulado en DAP (cm) en los rodal entre el año 2001-2010.

3.3 Crecimiento en área basal

En el periodo 2001-2010 se observó un crecimiento anual en área basal entre los 0,46 a 1,43 m²/ha con un promedio de 0,94 m²/ha, los rodales R-1, R-3, R-4, R-5 y R-7 obtuvieron tasas superiores a la media, siendo las más altas en R-1 y R-4 con un 18,2 y un 51,6% respectivamente, se puede apreciar en ambos rodales una disminución del crecimiento en el tiempo al igual que el crecimiento en DAP. Los rodales R-8 y R-9 estuvieron bajo la media en un 23,7 y 50,9 % respectivamente, estos rodales corresponde a los que poseen mayor diámetro cuadrático medio (DMC), mayores alturas y menores densidades, además muestra una disminución en el tiempo del crecimiento en área basal durante el periodo estudiado. El rodal R-4 y R-5 mostraron un crecimiento más homogéneo que el resto a los rodales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Crecimiento en área basal por rodal (m²/ha/año)

| Crecimiento anual en área basal (m ² /ha/año) | | |
|--|--------|--------------|
| Rodal | Media* | Desv. (+/-)* |
| R-1 | 1,11 | 0,12 |
| R-2 | 0,89 | 0,20 |
| R-3 | 0,96 | 0,19 |
| R-4 | 1,43 | 0,11 |
| R-5 | 0,97 | 0,09 |
| R-6 | 0,90 | 0,14 |
| R-7 | 1,02 | 0,15 |
| R-8 | 0,72 | 0,10 |
| R-9 | 0,46 | 0,08 |

(*) Aproximado a dos decimales

3.4 Crecimiento en volumen

La estimación del volumen para los nueve rodales se calculó con las funciones descritas anteriormente en el Cuadro 1, Para el periodo estudiado 2001-2010 la mayor productividad anual se alcanzó en los rodales R-1 y R-4, los cuales tuvieron un crecimiento de 10,6 y 12,6 m³/ha/año respectivamente, mientras que la menor se encontró en R-9 con 4,4 m³/ha/año, el cual corresponde al 35,4% del crecimiento del rodal R-4. Los rodales R-2, R-3, R-5, R-6 y

R-7 muestran un crecimiento anual en volumen similar el cual varía de 8,5 a 9,5 m³/ha (Cuadro 6).

Los rodales con menor variación en su productividad anual fueron los rodales R-1, R-4 y R-5 y al igual que con el crecimiento en área basal los rodales R-2 y R-3 presentaron la mayor variación (20 % aproximadamente) en sus tasas de crecimiento anual de volumen.

Cuadro 6. Crecimiento en volumen por rodal m³/ha/año.

| Crecimiento anual en volumen m³/ha/año | | |
|--|---------------|----------------------|
| Rodal | Media* | Desv. (+/-)** |
| R-1 | 10,6 | 1,15 |
| R-2 | 8,5 | 1,90 |
| R-3 | 8,9 | 1,77 |
| R-4 | 12,6 | 1,43 |
| R-5 | 9,3 | 0,85 |
| R-6 | 8,6 | 1,27 |
| R-7 | 9,5 | 1,38 |
| R-8 | 6,9 | 0,92 |
| R-9 | 4,4 | 0,80 |

(*) Aproximado a un decimal

(**) Aproximado a dos decimales

4. DISCUSIÓN.

Los resultados obtenidos en el estudio para el crecimiento medio del diámetro varió de 0,2 a 0,5 cm/año, valores que se encuentran dentro del rango de crecimiento encontrados por Paredes (1982), para la zona de Jauja (Provincia de Malleco), quien obtuvo mediante la medición del crecimiento de los últimos 10 años un crecimiento en diámetro entre 0,2 y 0,6 cm/año ambos rango son parecidos, esto se puede explicar, ya que los dos estudios fueron realizados en la misma provincia. Pero los rango de crecimiento obtenidos en los Renovales de *Nothofagus* estudiados son menores a los encontrado por Donoso (1988), para un renoval de Roble y Raulí de 30 a 70 años ubicado en el área de protección del Radal Siete Taza, entre los 700 - 1600 m.s.n.m., cerca a Molina VII Región, encontró crecimientos diametrales iniciales de 0,5 a 0,7 cm/año. Castillo (1992), considera que los crecimientos entre 0,3 y 0,4 cm/año resultan ser los más frecuentes de encontrar, y que crecimientos sobre 0,5 cm/año pueden calificarse como buenos. Basado en lo anterior podemos decir que los rodales estudiados se encuentran en un rango de crecimiento frecuente con excepción del rodal R-4 que estaría en la categoría de rodal con buenos crecimientos según los rangos descritos por Castillo (1992).

Las tasas de crecimiento en área basal son inferiores a las que obtuvo Puente *et al.* (1979), para la Provincia de Malleco, Cautín y Valdivia, el cual proyectó incrementos en área basal de 1,4 a 2,6 m²/ha/año y los de Soler (1979), que encontró un crecimiento medio de 1,14 m²/ha/año. En los últimos estudios realizado por Donoso *et al.*, (1993a), estimó que para la provincia de Cautín y Valdivia el crecimiento en área basal es de 0,82 m²/ha/año con un rango que varía entre los 0,58 y 1,07 m²/ha/año, los cuales se asemejan a los valores obtenidos en el estudio, los que variaron de 0,46 - 1,43 m²/ha/año, con un crecimiento medio en área basal para los nueve rodales estudiados de 0,94 m²/ha/año, esto se debe a que los bosques de las provincias de Cautín y Malleco poseen características edáficas, climáticas y topográficas similares por están dentro de la Región de la Araucanía. Esto indica que los resultados obtenido en el estudio son muy semejantes a los obtenidos por Donoso *et al.*, (1993a) y no coinciden con los proyectado por Puente *et al.* (1979) y Soler (1979).

Para los nueve rodales, el crecimiento anual medio en volumen varió de 4,4 a 12,6 m³/ha/año con una media de 8,8 m³/ha/año estos valores son similares a los obtenidos por De Camino *et al.* (1974), que obtuvo valores entre 5 y 15 m³/ha/año en condiciones naturales mientras que Puente *et al.* (1979), para la provincia de Malleco, Cautín y Valdivia proyectaron incremento en volumen entre 8 a 15 m³/ha/año. Todos estos valores son inferiores a los que obtuvo Donoso (1988), el cual determinó una productividad media de 13 m³/ha/año para el área de protección Radal Siete Tazas y a los de Donoso *et al.* (1993a) que caracterizaron y evaluaron los crecimientos de renovales de Roble y Raulí en varias localidades ubicadas entre los paralelos 35° y 41° latitud sur, alcanzando un valor promedio de 12,6 m³/ha/año a la edad de 20 años. Donoso (1993b), describe cuatro zonas de crecimiento para Roble. La zona dos posee un rango de productividad entre 6 y 13 m³/ha/año, semejantes a las tasas de crecimiento obtenidas, de esta forma podemos decir que la Comuna de Curacautín posee características semejantes a las descrita para la zona de crecimiento de tipo dos, hay que considerar que Donoso (1993b) afirma que la mayor parte de la superficie de renovales en Chile pertenece a esta zona de crecimiento y es a la vez la principal superficie de renovales en el país, y si se manejaran desde temprana edad, podrían tener crecimientos volumétricos superiores a los evaluados.

Trincado (1994), en un estudio realizado en renovales de Roble y Hualo (*N. glauca*) ubicados entre las regiones del Maule y de la Araucanía, señala que los mejores incrementos diametrales se obtienen en terrenos planos, en nuestro estudio podemos ver que los mayores crecimientos medios en DAP, área basal y volumen se encuentran en los rodales R-1 y R-4 los cuales poseen pendientes de 35 y 20% aproximadamente, mientras que los menores crecimientos se encuentran en el rodal R-9 que posee una pendiente que varía de los 5 y 10% por lo tanto no concuerda con los resultados obtenidos en el estudio de Trincado (1994).

Basado en los resultados obtenidos, no se ven diferencias significativas en el crecimiento entre las parcelas del mismo rodal. Mientras que entre los rodales se distinguen tres grupos, el primero grupo que poseen tasas de crecimiento bueno (R-1 y R.4), el segundo con un crecimiento medio (R-2, R-3, R-5, R-6 y R-7), y el tercer con bajas tasas de crecimiento (R-

8 y R-9) esto se explica por existir diferencia en la edad, la densidad, altitud, e incluso la clase diamétrica entre los renovales estudiados.

En el periodo 2001-2010 se observó que en los rodales R-1 y R4 existía una disminución del crecimiento en el tiempo del DAP y del área basal, pero no obstante ambos rodales poseen las mayores tasas de crecimiento, se puede inferir que es debido a las influencias medioambientales que incluyen factores climáticos (temperatura del aire, precipitaciones, viento y luz solar), factores del suelo (características físicas y químicas, humedad y microorganismos), características topográficas (inclinación, elevación y microrelieve) y la competencia (influencia de otros árboles, vegetación; este último es un factor muy importante y el más controlable a través del manejo silvicultural) (Prodan *et al.*, 1997) (Figura 5).

El crecimiento más homogéneo se encontró en los rodales R-4 y R-5 esto se puede deber a que ambos rodales son los más jóvenes del estudio, poseen los menores diámetros cuadráticos medios, una alta densidad y las menores tasas de crecimiento acumulada en área basal y volumen, hay que considerar que ambos rodales se encuentran en un estado juvenil con un crecimiento acelerado el cual pudiera aumentar con un correcto plan de manejo. (Cuadro 4).

La mayor productividad se encuentra en el rodal R-4 siendo esta de 1,43 m²/ha/año en área basal y 12,56 m³/ha/año en volumen para el periodo evaluado, estos resultados se explican por ser el rodal más joven del estudio, por ende posee un crecimiento mucho más acelerado que el resto de los rodales estudiados. Además, hay que tener en cuenta que posee una distribución diamétrica de “J” inversa lo que indica que se encontró un mayor número de individuos en las menores clases diamétricas y un menor número en las clases diamétricas mayores (Figura 2), también posee los menores valores en diámetro cuadrático medio, altura, área basal y volumen acumulado. Considerando lo anterior y la tendencia en el tiempo que muestra la Figura 5, podemos decir que este rodal requiere de una pronta intervención, con el fin de mejorar la calidad maderera de los individuos y eliminar la competencia interna que se comenzó a manifestar en el rodal. Se puede apreciar que R-4 posee características similares a las de R-5 aunque este último no alcanza las mismas tasas

de crecimiento que éste, esto se pueden explicar por la densidad, R-4 posee una densidad de 2.185 árboles/ha mientras que R-5 posee 1.497 árboles/ha existiendo una mayor competencia influenciada por otros árboles y vegetación menor, esto último se puede controlar a través del manejo silvicultural.

Los rodales R-8 y R-9 poseen las menores tasas de crecimiento acumulado para el periodo estudiado siendo de 7,2 y 4,6 m²/ha en área basal mientras que el volumen fue de 68,7 a 44,4 m³/ha respectivamente, esto se puede explicar ya que estos rodales se encuentran en una etapa de desarrollo avanzada donde el crecimiento comienza a desacelerar a pesar que ambos rodales son relativamente jóvenes con una edad que fluctúa entre los 41 y 53 años, considerando que la edad potencial de las especies del genero de *Nothofagus* supera los 400 años (Cuadro 4 y 5) (Donoso, 1981). Ambos rodales poseen como característica común una baja densidad en sus rodales y un volumen acumulado similar (Cuadro 4).

Los rodales R-2, R-6 y R-7 durante los años 2001 al 2009 mostraron una clara tendencia a la disminución de sus tasas de crecimiento en DAP, área basal y volumen, pero durante el año 2010 estas aumentaron lo cual nos hace interpretar que estos rodales pudieron haber sido intervenidos. Hay que tener en cuenta que en el momento que se tomaron los datos para realizar el estudio no se vio presencia de intervención en los rodales, y cuando se revisaron los planes de manejo de cada uno de los rodales no se encontraba avisos de faena que diera cuenta de la realización de algún tipo de intervención en los rodales.

Al analizar las tasas de crecimiento del año 2001 con las del 2010 entre las tres parcelas de cada rodal, los resultados de la prueba *t* de Student del análisis estadístico para comparar las medias del crecimiento anual en DAP, área basal y volumen dan como resultado un valor *p* mayor a 0,05 entre las tres parcelas de cada rodal, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas (para un nivel de confianza del 95%) entre las tasas de crecimiento de DAP, área basal y volumen para los años 2001 y 2010 entre las parcelas de un mismo rodal.

Rocuant (1974), demostró que extrayendo entre un 32 y 43% del área basal, aumentan los incrementos diametrales y de área basal neta, así como también, se evita las pérdidas por

mortalidad natural en relación a la situación testigo. Con el objetivo de concentrar la productividad del sitio en los mejores individuos que quedan en el bosque, se recomienda intervenir los rodales a pesar de que el porcentaje de intervención descrito por Rocuant (1974) son mayores a lo propuesto por la norma de manejo para el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, ya que de esta forma mejoramos las condiciones de sitio y se potencia el crecimiento en los árboles que permanecen en el rodal, con el fin de obtener madera de alta calidad. En el momento de realizar la intervención se recomienda realizar una evaluación individual árbol a árbol, conocido como criterio biológico de selección, el cual se realiza en función de: Especie; Calidad (forma y sanidad); Competencia de copas (Intra e interespecífica); Competencia fustal; Grado de tolerancia a la sombra y presencia de claros en el bosque, de esta forma se puede seleccionar los mejores individuos con el objetivo de obtener madera de mejor calidad.

5. CONCLUSIONES

El crecimiento anual medio en diámetro fluctuó desde 0,2 - 0,5 cm/año, mientras que en crecimiento anual medio del área basal y volumen fue de 0,5 - 1,4 m²/ha/año y 4,4 - 12,6 m³/ha/año respectivamente.

De la comparación de los nueve rodales, se concluye que los rodales más jóvenes crecen a mayores tasas que el resto de los rodales, esto se puede explicar porque están en etapas de crecimiento de latizal bajo, poseen una distribución diamétrica de “J” inversa, con una alta densidad, bajos diámetros medios cuadráticos, bajo volumen y área basal acumulada.

Basado en todo lo expuesto en esta investigación podemos decir que los rodales estudiados se encuentran en un rango de crecimiento medio, siendo estos crecimientos los más frecuentes en los bosques dominados por *Nothofagus* y si estos rodales se manejaran de una forma correcta y desde temprana edad, podrían tener tasas de crecimiento superiores a los evaluados en este estudio.

Se concluye también que las diferencias en las tasas de crecimiento en DAP, área basal y volumen son causadas por la diferencia en; edad, densidad, altitud, la clase diamétrica de los individuos y la cobertura de copas que existe entre los rodales.

6. BIBLIOGRAFÍA

BAHAMÓNDEZ, V. 1992. Desarrollo de un modelo de simulación de renovales de Roble-Raulí-Coigüe. Términos de referencia. Temuco, INFOR. 36 p.

CASTILLO, F. 1992. Caracterización, estudio dendrológico y proposición de intervenciones silvícolas para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst), Cordillera de la Costa, Novena Región. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 70 p.

CISTERNA, F. 2013. Caracterización de renovales dominados por *Nothofagus sp.* en la precordillera Andina de las Regiones del Biobío y la Araucanía. Memoria de Título de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. 26 p.

CORTI, D. 1996. Caracterización y crecimiento de un renoval de Roble (*Nothofagus obliqua*), lingue (*Persea lingue*) y radial (*Lomatia hirsuta*) en la comuna de Loncoche, Novena Región. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 110 p.

CUBILLOS, V. 1988a. Funciones de volumen y factor de forma para renovales de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal 2 (3): 103-113 p.

CUBILLOS, V. 1988b. Funciones de volumen y factor de forma para renovales de Coigüe. Ciencia e Investigación Forestal 2(4): 62-68 p.

CONAF - CONAMA. 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Santiago, Chile. 88 p.

DE CAMINO, R.; SMITH, B.; BENAVIDES, M. Y RODAS, J. 1974. "Los renovales del bosque nativo como recurso forestal. Antecedentes para la discusión del problema", In: Charlas y Conferencias N° 2, Instituto de Manejo y Economía Forestal, Universidad Austral de Chile, 39 p.

DONOSO, C. 1981. Ecología forestal. El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria. Universidad Austral de Chile. Santiago de Chile. 369 p.

DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Investigación y desarrollo forestal. CONAF-FAO. 70 p.

DONOSO, P. 1988. Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de *Nothofagus* en el área de protección Radal Siete Tazas, VII Región. Tesis, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 102 p.

DONOSO, P.; T. MONFIL; L. OTERO; L. BARRALES. 1993a. Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales manejados de especies nativas en el área andina de las provincias de Cautín y Valdivia. *Ciencia e Investigación Forestal* 7(2): 253-255 p.

DONOSO P.; DONOSO C. Y SANDOVAL V. 1993b. Proposición de zonas de crecimiento de renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en su rango de distribución natural. *Revista bosque* 14(2):37-49 p

ECHEVERRÍA, C. 2000. Determinación de zonas de crecimiento de renovales de Roble-Raulí en las provincias de Cautín y Valdivia y su aplicación en el desarrollo de modelos de crecimiento. Tesis Magister en Ciencias, Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias. Forestales. 106 p.

GROSSE, H. Y CUBILLOS, V. 1991. Antecedentes generales para el manejo de renovales de Raulí, Roble, Coigüe y Tepa. INFOR. Informe Técnico N° 127, 50 p.

INE. 2007. División política administrativa y censal, Región de la Araucanía, Santiago, Chile. 196-218 p.

LARA, A; C. DONOSO; P. DONOSO; P. NÚÑEZ; A. CAVIERES. 1999. Normas de Manejo para raleo de renovales del tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe. *In: Donoso, C.; A. Lara. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Santiago, Universitaria. 129-144 p.*

MONTENEGRO, G. 2002. Chile nuestra flora útil. Guía de plantas de uso apícola, en medicina folklórica, artesanal y ornamental. Colección en agricultura. Facultad de Agronomía e ingeniería forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 267 p.

MUÑOZ, F. 2012. Caracterización y estimación de la productividad en renovales del Tipo Forestal Roble, Raulí y Coigüe en la Comuna de Curacautín, Región de la Araucanía. Anteproyecto de Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. 15 p.

NIMMO, M. 1971. *Nothofagus* plantations in Great Britain. England, Forestry Commission. 27 p.

PAREDES, M. 1982. Proyección de raleos en renovales de Raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl), según diversos criterios de intervención. Tesis de Ingeniero Forestal, Valdivia, Universidad Austral de Chile, 109 p.

PERALTA, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Santiago, Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. 337 p.

PRODAN M., R. PETERS, F. COX, P. REAL. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA y GTZ. San José, Costa Rica, 561 p.

PUENTE, M.; DONOSO, C.; PEÑALOZA, R. Y MORALES, E. 1979. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*). Etapas I: identificación y caracterización de renovales de Raulí y Roble. CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Serie Técnica. Informe de Convenio N° 29. 59 p.

ROCUANT, L. 1974. Raleo en renovales de Roble y Raulí. Situación actual y posibilidades futuras de manejo de los renovales en Chile. Actas del primer seminario. Corporación Nacional Forestal, 19-40 p.

RODRÍGUEZ, R.; MATTHEI, O. Y QUEZADA, M., 1983. Flora arbórea de Chile. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 408 p.

SCHULMAN, E. 1956. Dendroclimatic Changes in semiarid America. University of Arizona Press. Tucson, 142 p.

SOLER, M. 1979. Análisis evolutivo y comportamiento de renovales no intervenidos del Raulí (*Nothofagus alpina* Poepp. et Endl.) según edad. Tesis Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.

STOKE, M. Y SMILEY, T. 1968. An Introduction to Tree-Ring Dating. The University of Arizona Press, Tucson, Arizona. USA, 73 p.

TRINCADO, G. 1994. Construcción de modelos de crecimiento diametral, independientes de la distancia para Roble y Hualo. Tesis Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.

VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Raulí. Boletín Técnico N° 28, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, 17 p.

ZULOAGA, F.; MORRONE O. Y BELGRANO, M. 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. Monographs in Systematic Botany 107, Missouri Botanical Garden Press, St. Louis, Missouri, EEUU. 3384 p.

7. APÉNDICE

Apéndice 1. Resultados del análisis de la prueba de *t* para cada rodal Rodal R-1

Estadísticos de grupo

| | Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------------------------------|------|---|-----------|-----------------|------------------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | 1,170985 | ,5389640 | ,3111710 |
| | 2010 | 3 | 1,083786 | ,5489037 | ,3169097 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 10,944293 | 4,6636699 | 2,6925711 |
| | 2010 | 3 | 10,399918 | 5,2743122 | 3,0451255 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|------------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,005 | ,948 | ,196 | 4 | ,854 | ,0871993 | ,4441387 | -1,1459274 | 1,3203259 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | ,196 | 3,999 | ,854 | ,0871993 | ,4441387 | -1,1460898 | 1,3204883 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,124 | ,742 | ,134 | 4 | ,900 | ,5443751 | 4,0648159 | -10,7413632 | 11,8301134 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | ,134 | 3,941 | ,900 | ,5443751 | 4,0648159 | -10,8083900 | 11,8971402 |

Rodal R-2

Estadísticos de grupo

| Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------------------------------|------|-------|-----------------|------------------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | ,900447 | ,1077886 |
| | 2010 | 3 | 1,408394 | ,7749455 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 8,629784 | 1,0120974 |
| | 2010 | 3 | 13,474556 | 7,4581046 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|------------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 6,090 | ,069 | -1,124 | 4 | ,324 | -,5079463 | ,4517222 | -1,7621283 | ,7462356 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -1,124 | 2,077 | ,374 | -,5079463 | ,4517222 | -2,3838136 | 1,3679209 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 6,359 | ,065 | -1,115 | 4 | ,327 | -4,8447724 | 4,3454062 | -16,9095542 | 7,2200094 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -1,115 | 2,074 | ,377 | -4,8447724 | 4,3454062 | -22,9194835 | 13,2299387 |

Rodal R-3

Estadísticos de grupo

| | Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------------------------------|------|---|----------|-----------------|------------------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | ,869882 | ,1594566 | ,0920623 |
| | 2010 | 3 | ,553910 | ,0370626 | ,0213981 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 8,073581 | 1,4077939 | ,8127902 |
| | 2010 | 3 | 5,147424 | ,3785442 | ,2185526 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|-----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 4,409 | ,104 | 3,343 | 4 | ,029 | ,3159720 | ,0945164 | ,0535524 | ,5783916 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 3,343 | 2,215 | ,069 | ,3159720 | ,0945164 | -,0550528 | ,6869968 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 4,209 | ,110 | 3,477 | 4 | ,025 | 2,9261570 | ,8416609 | ,5893316 | 5,2629823 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 3,477 | 2,288 | ,061 | 2,9261570 | ,8416609 | -,2919581 | 6,1442720 |

Rodal R-4

Estadísticos de grupo

| Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media | |
|-------------------------------------|------|-------|-----------------|------------------------|----------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | 1,312399 | ,2127519 | ,1228323 |
| | 2010 | 3 | 1,270163 | ,1408971 | ,0813470 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 10,751551 | 1,4814459 | ,8553132 |
| | 2010 | 3 | 11,454412 | 1,2795744 | ,7387626 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|-----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 1,006 | ,373 | ,287 | 4 | ,789 | ,0422354 | ,1473266 | -,3668088 | ,4512795 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | ,287 | 3,471 | ,791 | ,0422354 | ,1473266 | -,3925882 | ,4770589 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,021 | ,893 | -,622 | 4 | ,568 | -,7028611 | 1,1301906 | -3,8407734 | 2,4350511 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -,622 | 3,917 | ,568 | -,7028611 | 1,1301906 | -3,8671292 | 2,4614069 |

Rodal R-5

Estadísticos de grupo

| Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media | |
|-------------------------------------|------|-------|-----------------|------------------------|-------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | ,995064 | ,2870598 | ,1657341 |
| | 2010 | 3 | 1,044649 | ,2390274 | ,1380025 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 9,62666932 | 3,027951902 | 1,748188846 |
| | 2010 | 3 | 10,05826233 | 2,323253051 | 1,341330775 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|-------------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,169 | ,702 | -,230 | 4 | ,829 | -,0495850 | ,2156675 | -,6483741 | ,5492040 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -,230 | 3,873 | ,830 | -,0495850 | ,2156675 | -,6561986 | ,5570285 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,286 | ,621 | -,196 | 4 | ,854 | -,431593013 | 2,203481901 | -6,549439552 | 5,686253525 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -,196 | 3,749 | ,855 | -,431593013 | 2,203481901 | -6,714595145 | 5,851409118 |

Rodal R-6

Estadísticos de grupo

| Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media | |
|-------------------------------------|------|-------|-----------------|------------------------|-----------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | ,867761 | ,1090729 | ,0629732 |
| | 2010 | 3 | 1,265649 | ,6715426 | ,3877153 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 8,249556 | 1,1471174 | ,6622885 |
| | 2010 | 3 | 12,029150 | 6,2403783 | 3,6028841 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|------------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 7,771 | ,051 | -1,013 | 4 | ,368 | -,3978876 | ,3927961 | -1,4884645 | ,6926892 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -1,013 | 2,105 | ,413 | -,3978876 | ,3927961 | -2,0093740 | 1,2135987 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 7,182 | ,055 | -1,032 | 4 | ,360 | -3,7795943 | 3,6632499 | -13,9504067 | 6,3912180 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -1,032 | 2,135 | ,405 | -3,7795943 | 3,6632499 | -18,6236545 | 11,0644658 |

Rodal R-7

Estadísticos de grupo

| | Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------------------------------|------|---|----------|-----------------|------------------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | 1,079800 | ,5100453 | ,2944748 |
| | 2010 | 3 | 1,193288 | ,3089690 | ,1783833 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 1,079800 | ,5100453 | ,2944748 |
| | 2010 | 3 | 1,193288 | ,3089690 | ,1783833 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|----------|
| | | F | Sig. | t | Gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 1,370 | ,307 | -,330 | 4 | ,758 | -,1134882 | ,3442906 | -1,0693922 | ,8424158 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -,330 | 3,294 | ,762 | -,1134882 | ,3442906 | -1,1559354 | ,9289590 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | 1,370 | ,307 | -,330 | 4 | ,758 | -,1134882 | ,3442906 | -1,0693922 | ,8424158 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | -,330 | 3,294 | ,762 | -,1134882 | ,3442906 | -1,1559354 | ,9289590 |

Rodal R-8

Estadísticos de grupo

| | Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------------------------------|------|---|----------|-----------------|------------------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | ,706332 | ,0437599 | ,0252648 |
| | 2010 | 3 | ,577413 | ,0442613 | ,0255543 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 6,781580 | ,4201442 | ,2425703 |
| | 2010 | 3 | 5,542911 | ,4236636 | ,2446023 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|-----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,003 | ,959 | 3,588 | 4 | ,023 | ,1289196 | ,0359351 | ,0291477 | ,2286914 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 3,588 | 3,999 | ,023 | ,1289196 | ,0359351 | ,0291426 | ,2286965 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,003 | ,956 | 3,596 | 4 | ,023 | 1,2386694 | ,3444861 | ,2822228 | 2,1951160 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 3,596 | 4,000 | ,023 | 1,2386694 | ,3444861 | ,2821965 | 2,1951423 |

Rodal R-9

Estadísticos de grupo

| | Año | N | Media | Desviación típ. | Error típ. de la media |
|-------------------------------------|------|---|----------|-----------------|------------------------|
| Área basal (m ² /ha/año) | 2001 | 3 | ,552857 | ,1464153 | ,0845329 |
| | 2010 | 3 | ,419107 | ,1349218 | ,0778971 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | 2001 | 3 | 5,293097 | 1,4211902 | ,8205246 |
| | 2010 | 3 | 4,011686 | 1,2763084 | ,7368770 |

Prueba de muestras independientes

| | | Prueba de Levene para la igualdad de varianzas | | Prueba T para la igualdad de medias | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|-----------------------------|---|-----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Error típ. de la diferencia | 95% Intervalo de confianza para la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Área basal (m ² /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,026 | ,879 | 1,164 | 4 | ,309 | ,1337505 | ,1149512 | -,1854052 | ,4529062 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 1,164 | 3,974 | ,310 | ,1337505 | ,1149512 | -,1862444 | ,4537455 |
| Volumen (m ³ /ha/año) | Se han asumido varianzas iguales | ,043 | ,846 | 1,162 | 4 | ,310 | 1,2814106 | 1,1028364 | -1,7805542 | 4,3433755 |
| | No se han asumido varianzas iguales | | | 1,162 | 3,955 | ,311 | 1,2814106 | 1,1028364 | -1,7944582 | 4,3572795 |