



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

EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS SILVÍCOLAS EN *Pinus contorta*
Douglas Ex Loudon var. *latifolia* Engelm ex S. Watson. EN LA R.N
COYHAIQUE, REGIÓN DEL GENERAL IBAÑEZ DEL CAMPO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

NATALIA FRANCISCA MUÑOZ TOLEDO

Profesores Guía: Sr. Carlos Magni Díaz. Ingeniero Forestal.

Dr. en Cs Forestales mención Biología

Santiago, Chile

2013

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

EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS SILVÍCOLAS EN *Pinus contorta*
Douglas Ex Loudon var. *latifolia* Engelm ex S. Watson. EN LA R.N.
COYHAIQUE, REGIÓN DEL GENERAL IBAÑEZ DEL CAMPO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

NATALIA FRANCISCA MUÑOZ TOLEDO

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Carlos Magni Díaz	6,5
Prof. Consejero Sr. Gabriel Mancilla Escobar	6,0
Prof. Consejero Sr. Juan Caldentey Pont	6,0

“A Florentina y Hernán”

AGRADECIMIENTOS

Mis principales agradecimientos son para mi familia querida que con mucho esfuerzo y paciencia me incentivaron a terminar esta etapa, gracias Florentina, Amanda, Verónica, Cristina, a mi sobrinito lindo Sebastián H. y en especial a mi padre querido Hernán Temistocles Muñoz Veliz que desde los cielos debe estar feliz que su gatita termine sus ciclos en la vida.

A mí amado pololo Daniel Pincheira que desde que lo conocí me ha apoyado en todo gracias por todo amor!!, a ti y a tu linda familia.

A mis amigos que recorrieron junto a mí la linda etapa de la universidad en mis primeros años a Francisca M., Rodrigo J. y Alejandro M. A mis amigas que me conocieron en el lado oscuro de mi vida y lograron sacarme a flote María José A., Lisett A. y Daniela D., gracias por todo lo vivido con ustedes. Por ultimo pero no menos importante a mi amiga Susan Márquez gracias por ser tan seca y enseñarme todo lo que no sabía de forma humilde, nunca olvidare nuestras tardes ayudándonos mutuamente con nuestras memorias, gracias por la ayuda y dedicación en los últimos arreglos de este trabajo.

Gracias a todas las mamás de mis amigas por la buena acogida cada vez que había que quedarse estudiando hasta la madrugada.

A mis compañeros de trabajo los cuales me acompañaron en esta última etapa, ellos ya no me creían que terminaría: Loreto V., Enrique B., Jonathan C. y Hugo C.

Gracias a mi profesor guía Carlos Renato Magni Díaz por la tolerancia y espera para culminar este compromiso, además mis gratitudes por conseguirme la realización de esta memoria. Agradecimientos a Rafael Eyzaguirre, Paulo Moreno e Iván Moya, por el apoyo, buena onda, paciencia y oportunidad de conocer nuestra hermosa Patagonia chilena.

Gracias a INFOR sede Patagonia y a MININCO oficina Coyhaique por el apoyo y oportunidad de realizar la practica profesional y posterior memoria.

A todos los funcionarios de la Facultad de Ciencias forestales que tienen una gran calidez y apoyo en todo lo nuevo que se vive en la Facultad, en especial a Herminia, Mariela, Panchita (las personitas más lindas y con mejor memoria de la facultad).

Gracias a los profesores del departamento de silvicultura por todo lo enseñado, en especial a mis consejeros Gabriel Mancilla y Juan Caldentey por la dedicación en la corrección de esta memoria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CUADROS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes de la especie.	2
1.2 Antecedentes de prácticas silvícolas en plantaciones	4
2. MATERIALES	7
2.1 Área de estudio	7
2.1.1 Clima	7
2.1.2 Edafología	8
2.1.3 Fisiografía y geología	8
2.1.4 Vegetación	8
2.2 Ensayo silvícola y mediciones	8
3. MÉTODO	13
3.1 Variables dasométricas	13
3.2 Análisis de Comparación de medias Pre-raleo	13
3.3 Análisis estadístico de datos	13
3.3.1 Análisis Descriptivo	13
3.3.2 Análisis Inferencial	14

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	16
4.1 Análisis de Comparación de medias Pre-raleo -----	16
4.2 Análisis descriptivo -----	17
4.3 Análisis de los tratamientos-----	20
4.3.1 Entre tratamientos-----	20
4.3.2 Calidad de sitio -----	21
4.3.3 Efecto poda-----	22
4.3.4 Intensidad de raleo Tratamiento T3 y Tratamiento T4 -----	23
5. CONCLUSIONES-----	25
6. BIBLIOGRAFÍA -----	27
8. APENDICE-----	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Variables de rodal, distintos lugares de ensayos de pino contorta en Chile	4
Cuadro N° 2: Descripción de las parcelas del ensayo de Pino contorta var. latifolia	9
Cuadro N° 3: Parámetros Promedio de las parcelas del ensayo, pre y post aplicación de raleo del año 1998	11
Cuadro N° 4: Detalle del análisis de la evaluación silvícola	15
Cuadro N° 5: Parámetros Pre raleo del Ensayo Silvícola (1998) según tratamiento.	16
Cuadro N°6: Resumen Dap en cm de los tratamientos silvícolas.	17
Cuadro N° 7: Resumen altura en metros de los tratamientos silvícolas.	18
Cuadro N° 8: incrementos Dap y altura.	18
Cuadro N° 9: Resumen Área Basal y Volumen de los tratamientos silvícolas	19
Cuadro N° 10: Resumen de ANDEVAS del análisis entre tratamientos	20
Cuadro N° 11: Comparación de medias de Dap del efecto poda.	22
Cuadro N ° 12: Comparación de medias de Dap efecto intensidad de raleo T3y T4.	23
Cuadro N° 13: Coordenadas centro de parcelas del ensayo de Pino contorta var. latifolia.	32

Cuadro N° 14: Vegetación presente en las parcelas del ensayo de Pino contorta var. latifolia.	33
Cuadro N° 15: Resumen validación ecuación	34
Cuadro N° 16: ANDEVA validación ecuación	34
Cuadro N° 17: Valores t student de tabla para comparación del Dap en cm de los tratamientos	35
Cuadro N° 18: Valores t student de tabla para comparación de Altura de los tratamientos	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Mapa de distribución de pino contorta	2
Figura N° 2: Imagen satelital cercanía R.N. Coyhaique.	7
Figura N° 3: Mapa detalle ubicación parcelas del ensayo.	10
Figura N° 4: Foto de los distintos tratamientos del ensayo de Pino contorta en la R.N Coyhaique.	11
Figura N° 5: Mapa ensayo Pino contorta.	31

RESUMEN

La degradación de los suelos en Chile fue causada principalmente por la acción conjunta del clima y la colonización humana, para combatir dichos efectos se implementó en la zona centro y sur del país un programa de forestación con especies exóticas. Entre las especies más importantes plantadas en la Región de Aysén se destacó pino ponderosa, pino silvestre, pino oregón y pino contorta.

En un ensayo de *Pinus contorta* ubicado en la Reserva Nacional de Coyhaique, se estudió el efecto de aplicar 4 tratamientos silvícolas en el crecimiento en diámetro y altura. Éstos fueron: T1 (Poda + Raleo + Fertilización), T2 (Raleo + Fertilización), T3 (Raleo en densidad de 2.400 arb/ha) y T4 (Raleo en densidad de 2.000 arb/ha). La información recolectada se evaluó a través de un análisis descriptivo e inferencial.

El mejor resultado fue T2 cuyo tratamiento consistió en 72% de raleo y fertilización (Super Nitro 600 kg/ha), demostrando que una intervención más moderada y sin poda responde con mejores crecimientos.

Internamente los sitios de 2.000 a 2.400 arb/ha responden en forma homogénea a intervenciones de distintas gradualidades de raleo; comparativamente, el efecto de la poda sólo presenta mejoras con respecto al testigo; sobre la intensidad de raleo se comprobó que a mayor porcentaje de raleo se obtienen mejores resultados, debido a los árboles remanentes logran mejores atributos que los presentes en las parcelas testigo.

Todos los tratamientos logran superar los parámetros alcanzados por el testigo, indicando que el manejo silvícola de esta especie ayuda a mejorar los atributos de interés, siendo el raleo con fertilización, la intervención que resulta con respuestas más favorables.

Palabras claves: *Pinus contorta*, intervenciones silvícolas, poda, raleo, fertilización, Chile.

ABSTRACT

In Chile, soil degradation was mostly caused by the joint action between climate and human settlement. To combat these effects, a forestation program was implemented with exotic species in central and southern regions. Among the most important species which were planted in Region de Aysen, stood out; ponderosa pine, Scotch pine, Douglas fir and lodgepole pine.

In a lodgepole pine's test, which is located in Coyhaique National Reserve, was studied the effect of applying four treatments on growth in diameter and height. These were: T1 (pruning + thinning + fertilization), T2 (thinning + fertilization), T3 (thinning density of 2,400 stems/ha) and T4 (thinning density of 2,000 stems/ha). The collected information was assessed through a descriptive and inferential analysis.

The best result was T2 whose treatment consisted of 72% of thinning and fertilization (Super Nitro 600 kg / ha), proving that a more measured intervention and without pruning, responds with better growth.

Internally sites from 2,000 to 2,400 stems/ha, respond uniformly to different levels of thinning interventions; comparatively, pruning effect just shows improvements regarding to the control; on thinning intensity It tested out the more percentage of thinning better results are obtained, due to residual trees reach better attributes than those which are present in the control plots.

All treatments overcome every parameters achieved by the control, indicating that the forestry management of this kind of specie helps to improve the attributes of interest, being thinning with fertilization, the intervention which produces more favorable results.

Key words: *Pinus contorta*, lodgepole pine, silvicultural intervention, pruning, thinning, fertilization, Chile.

1. INTRODUCCIÓN

Chile tiene un alto nivel de degradación de suelos en sus diferentes zonas geográficas, las cuales fueron causas naturales tales como, la erosión hídrica y eólica, lo cual se ve agravado por factores antrópicos como; la subdivisión predial, la expansión de la frontera agrícola y urbana, y la habilitación de suelos de aptitud forestal para uso ganadero (mediante tala y quema) (Pérez y González, 2001).

La Región de Aysén es un claro ejemplo de la degradación antes mencionada; a principios del siglo pasado, la colonización y posterior habilitación de terrenos para la agricultura y ganadería mediante quemas, afectaron la calidad de sus suelos, dejándolos frágiles y sin protección. Esto sumado a las condiciones climáticas y la abrupta topografía de la Región conformada principalmente por cordones andinos y archipiélagos, provocaron la pérdida de cerca de tres millones de hectáreas de bosque nativo (Gandara, 1978), esta cifra se verifico por Quintanilla (2005) y comprende a la perdida 60% del bosque nativo de la región.

Según la cuenta pública 2011, las principales actividades económicas y productivas de la Región están en los sectores de acuicultura, pesca, minería, turismo, forestal y agropecuaria. La actividad forestal en la Región adquiere gran importancia en el ámbito de la protección del bosque nativo, al contar con el 37% del total de las áreas del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (SNASPE) del país. En cuanto a la superficie regional, el 45% de esta cuenta con aptitud preferentemente forestal, potencial que no es totalmente utilizado debido a los elevados gastos de transporte que aumentan el costo de la producción de madera (Gobierno de Chile, 2011; GOREAYSEN, 2011).

En el año 1957 se realizó un programa de forestación con especies exóticas, con el fin de proteger y recuperar el recurso suelo. Los ensayos se iniciaron con cincuenta y una especies coníferas del Hemisferio Norte, luego de siete años de estudio, se redujo a diez especies, dentro de las cuales las más relevantes fueron: pino ponderosa, pino silvestre, pino oregón y pino contorta. Esta forestación se realizó a lo largo de la Región ocupando terrenos despoblados, estatales e incluso Reservas Nacionales (Gandara, 1978; Peña y Pauchard, 2001).

La Reserva Nacional de Coyhaique, creada en 1948, cuenta con una superficie de 2.150 hectáreas, en esta Reserva se aplicó el programa antes mencionado, justificado por existencia de extensas áreas sometidas a uso intensivo e inadecuado, además de sufrir tres incendios dejándola con sólo 600 hectáreas de superficie de bosque nativo. En la actualidad parte de la superficie de la Reserva es ocupada por ensayos con fines de investigación, de organismos del Estado como CONAF e INFOR (Gandara, 1978; CONAF, 2009).

El Pino contorta es una de las especies utilizadas en la reforestación austral, desde el inicio de este programa de introducción, junto con el pino ponderosa y el pino oregón. En la actualidad pino ponderosa es la especie exótica mayormente plantada y posee las mejores propiedades maderables de la Región de Aysén. Pino contorta, la especie en estudio, es la segunda en importancia, siendo imprescindible motivar la innovación para lograr un mayor aprovechamiento de ella. Por esta razón, el Instituto Forestal (INFOR), sede Patagonia, ha

llevado a cabo diferentes ensayos los cuales buscan el aprovechamiento de esta especie, principalmente en su estado joven (INFOR, 2007).

1.1 Antecedentes de la especie.

El *Pinus contorta* es una especie muy plástica (de alta adaptabilidad), ampliamente distribuida en el oeste de Norteamérica, ubicándose desde el Valle de Yukón en Alaska (64° Latitud Norte y 145° Longitud Oeste), hasta las montañas de Baja California (31° Latitud Norte y 114° Longitud Oeste) y desde la costa del pacifico hasta Dakota del sur (Latitud 44°, Longitud 104°). Presenta cuatro variedades agrupadas en tres subespecies: Subespecie *contorta* (var. *contorta* y var. *bolanderi*) ubicada en la costa del pacifico norte; subespecie *murrayana* (var. *murrayana*) de los Montes, Cascada y Sierra Nevada y subespecie *latifolia* (var. *latifolia*), en las Montañas Rocosas (Harlow *et al.*, 1979; USDA 1965).

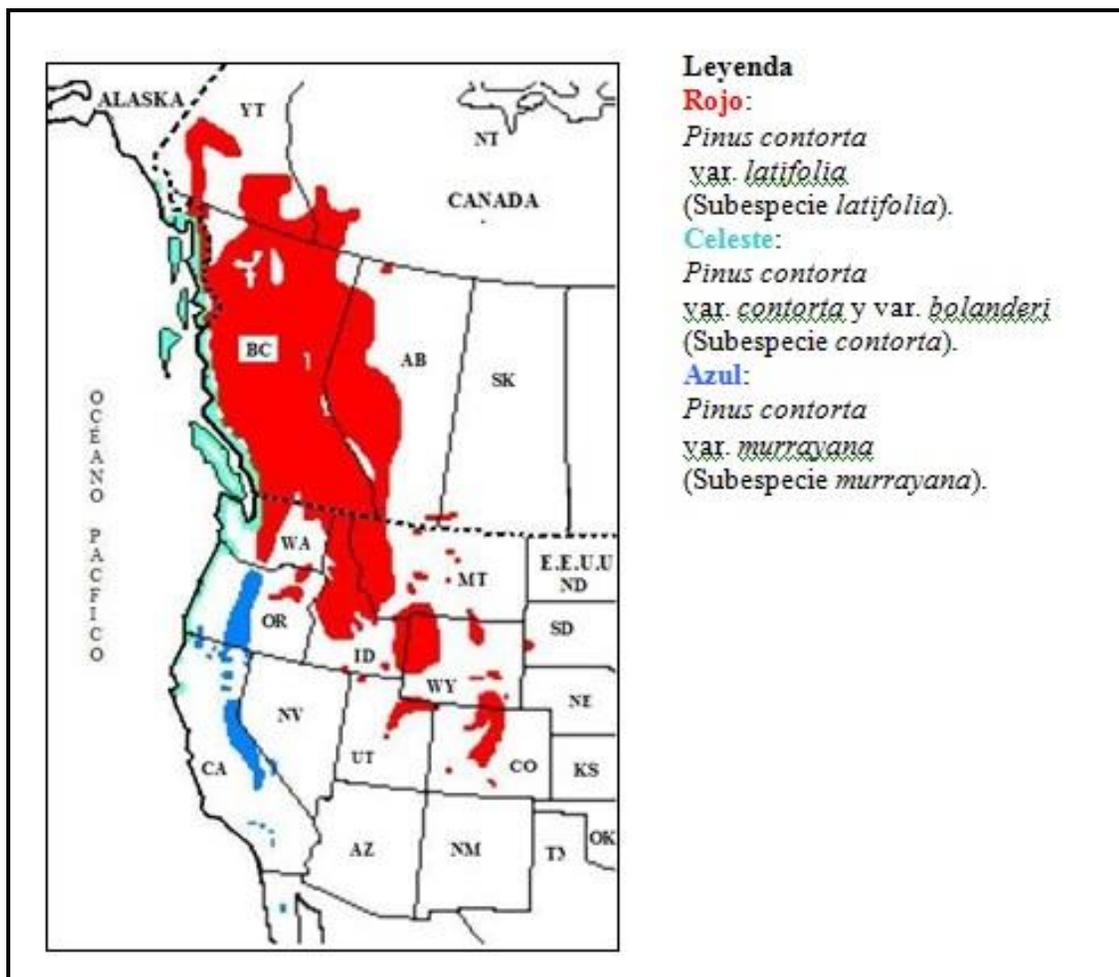


Figura N° 1: Mapa de distribución de *Pinus contorta*, Fuente: Harlow *et al.*, 1979; U.S. Department of Agriculture, 1965.

El Pino contorta se asocia a sectores con precipitaciones preferentemente invernales, cuyos montos van desde los 400 hasta los 2.000 mm anuales. La variedad costera está confinada a malos sitios, tales como dunas demasiado pobres para otras especies; además actúa como especie pionera después de los incendios en suelos de mejor calidad. Las variedades del interior reciben precipitación tipo nieve, pudiendo llegar a acumularse más de 3 m en el invierno, soportando temperaturas de hasta -34 °C. Se presenta en una gran variedad de suelos, comúnmente ubicándose en suelos poco profundos, pedregosos y de baja fertilidad (Harlow *et al.*, 1979; USDA 1965).

Su rango altitudinal es variable; en Alaska se ubica entre el nivel del mar y los 600 m.s.n.m, pero en California llega a los 3.500 m de altitud sobre el nivel del mar (Serra, 1987). La variedad costera es un árbol pequeño que normalmente no pasa los 10 m de altura, mientras las variedades del interior pueden llegar a tener 25 m de altura. La madera es de regular calidad, siendo mejor la variedad del interior (Elissetche *et al.*, 2005).

Es una importante especie maderera de montaña en algunas partes de su región de origen; además se ha empleado con éxito en control de dunas y mejoramiento de suelos, gracias a su alta agresividad e intolerancia (Obando, 2002).

Respecto al crecimiento, el Pino contorta var. *latifolia* abarca una amplia extensión latitudinal, lo que implica una gran variabilidad de crecimiento (Harlow *et al.*, 1979; USDA 1965). En Columbia Británica, están los bosques naturales con mejores parámetros registrando a los 49 años un volumen de 110 m³/ha, y 620 m³/ha a los 140 años. En la localidad de las Montañas Azules de Oregón Meridional, a los 100 años de edad, se encontró crecimientos promedios de 30 cm de diámetro a la altura del pecho (Dap) y alturas que fluctuaban entre 21 y 24 m a la misma edad, pero en Sierra Nevada a la misma edad se registraron diámetros entre 38 a 46 cm y alturas de 27 y 30 m (Harlow *et al.*, 1979; USDA 1965).

Los diámetros más grandes registrados han medido 90 cm de Dap y una altura de 32 m (Harlow *et al.*, 1979). La productividad del bosque varía fuertemente por la edad, densidad, índice de sitio y la variedad de Pino contorta. La variedad de montaña es la que presenta mejores parámetros de crecimiento (Videla, 2001; Obando, 2002).

En forma de plantaciones se presenta en Europa (Inglaterra, Noruega, Suecia, Dinamarca e Islandia), Oceanía (Nueva Zelanda) y en América del Sur: Argentina (desde Nahuelhuapi al sur) y Chile (zona central y sur del país) (Vera, 1990; FAO, 2000).

En la XI Región de Aysén el total de plantaciones exóticas, según un informe técnico realizado por INFOR en el 2009, alcanzarían a 42.827 ha, de éstas más del 16% corresponderían a Pino contorta en sus dos variedades *latifolia* (Lodgepole pine) y var. *murrayana*. Las plantaciones se ubican en terrenos de altitud, con veranos secos y calurosos, inviernos fríos en condiciones típicas de transcordillera y expuestos al viento. A pesar de estas condiciones extremas, el pino contorta ha demostrado tener buenas aptitudes de desarrollo (Videla, 2001). Las plantaciones de esta especie se ubican principalmente en la Provincia de Coyhaique alcanzando el 60% del total regional. Las dos variedades de pino contorta se encuentran formando pequeñas plantaciones conformando el 19,3% del total

provincial (793,5 ha), siendo la principal especie pino ponderosa con el 55% del total provincial (2261,3 ha) (INFOR, 2009).

En Chile esta especie está presente en varios ensayos ubicados en la zona Central y Sur del país. En el Cuadro N°1 se presentan los parámetros dasométricos de los ensayos presentes a lo largo de Chile.

Cuadro N° 1: Variables de rodal, distintos lugares de ensayos de Pino contorta en Chile.

Región	Lugar ensayo	Edad (años)	Dap (cm)	Altura media (m)
VI	Paredones, Cordillera de la costa	16	11,6	8,5
XIV	Trafun, Complejo Panguipulli	10	10,7	8,1
X	Frutillar	6	-	1,3
XI	Mano Negra, Norte de Coyhaique	17	15,9	6,5
XI	Reserva Nacional Coyhaique	17	18,8	10,9
XI	Río Claro, Sur de Coyhaique	17	21,5	15,1

Fuente: Vera, 1990.

En el cuadro N°1 se observa que comparando los parámetros de la Sexta Región versus los de la Undécima tanto la altura y el Dap son de mayor magnitud en los ensayos del extremo sur del país. En La Región de Aysén, la localidad de la R.N Coyhaique muestra crecimientos medios en comparación con otras dos localidades, estos valores se explican por las características propias del sector, como fertilidad moderada, baja capacidad de agua aprovechable, efecto del viento y la nieve, factores que limitan el crecimiento de los árboles presentes en la reserva. La localidad de Río Claro presenta las mejores condiciones y el sector de Mano Negra, las más desfavorables (Vera, 1990).

La gran adaptabilidad presentada por esta especie en el sur de Chile, se ve reflejada en las altas tasas de supervivencia y desarrollo, encontrándose incrementos volumétricos en zonas de altitud y en el límite de la zona esteparia de 15 m³/ha/año (Videla, 2001; Obando, 2002).

1.2 Antecedentes de prácticas silvícolas en plantaciones

Las prácticas silvícolas se explican cómo tratamientos que deben ser usados en un bosque o terreno forestal para mantener y aumentar su productividad, de tal modo que proporcionen el máximo beneficio en un periodo de tiempo dado (Vita, 1996). Por otra parte, las intervenciones silviculturales en la Undécima Región se justifican debido al gran número de hectáreas de plantaciones presente, 42.827 ha, las cuales no tienen prescripciones claras y por la existencia de factores desfavorables para el establecimiento de nuevas plantaciones, tales como las cenizas volcánicas o el viento (Obando, 2002; INFOR, 2008).

Un estudio que investigó la respuesta a diferentes intensidades en esta especie en el sector de Río Claro (Provincia de Coyhaique), muestra que las mejores intervenciones tienen una intensidad moderada con raleo del 25% del total inicial y poda del 50% de la copa, puesto que los cambios progresivos en las plantaciones logran mejores productividades, debido a la menor exposición a nieve y viento, que están presentes en esta Región (Obando, 2002).

La fertilización se puede dividir en dos tipos, la fertilización natural (urea, abono) y la fertilización sintética (sustancias químicas elaboradas) (López y Palma, 1981). Según Llanos (2004), la respuesta a la fertilización de los árboles, se manifiesta en el incremento de la altura y el Dap. Además en el incremento en la capacidad fotosintética, aumento de la biomasa foliar, recambio de las raíces finas y disminución de la mortalidad (Donoso, 2007). La fertilización puede aumentar la calidad del sitio, mediante la recuperación de suelos deteriorados equilibrando la escasez de algún nutriente importante para el crecimiento (N, P, K). La adición de elementos nutritivos, fortalece la resistencia de los árboles a los ataques de agentes patógenos (López y Palma, 1981). Los fertilizantes deben ser aplicados en una etapa temprana de los árboles, debido a que en esta etapa se logra una absorción mayor de los nutrientes (Herrero *et al.*, 2011). Según Oportu (1986) citado por Maldonado (1990) la fertilización produce incremento en el volumen de las especies forestales, además promueve una serie de cambios colaterales negativos de gran importancia, como estimular el crecimiento de malezas, aumentar el número de nudos al promover el desarrollo de la copa y disminuye la densidad de la madera. La fertilización nitrogenada en un estudio en una plantaciones de 9 años de pino radiata en Navidad (Región de O'Higgins) mostró que después del tercer año se encontraron incrementos en altura atribuibles al nitrógeno (Maldonado, 1990). Los efectos de la fertilización son inmediatos y se prolongan por 3 a 5 años (Donoso, 2007).

Por otra parte, la poda ayuda a disminuir el cilindro nudoso de los árboles, y el raleo incrementa la altura y el diámetro, además produce un aumento del volumen de madera individual de los árboles remanentes (Vidal, 2000; Donoso, 2007). Según Astorga (1960) citado por Vidal (2000) la poda y el raleo son tratamientos silvícolas que deberían realizarse simultáneamente, ya que si se poda sin raleo, el crecimiento diametral anual no aumenta progresivamente, de modo que la madera libre de nudos que se forma después de la poda es pequeña en relación con la que se forma en rodales raleados. La poda ayuda a mejorar la calidad de la madera, pero a nivel de rodal no incrementa el volumen. El efecto de la poda varía según la edad a la que se emplea y la altura de la poda (Pérez, 2001).

En particular en un estudio realizado para pino ponderosa en Aysén, se revisaron ensayos de fertilización, raleo y poda; la conclusión del estudio afirma que la fertilización no es relevante al no encontrarse diferencias significativas entre las parcelas con y sin fertilizante. Se demuestra que el raleo junto con poda fuerte es lo que manifestó mejores resultados. Estos resultados pueden ser homologados a nuestra revisión de pino contorta, por la similitud que presentan estas dos especies en cuanto al crecimiento, en su lugar de origen y en la XI Región de Chile (Moreno y Obando, 2006).

En la Reserva Nacional de Coyhaique, INFOR sede Patagonia desarrolló un ensayo en 1998 de *Pino contorta* var. *latifolia*, en el cual se realizaron tres tipos de intervenciones silvícolas: poda, raleo y fertilización, transcurridos 10 años se completó la tercera medición. En el contexto antes descrito, esta memoria evalúa tres tratamientos silvícolas del ensayo mencionado de *Pinus contorta* Douglas ex Loud. var. *latifolia* Engelm ex S. Watson, en la R.N Coyhaique, Región del General Ibáñez del Campo. Los tratamientos aplicados son la combinación de fertilización, poda y raleos, se pretende evaluar la respuesta en altura y diámetro de los individuos a los distintos tratamientos.

De esta forma, se definió como objetivo general evaluar el efecto de los tratamientos de raleo, fertilización y poda en el crecimiento de *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud. var. *latifolia* Engelm ex S. Watson., en la Reserva Nacional Coyhaique. Los objetivos específicos fueron:

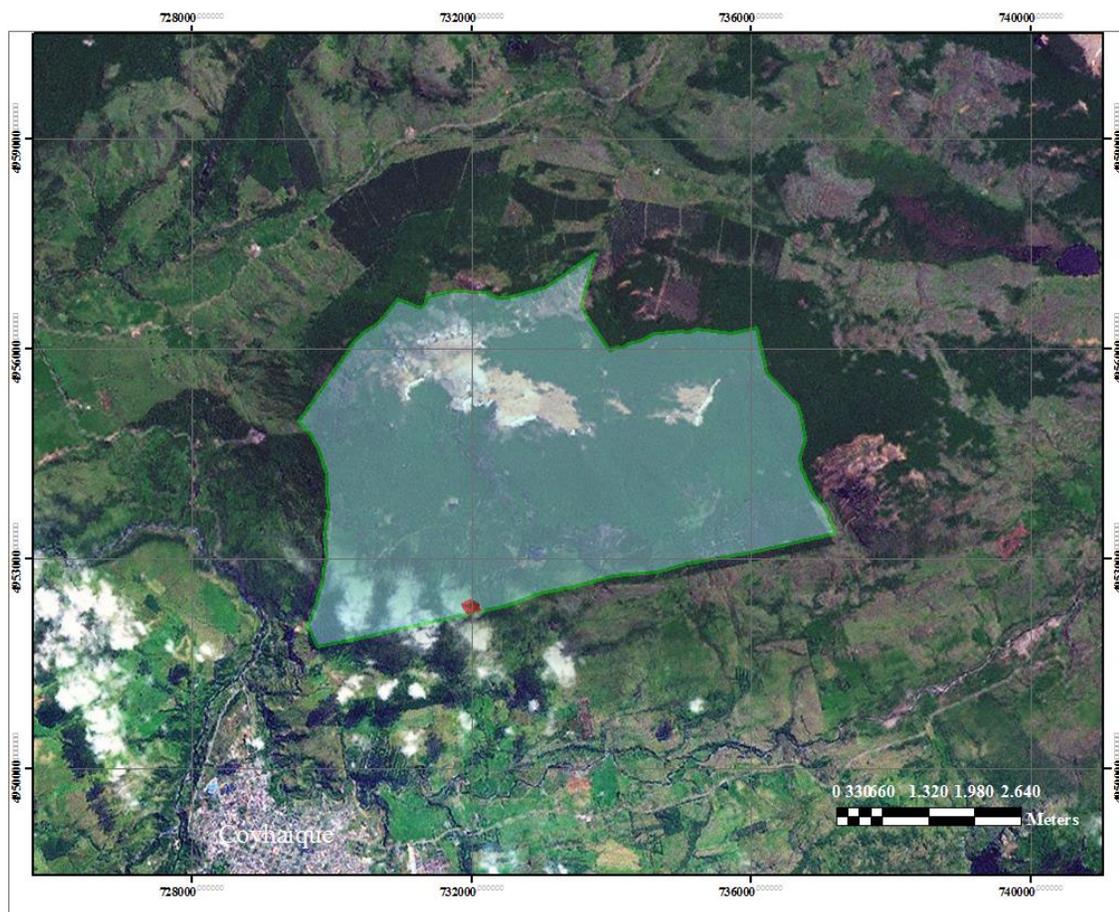
- Evaluar el incremento del diámetro y la altura como efecto de los diferentes tratamientos, comparando entre y dentro de cada tratamiento.
- Comparar la serie histórica de datos del ensayo (1998 – 2000 – 2008) de las variables altura, diámetro, área basal y volumen.

En cuanto al método empleado consideró seis o cuatro repeticiones en cada tratamiento, de las cuales se evaluaron los parámetros (Dap, Altura; Área Basal y Volumen) para luego analizarlos con un análisis de varianza y posterior comparación de medias.

2. MATERIALES

2.1 Área de estudio

El ensayo fue establecido por INFOR en 1998, en la Reserva Nacional Coyhaique, a 5 Km al Nor-Este de la ciudad de Coyhaique, Comuna y Provincia de Coyhaique. El ensayo abarca una superficie aproximada de 2,8 ha. Las coordenadas de los centros de parcelas se entregan en el Anexo N° 2 (Informe no oficial INFOR, sede Coyhaique 2008).



Simbología

 Ubicación Ensayo *Pinus Contorta*

 Ubicación R.N. Coyhaique

Figura N° 2: Imagen satelital cercanía R.N. Coyhaique (1:60.000).

2.1.1 Clima

El clima dominante en el sector de Coyhaique está clasificado según la Dirección Meteorológica de Chile, como clima continental trasandino con degeneración estepárica; el régimen de precipitaciones es de 1.200 mm/año promedio, ya que los sistemas frontales se encuentran en las laderas occidentales y zonas altas de la cordillera patagónica. El periodo más lluvioso se ubica entre mayo y agosto, donde llueve la mitad del total anual, debido a que las bajas temperaturas se transforman en régimen nivoso (DGAC, 2008).

2.1.2 Edafología

El material formador de la mayoría de los suelos de la XI Región es ceniza volcánica. Según la clasificación de los suelos del lugar del estudio, estos corresponden a las clases VI y VII, con ciertas restricciones para el pastoreo, actividad agrícola y favorable para la actividad forestal (IREN, 1979).

2.1.3 Fisiografía y geología

El área de estudio está conformada por roca de origen volcánico, andesítico – basáltico, se encuentran intercaladas rocas sedimentarias continentales, en partes del tipo lacustre. La reserva se ubica en el sector subandino oriental. Estas áreas han sido influenciadas por una intensa actividad glacial y fluvial que formó el relieve presente; la fisiográfica está formada por una serie de cordones montañosos de direcciones Este-Oeste adosados al occidente con la cordillera andina (IREN, 1979 y GOREAYSEN *et al*, 2005).

2.1.4 Vegetación

En la Reserva Nacional Coyhaique las especies exóticas abarcan 250 ha, las con mayor representatividad son: *Pinus silvestris L*, *Picea abies*, *Pinus ponderosa* y *Pinus contorta*. La vegetación nativa dominante es el tipo Forestal Lengua en los sectores de mayor altitud de la reserva, en los sectores más bajos existen formaciones de Coigüe de Magallanes; ambas formaciones ocupan 600 ha aproximadamente (Gándara, 1978 y Vera, 1990).

2.2 Ensayo silvícola y mediciones

El ensayo se compone por veinte parcelas agrupadas en cuatro tratamientos. En el cuadro N° 2 se muestra el detalle de cada una de las intervenciones aplicada a las parcelas agrupadas en cada tratamiento.

Cuadro N° 2: Descripción de las parcelas del ensayo de Pino contorta var. *latifolia*.

N°	Área Parcela (m ²)	ARBOLES INICIALES			INTERVENCIÓN Fertilización: Poda Raleo			ARBOLES FINALES		
		arb/pa	Nha	Dap (desv)	(*)	(**)	(**)	arb/pa	Nha	Dap (desv)
1	500	125	2.500	9,5 (1,1)	Si	40	76	30	600	10,3 (2,0)
2 (t)	500	135	2.700	10,4 (1,3)	-	-	-	134	2.680	9,4 (2,6)
3	500	123	2.460	10,2 (1,1)	Si	-	76	30	600	10,9 (1,7)
T1 4	500	111	2.220	10,5 (1,2)	-	60	-	108	2.160	9,6 (2,6)
5	500	77	1.540	8,7 (0,1)	Si	60	61	30	600	10,3 (2,0)
6	500	112	2.240	10,3 (1,4)	Si	40	73	30	600	9,9 (1,4)
Promedio				9,9			71,5			10,1
1	500	134	2.680	10,8 (1,3)	Si	-	78	30	600	11,5 (1,7)
2 (t)	500	161	3.220	10,3 (1,1)	-	-	-	154	3.080	9,5 (2,6)
3	500	106	2.120	11,3 (1,3)	Si	-	72	30	600	11,5 (1,9)
T2 4	500	109	2.180	11,6 (1,5)	Si	-	72	30	600	12,4 (2,1)
5 (t)	500	116	2.320	10,7 (1,1)	-	-	-	106	2.120	9,9 (3,1)
6	500	92	1.840	11,9 (1,5)	Si	-	67	30	600	11,8 (1,8)
Promedio				11,1			72,3			11,1
1	1.600	383	2.394	10,9 (1,3)	-	-	83	64	400	12,0 (1,6)
2	900	212	2.356	10,2 (1,2)	-	-	75	54	600	11,1 (1,8)
T3 3	600	142	2.367	9,6 -1,2	-	-	66	48	800	9,8 (2,1)
4 (t)	600	144	2.400	11,4 (1,7)	-	-	-	144	2.400	10,5 (2,5)
Promedio				10,5			74,6			10,9
1	1.600	315	1.969	10,8 (1,3)	-	-	80	64	400	11,1 (1,5)
2	900	202	2.244	10,9 (1,2)	-	-	73	54	600	11,3 (1,7)
T4 3 (t)	600	116	1.933	11,4 (1,5)	-	-	-	116	1.933	10,4 (2,2)
4	600	119	1.983	10,3 (1,3)	-	-	60	48	800	10,3 (1,7)
Promedio				10,9			71			10,8

(*) Aplicación de fertilizante Super Nitro en dosis homogéneas de 600 kg/ha

(**) Poda y raleo expresados en porcentaje de árboles removidos.

Fuente: Modificado de un Informe oficial INFOR, sede Patagonia, 2008.

Dónde:

Arb/pa: árboles por parcela;

Nha: número de individuos por hectárea;

Dap: diámetro a la altura del pecho;

Desv: desviación estándar.

T1: Aplicación de fertilizante, raleo y poda;

T2: Aplicación de raleo y fertilización;

T3: Aplicación de raleo en un sector con 2.400 árboles por hectárea y

T4: Aplicación de raleo en un sector con 2.000 árboles por hectárea.

En la Figura N° 3 se muestran los centros de las parcelas del ensayo, ubicados en la Reserva Nacional Coyhaique.

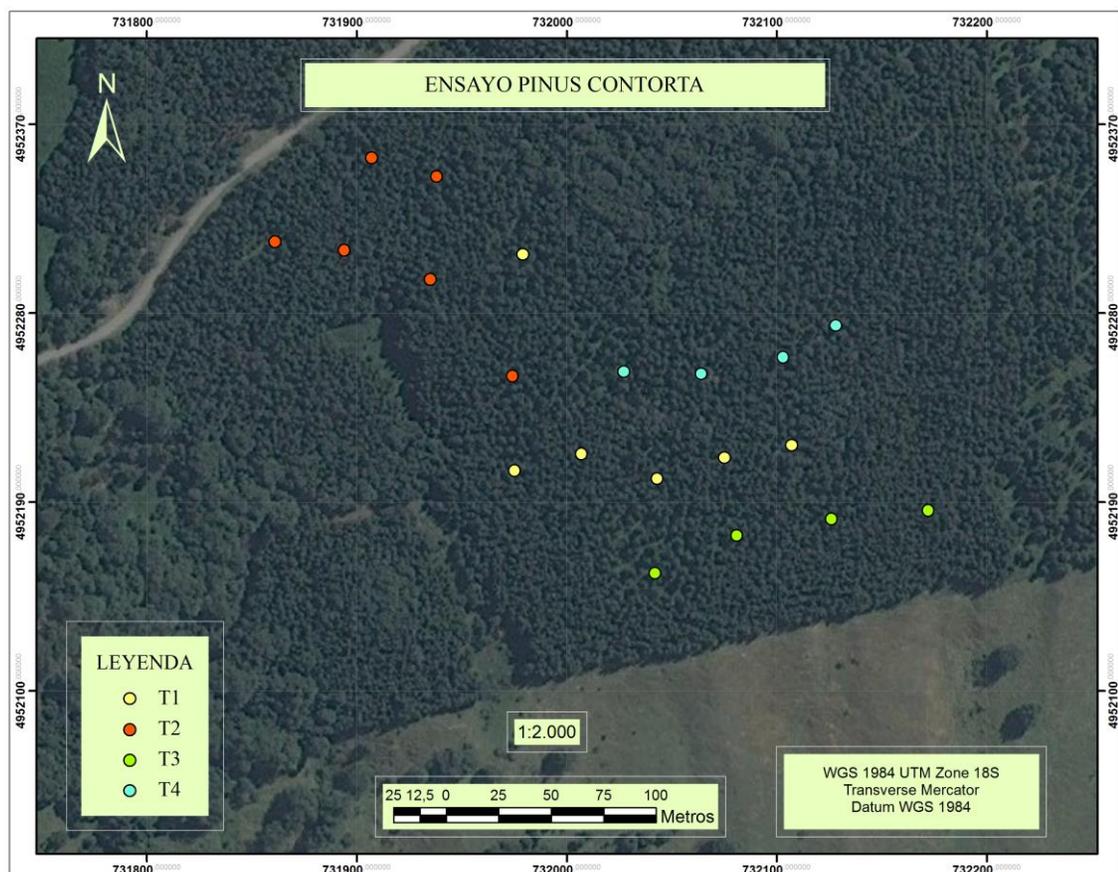


Figura N° 3: Mapa detalle ubicación parcelas del ensayo.

Se estableció una parcela testigo en T3, T4, y T1; y dos parcelas testigos en T2.

El raleo se aplicó dejando 600 árboles por hectárea en los tratamientos T1 y T2, mientras que en T3 y T4 se raleó hasta dejar 400, 600 y 800 árboles por hectárea. La poda se aplicó en T1 con intervención del 40 o 60% de la copa de los árboles remanentes, y la fertilización se realizó, previo estudio de suelo, el cuál arrojó como resultado la necesidad de aplicación de 600 kg del fertilizante Super Nitro por hectárea, equivalente a 150 kg de nitrógeno, los cuáles se distribuyeron homogéneamente entre las hileras de los árboles. Las parcelas testigo no poseen intervención alguna, sólo se ocuparon para comparaciones sobre el efecto de los tratamientos aplicados.

En el Cuadro N° 3 podemos observar las situaciones antes y después del raleo realizado en las parcelas del ensayo en el año 1998.

Cuadro N° 3: Parámetros promedio de las parcelas del ensayo, pre y post aplicación de raleo en el año 1998.

	PRE RALEO				POST RALEO			
	Nha promedio	Dap (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)	Nha	Diámetro (cm)	Altura (m)	Volumen (m ³)
T1	2.277	9,9	5,01	49,90	1.207	10,4	5,09	28,40
T2	2.393	11,1	5,56	66,90	1.267	11,8	5,71	38,90
T3	2.379	10,5	5,31	59,70	1.050	11,1	5,40	28,40
T4	2.032	10,9	4,88	48,30	933	10,9	5,40	24,90

Fuente: Modificado de un Informe no oficial INFOR sede Patagonia, 2008.

En el cuadro anterior se ve la disminución del volumen después del raleo, contrario al aumento de las variables Dap y Altura que aumentan su promedio.

Para la medición de las variables de interés, las parcelas fueron debidamente numeradas en terreno con números correlativos (Figura N° 4) y se contó con el mapa de distribución del ensayo (Anexo N° 1). El ensayo se midió tres veces, de las cuáles dos se realizaron por el equipo profesional de INFOR en los años 1998 y 2000, y la tercera medición fue realizada en el verano del 2008, por el equipo de trabajo de practicantes Mininco-U.de Chile-INFOR.

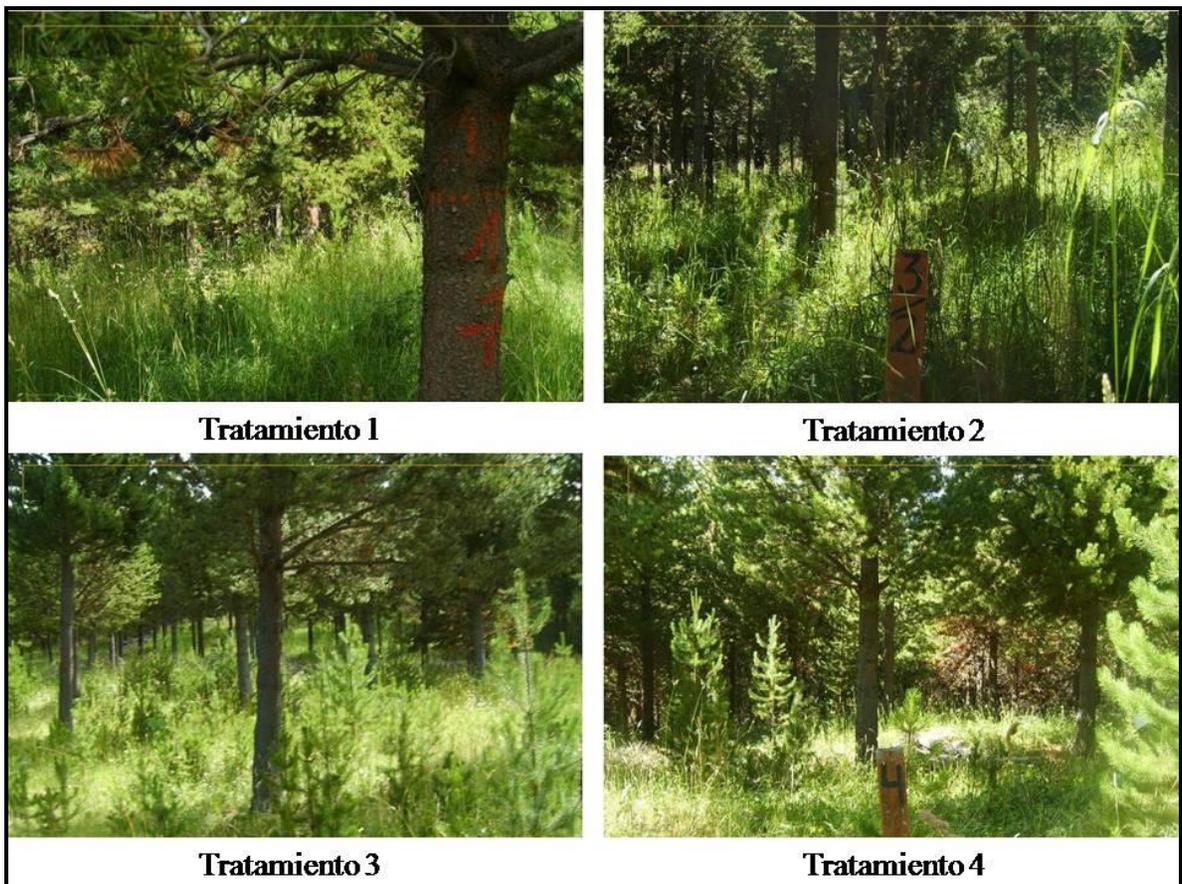


Figura N° 4: Foto de los distintos tratamientos del ensayo de Pino contorta en la R.N Coyhaique.

En la figura anterior se puede apreciar la forma en la que se marcaban las parcelas y árboles que estaban dentro de ella. La figura muestra un ejemplo de cada uno de los tratamientos.

Las materiales que se utilizaron fueron: croquis del ensayo, huincha diamétrica, hipsómetro, vara graduada en el caso de los árboles bajo los 15 metros de altura, formularios y GPS

3. MÉTODO

3.1 Variables dasométricas

Las variables dasométricas medidas fueron las siguientes:

Altura total (H): Se evaluaron los árboles marcados por INFOR en 1998 después de la aplicación de los tratamientos en cada una de las parcelas, en nuestra visita se midieron los individuos de cada parcela, quince árboles para las parcelas testigos y diez para las parcelas con alguna de las intervenciones.

Diámetro a la altura del pecho (Dap): Esta variable corresponde a la medición del diámetro a 1,3m sobre el nivel del suelo. Este parámetro se midió en todos los individuos de las distintas parcelas.

3.2 Análisis de Comparación de medias Pre-raleo

Se realizó una comparación de medias con la función t-student, con el supuesto de varianzas conocidas, para comprobar si las parcelas al momento de la intervención eran homogéneas. Este análisis indicaría si se podrán efectuar las comparaciones de las variables enumeradas en los objetivos, pues existe una gran diversidad de densidades iniciales.

3.3 Análisis estadístico de datos

El análisis se efectuó para cuantificar las posibles diferencias entre los tratamientos, según el siguiente procedimiento:

3.3.1 Análisis Descriptivo

Correspondió a un análisis exploratorio de los datos y permitió entregar una primera aproximación de las respuestas a las intervenciones. Las variables de interés fueron:

- Diámetro: Dap (cm)
- Altura: H (m)
- Área Basal: AB (m^2/ha)
- Volumen: Vol (m^3/ha)

Estas variables se evaluaron a lo largo de las tres mediciones, lo que permitió conocer su variación en el tiempo.

La evaluación de la variable altura se realizó completando las mediciones faltantes con la ecuación de altura, que depende del Dap, de la especie de *Pinus ponderosa* local, que fue ajustada por INFOR en el estudio realizado por Quiroz y Rojas (2003). La ecuación es:

$$HT = \text{Exp} (3,506178 - (5,902191/\sqrt{Dap}))^1$$

$$R^2 \quad 0,748$$

HT Altura total individuo (m)

Dap Diámetro a la altura del pecho individuo (cm)

Esta ecuación se debió validar mediante un ANDEVA, donde se comprobó que no existían diferencias estadísticamente significativas, concluyendo que la ecuación se puede utilizar para la evaluación de nuestro ensayo (Apéndice N° 1).

El volumen para la especie se obtendrá en base a la función realizada por INFOR Coyhaique para nuestra especie, citada por Obando (2002). La ecuación es:

$$V = ((-1,2872805 * 0,001) + (7,4039998 * 0,00001) * (Dap^2 * H)) * (1,112534 - 0,03182 * Dap)^2$$

V: Volumen individual (m³)

Dap: Diámetro a la altura de pecho (cm)

H: Altura en (m)

Se ocupó la totalidad de las mediciones, efectuando un análisis descriptivo midiendo los parámetros con programa de cálculo EXCEL 2010. Los datos se chequearon en forma general para cada parcela. Los parámetros descriptivos que se utilizaron son: Promedio, Desviación estándar, Valores máximos y Valores mínimos.

3.3.2 Análisis Inferencial

Comprendió al análisis de varianza, con el cual se esperaba evidenciar si las aplicaciones de los diferentes tratamientos en el rodal, exhibirían diferencias significativas sobre las variables de interés, durante el periodo que duraron las mediciones. Para comprobar y detallar las diferencias, entregadas por el ANDEVA se realizó un "Test de Comparación Múltiple" (Montgomery y Runger, 1998).

El modelo que se utilizó para la realización del análisis de varianza de las variables Altura (H), Dap, Área basal (AB) y Volumen fue:

$$Y_{ijk} = \mu + T_{ijk} + \varepsilon$$

¹ Fuente: Quiroz y Rojas, 2003. Páginas 52 y 53.

² Fuente: INFOR Coyhaique, citado por Obando, 2002. R² no publicado.

El análisis del modelo se realizó por tratamientos, y los efectos que se revisaran serán:

Cuadro N° 4: Detalle del análisis de la evaluación silvícola.

Efecto	Descripción
A Entre tratamientos	T0, T1, T2, T3 y T4
B Calidad de sitio (T3 y T4)	T3 (2400 arb/ha) y T4 (2000 arb/ha)
C Efecto Poda (T1)	T0 (P2), T FRP ₄₀ (P5 y P6), T FRP60 (P4), T FR (P3), T P ₆₀ (P4)
D Efecto raleo (T3 y T4)	R ₈₃ (T3P1, T4P1) R ₇₄ (T3P2, T4P2) R ₆₃ (T3P3, T4P4) y T0 (T3P4, T4P3)

El procesamiento de los datos se efectuara con el programa STATGRAPHIC PLUS 5.1.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de Comparación de medias Pre-raleo

Para iniciar el análisis de los datos, se realizó una prueba de hipótesis sobre la igualdad de dos medias con varianzas conocidas, para comprobar que las parcelas eran homogéneas al inicio de las intervenciones, evaluando las variables Dap y Altura (H).

El Cuadro N° 5 contiene los parámetros básicos para la prueba realizada, para comprobar la homogeneidad de los tratamientos al inicio del ensayo de pino contorta en 1998.

Cuadro N° 5: Parámetros Pre raleo del Ensayo Silvícola (1998) según tratamiento.

	T1	T2	T3	T4
Dap _{Prom} (Cm)	9,9	11,1	10,5	10,9
Dap _{Desv} (Cm)	0,76	0,6	0,79	0,45
H _{Prom} (m)	5,01	5,56	5,31	4,88
H _{Desv} (m)	0,36	0,24	0,44	0,69
N	6	6	4	4

Fuente: Datos no oficiales proporcionados por INFOR, 2008.

Dap_{Prom} (Cm): Diámetro a la altura del pecho promedio en centímetros

Dap_{Desv} (Cm): Desviación del Dap en centímetros

H_{Prom} (m): Altura promedio en metros

H_{Desv} (m): Desviación de la altura en metros

n: número de parcelas

Según la prueba de t de student del Dap y H, realizada en las parcelas, no se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, al momento de ser intervenidas en el año 1998, lo que nos permite trabajar en la evaluación de las respuestas que tendrá el ensayo a través de los años (Apéndice N° 2).

4.2 Análisis descriptivo

El cuadro N° 6 muestra los parámetros básicos de las intervenciones silvícolas a ser evaluadas (promedios de las variables, valores mínimos y máximos por año para cada tratamiento).

Cuadro N° 6: Resumen Dap en cm de los tratamientos silvícolas.

	Nha	Dap (cm)			Mínimo			Máximo		
		1998	2000	2008	1998	2000	2008	1998	2000	2008
T1	912	10 2,22	11,8 2,58	17,9 4,59	3,8	4,5	5,5	15,6	19,3	30,4
T2	600	11,8 1,9	14,1 2,02	21,6 3,19	7,6	10	13,6	18,1	21,6	31,7
T3	600	11,1 1,99	13,3 2,19	20,8 3,35	5,6	7,1	12,3	15,1	18,3	28,4
T4	600	10,9 1,64	13,3 1,88	20,6 3,02	5,0	7,0	13,3	15,1	17,5	27,7
T0	2.283	9,9 2,63	11,2 2,88	15,1 4,28	3,6	3,9	4,1	18,4	21	30,1

- **En negrita:** Desviaciones estándar

Según el Cuadro N° 6 T2 (Fertilización y Raleo) es el que posee mayor Dap desde la primera medición en 1998 hasta el final. El menor valor es T0 (testigo), seguido de T1 (raleo, Poda y Fertilización).

Comparando los tratamientos con raleo y fertilización, como T1 (fertilización, raleo y poda) y T2 (fertilización y raleo), se observa que tienen resultados opuestos, es decir tenemos el mejor y el peor tratamiento según los valores entregados en el cuadro anterior. Los resultados de T1 coinciden con González (1986), citado por Vidal (2000) el cual indica que al mezclar poda con fertilización y raleo en plantaciones de Pino radiata, la respuesta en Dap y altura registran mayores pérdidas en su crecimiento. En otro estudio que podemos comparar con T1 encontramos que Vidal (2000) indica que al mezclar raleo intenso y poda liviana se obtienen incrementos en Dap.

En cuanto a los tratamientos que solo fueron raleados T3 y T4, Garrido (1990) expone que los incrementos de las variables Dap y altura se ven favorecidos con raleos intenso, esta conclusión coincide con nuestros datos donde el raleo, a primera vista, no afecta la disminución del Dap.

En cuanto a las desviaciones estándar, ellas aumentan al correr de los años, las mayores desviaciones se ven en la parcela testigo (T0) y T1 debido a que la distribución de los árboles es menos homogénea que en los otros tratamientos.

Los máximos y mínimos coinciden con los tratamientos con mayor (T1) y menor (T2) Dap.

En el Cuadro N° 7 se muestra el resumen de las alturas medidas en cada año en el ensayo.

Cuadro N° 7: Resumen altura (H) en metros de los tratamientos silvícolas.

Nha	H (m)			Mínimo			Máximo			
	1998	2000	2008	1998	2000	2008	1998	2000	2008	
T1	912	4,97 0,97	5,75 1,03	8,41 1,81	1,61	2,06	2,69	7,11	7,98	15,00
T2	600	5,71 0,62	6,68 0,69	9,62 1,03	4,27	5,00	7,5	7,4	8,2	12,07
T3	600	5,4 0,68	6,34 0,73	9,29 1,08	3,27	3,9	6,2	6,98	8,07	13,32
T4	600	5,4 0,69	6,35 0,73	9,12 1,06	3,22	4,2	6,6	7,99	9,25	13,07
T0	2.283	5 1,24	5,65 1,34	7,42 1,91	1,49	1,68	1,81	7,97	9,31	15,70

- **En negrita:** desviaciones estándar

En cuanto a la altura se observó que el tratamiento T2 es el que posee mayor promedio a través de los años, el menor en 1998 fue T1 (poda, raleo y fertilización) y en los demás años de mediciones fue T0 (testigo). Estos resultados nos mostraron que al aplicar raleo (T3 y T4), el crecimiento en altura no se favoreció del todo, expresado en las alturas promedio, hecho que coincide con lo expuesto por Espinosa *et al.* (1994) que indican que el raleo beneficia sólo el crecimiento diametral de los árboles remanentes.

En cuanto a los máximos y mínimos del tratamiento testigo, podemos observar que logra las alturas máximas y mínimas de todas las mediciones en el ensayo, estas cifras no logran contribuir al promedio, ya que las desviaciones de T0 son las mayores, indicando una dispersión mayor en sus individuos a diferencia de los otros tratamientos.

En el Cuadro N° 8 se muestran los incrementos promedios alcanzados para las variables Dap y Altura en los distintos tratamientos.

Cuadro N° 8: Incrementos promedio Dap y Altura.

	Dap (cm/año)		ALTURA (m/año)	
	1998 - 2000	2000 - 2008	1998 - 2000	2000 - 2008
T1	0,90	0,76	0,39	0,33
T2	1,15	0,94	0,49	0,37
T3	1,10	0,94	0,47	0,37
T4	1,20	0,91	0,48	0,35
T0	0,65	0,49	0,33	0,22

El cuadro anterior muestra que los tratamientos con mayores incrementos en Dap y altura son T2, T3 y T4. Estos resultados son similares a los obtenidos por Quiroz y Rojas (2003) dentro de la R.N. Coyhaique para pino ponderosa, donde las parcelas alcanzaban

incrementos después de 4 años de 1,15 cm/año en Dap y 0,37 m/año en H, coincidiendo con lo que encontramos en este estudio en los primeros incrementos (1998-2000). Los valores obtenidos en la R.N. Coyhaique son más bajos que el promedio de la región, pues según Moreno y Obando (2006) en su análisis del crecimiento de pino ponderosa para toda la Región Aysén, los incrementos promedios de Dap alcanzan los 1,39 cm/año y en altura 0,52 m/año.

Además en el cuadro N° 8, se observa que los incrementos del último periodo tienen menor magnitud que el ciclo medido entre 1998 y el año 2000, esto se debe a que la respuesta inicial de los tratamientos a la intervención es más rápida, y posteriormente se atenúa en el tiempo. En cuanto los tratamientos todos presentaron mayores incrementos que el tratamiento testigo (T0).

En el cuadro N° 9 se resumen los resultados en área basal y volumen después de la intervención representado en sus valores individuales y extendidos a hectáreas.

Cuadro N° 9: Resumen área basal y volumen de los tratamientos silvícolas.

Nha	Área Basal (m ² /arb)			Incrementos AB		Volumen (m ³ /arb)			Incrementos VOL		
	1998	2000	2008			1998	2000	2008			
T1	912	0,0083	0,0115	0,0267	0,0033	0,0151	0,0300	0,0446	0,1040	0,0146	0,0593
T2	600	0,0113	0,0158	0,0373	0,0045	0,0216	0,0427	0,0636	0,1335	0,0209	0,0699
T3	600	0,0100	0,0142	0,0347	0,0042	0,0205	0,0371	0,0564	0,1271	0,0193	0,0707
T4	600	0,0096	0,0141	0,0338	0,0045	0,0198	0,0360	0,0561	0,1250	0,0202	0,0689
T0	2.283	0,0083	0,0105	0,0194	0,0022	0,0089	0,0311	0,0420	0,0799	0,0109	0,0380

Nha	Área Basal (m ² /ha)			Incrementos AB		Volumen (m ³ /ha)			Incrementos VOL		
	1998	2000	2008			1998	2000	2008			
T1	912	7,54	10,52	24,32	1,49	1,73	27,38	40,72	94,83	6,67	6,76
T2	600	6,75	9,45	22,4	1,35	1,62	25,62	38,17	80,1	6,27	5,24
T3	600	5,98	8,5	20,8	1,26	1,54	22,26	33,81	76,24	5,78	5,3
T4	600	5,78	8,45	20,3	1,34	1,48	21,57	33,68	74,99	6,06	5,16
T0	2.283	19	24,08	44,32	2,54	2,53	70,98	95,87	182,52	12,45	10,83

En el cuadro N° 9 en la parte de los valores individuales se apreció que el tratamiento T2 tuvo los mayores valores en las tres mediciones de área basal y volumen. En cuanto a las magnitudes por hectáreas, las mayores son logrados por T1 y T0 (valores por hectáreas), debido a la gran densidad de estos tratamientos implicando más árboles con menores valores individuales.

En cuanto a los incrementos anuales de área basal y volumen individuales T2 alcanza superiores magnitudes comparado a los otros tratamientos, seguido por T3 y T4. Estos resultados coinciden con Garrido (1990) que indica que a mayor intensidad de raleo mayores son los incrementos en el volumen.

Los valores por hectáreas nos distraen de los valores individuales, en orden creciente los tratamiento se ordenan según sus incrementos por hectárea en AB T0, T1, T4, T3 Y T2, los

incrementos en Volumen se comportan de la misma forma solo cambia que el mayor incremento es alcanzado por T3 y el segundo lugar lo alcanza T2.

4.3 Análisis de los tratamientos

A continuación se realizó un análisis de los tratamientos, para ver si coinciden con los resultados arrojados por el análisis descriptivo anterior, además se estudió la interacción interna de los tratamientos para discriminar quien logró las mejor respuestas.

4.3.1 Entre tratamientos

Este análisis enfrentó a los cuatro tratamientos, en los cuales se realizaron tres distintas intervenciones, además se agruparon todas las parcelas testigos para comparar la evolución en comparación con las parcelas intervenidas. Se trabajó con las dos mediciones posteriores al montaje.

El análisis entre tratamientos mostro que existen diferencias estadísticamente significativas, en el cuadro N° 10 se muestra el test de comparación de medias, para identificar cual fue la mejor intervención.

Cuadro N° 10: Resumen de ANDEVAS del análisis entre tratamientos.

	Nha	Dap (cm)				ALTURA (m)			
		2000		2008		2000		2008	
T1	912	11,8	c	20,8	c	5,75	c	8,41	c
T2	600	14,1	a	21,6	a	6,67	a	9,62	a
T3	600	13,3	b	20,8	ab	6,34	b	9,29	ab
T4	600	13,3	b	20,6	b	6,35	b	9,12	b
T0	2.283	11,2	d	15,1	d	5,65	c	7,42	d

	Nha	ÁREA BASAL (m ² /ha)				VOLUMEN (m ³ /ha)			
		2000		2008		2000		2008	
T1	912	10,51	c	24,32	c	40,72	c	94,82	c
T2	600	9,44	a	22,38	a	38,20	a	80,09	a
T3	600	8,50	b	20,81	b	33,80	b	76,23	ab
T4	600	8,45	b	20,28	b	33,69	b	75,00	b
T0	2.283	24,06	d	44,34	d	95,82	c	182,51	c

Se observó que todas las variables se comportaron de similar forma, existiendo diferencias estadísticamente significativas en todas las variables. Entre los tratamientos, el tratamiento T2 (Fertilización + Raleo) obtuvo las mejores respuestas, T3 y T4 quedan en segundo lugar y T1 se queda en último lugar a veces igualándose a la parcela testigo (T0).

Los resultados logrados con el Dap y H contradicen lo que exponen Tejera y Honorato (2002), donde se aplicó poda a los 10 años y se encontraron respuestas positivas, dicho estudio coincidiendo con la edad del nuestro ensayo, pero en T1 la poda no ayudo a lograr mejores resultados.

En otro estudio de poda realizado por Garrido (1990) se indicó que la poda afecta negativamente el Dap, altura, área basal y volumen, lo que podría explicar por qué este tratamiento no presentó buena respuesta.

Los resultados de T1, además se oponen con el ensayo realizado por Moreno y Obando (2006) donde se concluyó que el mejor tratamiento es donde se aplica raleo con poda fuerte. En nuestro estudio se descubrió que la poda fue un gasto innecesario de recursos, ya que presentó los menores beneficios en comparación con los demás tratamientos.

Según Toro (2004) existen pocos estudios de raleo combinado con fertilización en Pino radiata; en un ensayo de raleo temprano combinado con fertilización (distintas intensidades de raleo y fertilización a los 5 o 9 años) en la localidad de Santa Juana, Octava Región, comprobaron que transcurridos 5 años era preferible ralear y fertilizar dejando 800 arb/ha en pie, donde las ganancias llegaban a cerca del 75% de volumen total. En el caso de T2 los resultados concordaron, por lo tanto, se determinó que la fertilización ayudo favorablemente a T2, dejando en segundo plano a los tratamientos que sólo contaron con el raleo y en último lugar al que se le aplicó poda además de raleo y fertilización (T1). En cuanto a la fertilización presente en T1 y T2 se puede apreciar que solo se observaron buenas respuestas en T2, ya que en T1 los resultados se vieron afectados por la poda aplicada. Según Moreno y Obando (2006) concluyeron que en pino ponderosa para la situación en la región, más importante que fertilizar es aplicar un buen y oportuno manejo a las plantaciones, con esta conclusión podemos considerar que fue la fertilización junto al raleo los que hacen la diferencia con los otros tratamientos solo raleados.

El análisis del área basal y volumen se realizó con los promedios por individuos, luego se extendieron a hectáreas, representado en el cuadro N° 9. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, siendo T2 el con mejores resultados (a). El Cuadro N° 9 nos revelo que tanto el área basal como el volumen dependen de la densidad de las parcelas, por lo tanto el tratamiento testigo es el que presenta mayores densidades junto con T1, al tener mayor número de árboles por hectáreas.

Según la revisión que realizó Vidal (2000) la poda afecta el crecimiento en volumen y el raleo tiene la relación que a mayor porcentaje de raleo mayores beneficios en volumen individual de los árboles, dicha revisión concuerda con nuestros resultados donde el tratamiento con poda (T1) alcanzo menores respuestas, mientras que los tratamientos con raleo tuvieron mejores respuestas.

4.3.2 Calidad de sitio

El análisis de calidad sitio se realizó para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los árboles que crecían en un sector con 2.400 arb/ha promedio, con otro sector con 2.000 arb/ha promedio. Debemos recordar que al iniciar este estudio se comprobó que existía homogeneidad entre todos los tratamientos.

El resultado del estudio inferencial muestra que no hay diferencias estadísticamente significativas a través de los años, en relación a la calidad de sitio entre los tratamientos que fueron solamente raleados. En el cuadro N° 10 se puede observar una respuesta similar a lo

largo de los años de medición de estos dos tratamientos (T3 y T4), los ANDEVAS resultantes de este análisis están en el Apéndice N° 3.

4.3.3 Efecto poda

El efecto poda se analizó dentro del T1 para indagar si hay efectos en las distintas intervenciones aplicadas en este tratamiento (fertilización, raleo y poda con diferentes porcentajes de copa removida).

A continuación en el cuadro N° 11 se observan qué composición resultó ser la más beneficiosa, las combinaciones fueron las siguientes:

- FRP_{40%}: Fertilización, raleo y poda del 40% de la copa.
- : FRP_{60%}: Fertilización, raleo y poda del 60% de la copa.
- FR: Fertilización y raleo.
- P_{60%}: Poda del 60% de la copa.

Además todas estas combinaciones se comparan con la parcela testigo (T0).

Cuadro N° 11: Comparación de medias de Dap del efecto poda.

	Nha	Dap (cm)				ALTURA (m)			
		2000		2008		2000	2008		
FRP _{40%}	600	12,6	a	20,8	a	5,89	a	9,41	a
FRP _{60%}	600	12,6	a	21,1	a	5,89	ab	9,16	a
FR	600	13,1	a	20,6	a	6,31	a	9,35	a
P _{60%}	2.160	10,9	b	14,6	b	5,48	bc	7,38	b
T0	2.680	10,7	b	14,6	b	5,38	c	7,26	b

El ANDEVA indicó que existen diferencias estadísticamente significativas en todas las variables, dentro de los años de mediciones (2000 y 2008). En cuanto al test de comparación múltiple de medias reveló dos grupos de datos, el primero con mejor respuesta compuesto por las parcelas que combinaron fertilización, raleo y poda al (40% y 60%), y el otro grupo con menor respuesta se formó por la parcela solo podada al 60% y la parcela testigo. Dicha distribución de las intervenciones fue igual en todas las variables: Dap, Altura, Área Basal y Volumen.

Pérez (2001) indica que el efecto poda aumenta un 7% la densidad media de la madera, luego de 2 a 3 años, este efecto se reduce gradualmente mientras se desarrolla la copa viva nueva, en el cuadro N° 7 y N° 8 se observa que el tratamiento con poda T1, incrementa su crecimiento sus primeros años y bajo su velocidad de crecimiento los siguientes años reflejado en la medición del 2008.

Los resultados concuerdan con Vidal (2000) donde se plantea que es beneficioso combinar la poda junto con el raleo, en el caso de este tratamiento se agrega la fertilización, la cual debería ayudar en el largo plazo a lograr una mejor respuesta.

En este ensayo no se sabe la edad exacta de intervención, pero según los parámetros pre-raleo (Cuadro N° 2) se estima que los arboles tenían entre 10 a 13 años, edad donde los arboles responden favorablemente a cualquier intervención especialmente a la poda. Pérez (2001) señala que al remover un 75% de la copa viva las perdidas llegan al 63% en diámetro y al 9% en altura, la recomendación de este autor es no sobrepasar la poda más de 33% de la longitud de la copa y 33% de la altura de árbol, de acuerdo a lo anterior el error en el tratamiento es la intensidad de poda, dada la severidad aplicada acompañada de un raleo fuerte, Keller *et al.* (2004) indican que la respuesta de una poda al 30% en una plantación de *Pinus taeda* se aproxima o supera los valores del testigo, teniendo menores repercusiones que las podas más intensas. Según los autores consultados la severidad de la poda en este ensayo, fue perjudicial para lograr buenos resultados o respuestas favorables, en comparación a los otros tratamientos.

4.3.4 Intensidad de raleo Tratamiento T3 y Tratamiento T4

En cuanto a la intensidad de raleo, se comprobó que T3 y T4 son homogéneos, mediante el análisis de calidad de sitio en el cual se enfrentó T3 (2.400 Arb/ha.) y T4 (2.000 Arb/ha.) donde se vio que no hay diferencias estadísticamente significativas.

Para estudiar la intensidad de raleo, se unieron las parcelas con el mismo porcentaje de raleo y se busca saber cuál es la intensidad de raleo que logra los mejores resultados. En el cuadro N° 12 se muestra los resultados del ANDEVA y la prueba de comparación de medias.

Cuadro N° 12: Comparación de medias de Dap efecto intensidad de raleo T3y T4.

	Nha	Dap (cm)			ALTURA (m)		
		2000	2008		2000	2008	
R _{82%}	400	14,0 a	22,4 a		6,51 a	9,59 a	
R _{74%}	600	13,3 b	20,7 b		6,49 a	9,25 a	
R _{63%}	800	12,2 c	18,4 c		5,97 b	8,62 a	
T0	2.167	11,7 c	15,6 d		5,87 b	7,65 b	

	Nha	ÁREA BASAL (m ² /ha)			VOLUMEN (m ³ /ha)		
		2000	2008		2000	2008	
R _{82%}	400	6,26 a	15,88 a		24,74 a	54,28 a	
R _{74%}	600	8,53 b	20,42 b		34,69 a	76,89 b	
R _{63%}	800	9,58 c	21,76 c		37,61 b	88,57 c	
T0	2.167	24,46 c	43,63 d		98,47 b	184,1 d	

R: raleo; T0: testigo.

El análisis de varianza mostro que hay diferencias estadísticamente significativas en todas las variables de intensidades de raleo, en el caso del análisis de diferencias de medias se ve un patrón en común donde se resume que a mayor intensidad de raleo mayores son las ganancias en diámetro, área basal y volumen, solo en altura se evidencia una homogeneidad entre las intensidades en la última medición.

En cuanto a área basal y volumen el ANDEVA se realizó con los valores por individuo, al extenderlo a los árboles por hectárea los resultados dan más altos T0 y T1 que tiene mayor densidad, se demostró que las parcelas más raleadas disminuyen su volumen grupal, priorizando el volumen individual, logrando menos árboles con mayor diámetro y volumen individual (Espinosa *et al*, 1994; Toro, 2004).

Los resultados anteriores no coinciden con Obando (2002) el cuál concluye que a menor rigurosidad de la intervención mejores respuestas se obtienen en rodales adultos con intensidad inicial alta, además expone que para las variables altura y volumen se benefician con intervenciones más drásticas, nuestros resultados responden positivamente a intervenciones más agresivas.

Garrido (1990) añade que a mayor intensidad de raleo existen mayores incrementos en altura, que con raleos suaves. En nuestro estudio se indica que la altura no demuestra diferencias entre las distintas intensidades de raleo, estos resultado si coincide con lo expuesto por Vita (1996) indicando que la altura no se modifica con el raleo y no se ve afectado dentro de un amplio rango de intensidades.

En cuanto al área basal y volumen Garrido (1990) señala que con raleos fuertes se logran más beneficios en área basal y volumen que con raleos suaves, coincidiendo con las respuestas encontradas en este ensayo.

5. CONCLUSIONES

Para las condiciones de la Reserva Nacional Coyhaique ubicada en la Región de Aysén, donde se efectuaron diferentes intervenciones silvícolas para el ensayo estudiado de pino contorta, se puede decir que:

Según el análisis descriptivo el tratamiento que tuvo mejor respuesta fue T2 (raleo y fertilización), logrando una mejora del 43% en Dap y 30% en altura promedios en comparación al tratamiento testigo, en el caso del área basal y volumen los individuos del tratamiento T2 mejoraron un 92% y 67 % respectivamente, en comparación a los individuos promedios del tratamiento testigo.

La serie histórica muestra que los incrementos fueron siempre positivos, en el primer ciclo (1998–2000) fueron mayores por la respuesta los primeros años son mayores y se mantienen en el tiempo, reflejados en el segundo ciclo (2000-2008). Los mayores incrementos fueron presentados por el tratamiento que se aplicó raleo con fertilización, seguidos por los tratamientos con raleo.

En cuanto al comportamiento de las variables en el efecto entre tratamientos, se puede indicar que el estudio comprobó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T0). El posterior análisis de comparación de medias mostró que el mejor tratamiento es al que se le aplicó raleo y fertilización (T2), seguido de los tratamientos sólo raleos (T3 y T4) y en el último lugar se ubicó T1 (raleo, poda y fertilización). Todos los tratamientos se mostraron superiores al testigo.

Referente al comportamiento de las variables al evaluar intensidad de poda (T1), el ANDEVA demostró la diferencia estadísticamente significativa en todas las mediciones y variables, referente a las comparaciones de medias los datos se aglomeraron en dos grupos, las parcelas que tenían fertilización, raleo y poda al 40 y 60% y el segundo grupo reúne a la parcela que tenía solo la poda del 60% de la copa y la parcela testigo. En esta comparación se concluye que se obtuvieron resultados discretos por el exceso de intervenciones, que significó la exposición de los árboles remanentes a la adversidad del clima. Los porcentajes de intensidad de poda no fueron graduales, lo que tampoco ayudó a exponer el efecto positivo o negativo, además no existen otros estudios que permitan comparación donde se aplique tantas intervenciones a una misma parcela. Lo anterior permite recomendar que en futuras intervenciones en esta especie y en esta región, se deba evaluar el gasto a realizar tantas intervenciones juntas y tan severas, ya que no se distinguieron mejores respuestas en los tratamientos con mayor número de intervenciones.

En el caso del comportamiento de las variables al efecto del raleo no se observaron diferencias en la calidad de sitio entre las densidades 2.000 y 2.400 arb/ha. Para ver el efecto de la intensidad del raleo en este estudio se agruparon las parcelas de T3 y T4 con las mismas intensidades, de manera de ver cual resulta con mejores respuestas. El análisis de las intensidades de raleo mostró que se encontraron diferencias estadísticamente significativas en todas las intensidades, la posterior comparación de medias concluyó que a mayor intensidad de raleo mejores son las ganancias en diámetro, altura, área basal y volumen.

En conclusión la intervención que resulto más beneficiosa fue el raleo con fertilización del suelo (T2), en segundo lugar quedaron las parcelas sólo raleadas (T3 y T4) y en último lugar el tratamiento que mezcla fertilización, raleo y poda (T1). Todos los tratamientos superaron al testigo, resumiendo es mejor realizar aplicación de tratamientos silvícolas que dejar a los árboles crecer sin intervención.

En una futura aplicación de tratamientos silvícolas a las plantaciones de pino contorta en esta región, este estudio concluye que las condiciones climáticas adversas de la región y la edad en la que se efectúan las intervenciones podrían llegar a causar la pérdida de la inversión, se recomienda que el raleo junto con la fertilización resultan tener las mejores respuestas en comparación a los otros mix de intervenciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2009.** Documento de trabajo N° 525, Plan de manejo Reserva Nacional de Coyhaique. Corporación Nacional Forestal, Coyhaique 2009.
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE AERONAUTICA CIVIL (DGAC). 2008.** Región de Aysén, descripción climatológica. [En línea]. http://www.meteochile.cl/climas/climas_undecima_region.html#b [Viernes 31 de octubre, 2008]
- DONOSO, S. 2007.** Apuntes cátedra Silvicultura de plantaciones. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile.
- ELISSETCHE, J.; RODRIGUEZ, R. y RUIZ, E. 2005.** Árboles en Chile. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 183 p.
- ESPINOSA, M; GARCIA, J y VALERIA, O. 1994.** Efecto de intensidades de raleo en el crecimiento de un rodal de Pino radiata. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Revista Bosque 15 (1): 55-65.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. 2000. (FAO)** Perspectivas Mundiales del suministro futuro de madera procedente de plantaciones forestales. Documento elaborado en el contexto del Estudio de las perspectivas Mundiales de los Productos Forestales relativo a 1999, Documento de trabajo: GFPOS/WP/03. 176 p.
- GÁNDARA, E. 1978.** Comportamiento de tres especies de coníferas en la XI Región, Aysén. Memoria Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 76p.
- GARRIDO, L. 1990.** Evaluación temprana de raleo y poda en un rodal de pino radiata D. Don de la zona costera de Constitución, Séptima Región. . Memoria Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 86p.
- GOBIERNO REGIONAL DE AYSÉN (GOREAYSÉN); MIDEPLAN; SERPLAC, GTZ. 2005.** Atlas Región de Aysén. Región Carlos Ibáñez del Campo, Chile. 41p.
- GOBIERNO REGIONAL AYSÉN (GOREAYSÉN). 2011.** Información regional, principales características. [En línea] <<http://www.goreaysen.cl/GoreAysenWebNeo/index.aspx?channel=6086&appintan ceid=17128&pubid=6741>> [Viernes 22 julio, 2011]
- GOBIERNO DE CHILE. 2011.** Cuenta pública 2011, Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del campo. [En línea] <<http://issuu.com/gobiernodechile/docs/ayesen>> [Viernes 6 enero, 2012]

- HARLOW, W.; HARRAR, E. y WHITE, F. 1979.** Textbook of Dendrology. Mc Graw-hill. Series in Forest Resources. 510 p.
- HERRERO, G; GONZALEZ, M; FUENTES, I; HERRERA, P; GARCIA, A y COTO, O. 2011.** Fertilización a plantaciones de *Pinus carbaea ssp caribaea* en su hábitat natural y diversidad vegetal asociada. Universidad Nacional Costa Rica. [En línea]. <<http://www.una.ac.cr/inis/docs/suelos/Grisel%20Herrero.pdf>> [martes 2 de agosto, 2011]
- INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES (IREN). 1979.** Geomorfología. Perspectivas de desarrollo de los recursos de la región de Aysén del general. Carlos Ibáñez del Campo. Publicación N° 26. INTENDENCIA REGION DE AYSEN/SERPLAC REGION AYSEN/CORFO/IREN. 69.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2007.** Superficie de Plantaciones Forestales Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo. [En línea]. <http://www.infor.cl/estadisticas_mercado/plantaciones_forestales/2007/super_plantaciones_forest_aysen.htm> [miércoles 12 de agosto, 2009].
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2008.** Anuario Forestal 2008, Boletín Estadístico N° 121. Centro de Información Forestal, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 169 p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2009.** Superficie de plantaciones forestales regiones de Coquimbo a Aysén; e inventario plantaciones PYMP regiones Biobío y Araucanía. Informe Técnico, diciembre 2009. 39p.
- KELLER, A; FASSOLA, H; PACHAS, N., 2004.** Efecto de la poda y raleo sobre el crecimiento de *Pinus taeda* L. a los 11 años de edad en el departamento de Iguazú, Misiones. Décimo primera Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. FCF, UNAM-EEA Montecarlo, INTA. Montecarlo, México.
- LLANOS, J. 2004.** Efecto de la combinación de nitrógeno y fósforo en el crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en dos sitios distintos de la VIII Región. Tesis Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción de Chile. Concepción. 68p.
- LÓPEZ, A y PALMA, F. 1981.** Ensayo de fertilización mineral y raleos en plantaciones de *Pinus radiata* (D. DON), en la Provincia de Cardenal Caro, VI Región y en la Provincia de Biobío, VIII Región. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal, Departamento de Silvicultura y Manejo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Santiago, Chile. 114 p.
- MALDONADO, E. 1990.** Respuesta temprana a diferentes intensidades de poda, raleo, y fertilización en un rodal joven de *Pinus radiata* D. Don en la zona costera de la VII Región. Memoria de Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 106p.

- MONTGOMERY, D y RUNGER, G. 1998.** Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería. Editorial Mc Graw-Hill. Impreso en México. 895 p.
- MORENO, P y OBANDO, M. 2006.** Pino ponderosa en Aysén, Biometría y Genética. Proyecto FDI 02CR4FT-02 “Bases genéticas y biométricas de pino ponderosa en la XI Región”. INFOR, Sede Patagonia. Coyhaique, Chile. 193 p.
- OBANDO, M. 2002.** Evaluación del efecto de dos intensidades de raleo y dos alturas de poda, en una plantación de *Pinus contorta*, sometida a silvopastoreo en Coyhaique, Chile. Tesis de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 84p.
- PEÑA, E. y PAUCHARD, A. 2001.** Coníferas introducidas en unidades del SNASPE: un riesgo para la biodiversidad. [En línea]. <<http://www2.udec.cl/~pauchard/pena-pauchard.html>> [martes 17 de noviembre, 2009]
- PEREZ, C. y GONZALEZ, J. 2001.** Diagnóstico sobre el estado de degradación del recurso suelo en el país. Chillan, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 15, 194p.
- PEREZ, G. 2001.** Pérdida de crecimiento en altura y diámetro por efecto de la poda, en rodales de *Pinus radiata* (D. Don). Memoria de Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 85p.
- QUINTANILLA, V. 2005.** Estado de recuperación del bosque nativo en una cuenca nordpatagónica de Chile, perturbada por grandes fuegos ocurridos 50 años atrás (44°-45° S). Revista de Geografía Norte Grande 34: 73-92.
- QUIROZ, I y ROJAS, Y. 2003.** Pino ponderosa & Pino oregón, Coníferas del sur de Chile. Proyecto FONDEF D99i1086 “Desarrollo y fomento de plantaciones de pino oregón y pino ponderosa, opción económica para Chile. INFOR Valdivia, Chile. 318 p.
- SERRA, M T. 1987.** Dendrología de coníferas y otras gimnospermas. Apuntes docentes N° 2. Departamento de Silvicultura, Facultad de Ciencias Forestales: Universidad de Chile. 264 p.
- TEJERA, L y HONORATO, M. 2002.** EEA (Estación experimental agroforestal) INTA. Esquel, Chubut, Argentina. Primera poda y raleo en plantaciones de pino ponderosa. [En línea]. <<http://www.inta.gov.ar/esquel/info/documentos/economico/coniferas04.htm>> [martes 2 agosto, 2011]
- TORO, J. 2004.** Alternativas silvícolas para aumentar la rentabilidad de las plantaciones forestales. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Forestales. Revista Bosque 25 (2): 101-113.

- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE-FOREST SERVICE (USDA). 1965.** Silvics of the trees of the United State, U.S. Department of Agriculture, Washington D.C., Agriculture Handbook N° 271. 762 p.
- VERA, M. 1990.** Crecimiento de *Pinus contorta* Dougl. Ex Loud.var. *murrayana* (Grez. & Balf) Engelm. en los alrededores de Coyhaique, XI Región. Tesis de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Santiago. 106p.
- VIDAL, J. 2000.** Evaluación del efecto de diferentes intensidades de poda y raleo en un rodal joven se *Pinus radiata* (D. Don) en la zona precordillerana de la IX Región. Tesis Facultad de ciencias forestales. Universidad de Talca.
- VIDELA, I. 2001.** Desarrollo silvopastoral en plantaciones de *Pinus contorta*, en un pequeño predio cercano a Coyhaique en la XI Región. Tesis de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 31p.
- VITA, A. 1996.** Los tratamientos silviculturales. Segunda edición. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 147 p.

7. ANEXOS

ANEXO N° 1: Distribución de los tratamientos silvícolas.

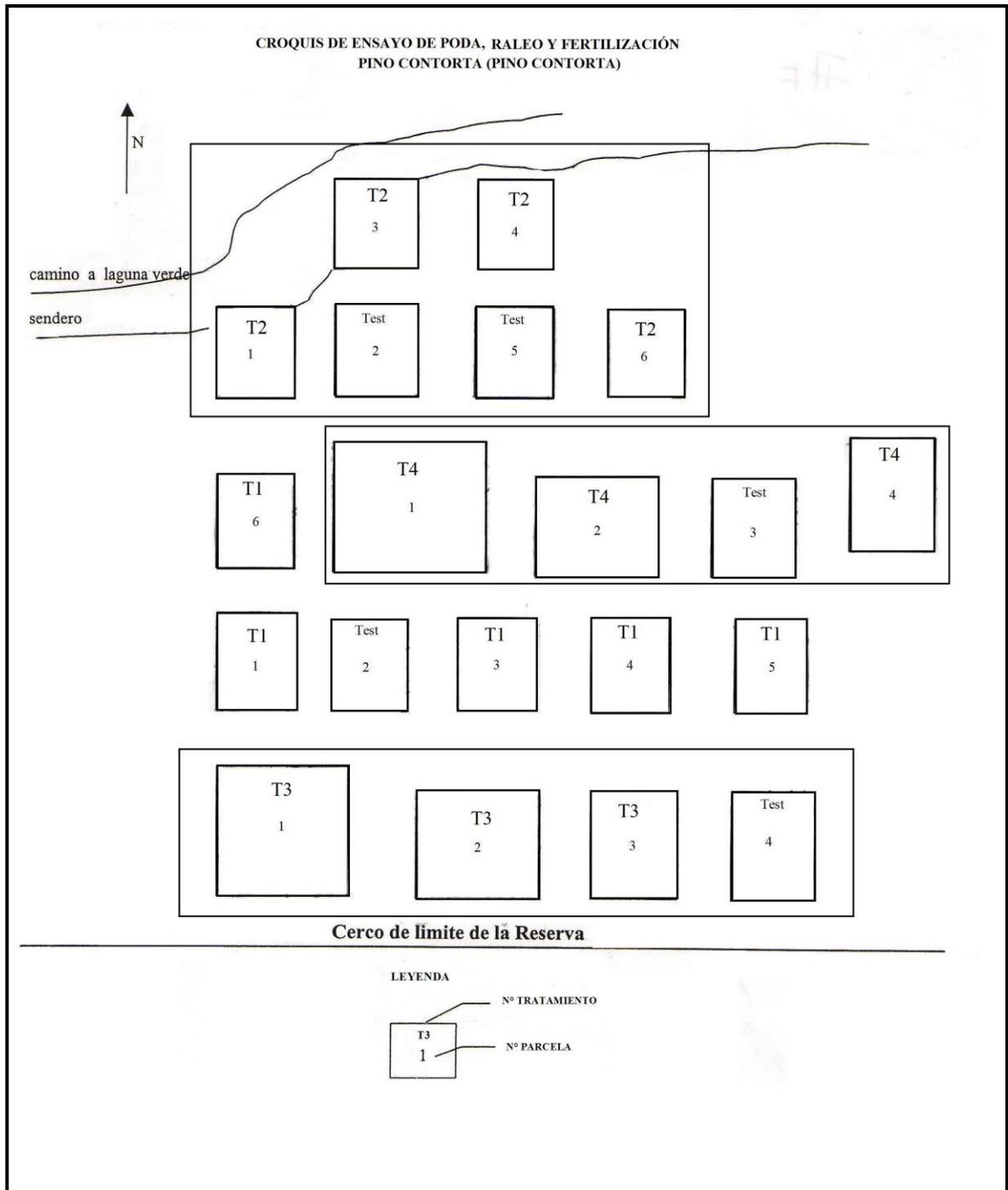


Figura N° 5: Mapa ensayo Pino contorta.

ANEXO N° 2: Coordenadas de los centros de parcelas de cada tratamiento del ensayo de Pino contorta.

Cuadro N° 13: Coordenadas centro de parcelas del ensayo de Pino contorta var. *latifolia*.

Nombre	Coordenada UTM	
	Este	Sur
T1-1	731975	4952205
T1-2	732007	4952213
T1-3	732043	4952201
T1-4	732075	4952211
T1-5	732107	4952217
T1-6	731979	4952308
T2-1	731861	4952314
T2-2	731894	4952310
T2-3	731907	4952354
T2-4	731938	4952345
T2-5	731935	4952296
T2-6	731974	4952250
T3-1	732042	4952156
T3-2	732081	4952174
T3-3	732126	4952182
T3-4	732172	4952186
T4-1	732027	4952252
T4-2	732064	4952251
T4-3	732103	4952259
T4-4	732128	4952274

ANEXO N° 3: Composición florística presente en cada una de las parcelas del ensayo de Pino contorta en la Reserva Nacional Coyhaique.

Cuadro N° 14: Vegetación presente en las parcelas del ensayo de Pino contorta

Nombre común	Nombre científico	Tratamiento 1						Tratamiento 2						Tratamiento 3				Tratamiento 4						
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	1	2	3	4			
Lenga	<i>nothofagus pumilo</i>	x													x	x				x				x
Notro	<i>embothrium coccineum</i>			x	x								x	x						x	x	x	x	
Ñire	<i>nothofagus antarctica</i>				x																x	x	x	
Pino oregón	<i>pseudotsuga menziesii</i>		x		x																			
Quila	<i>chusquea quila</i>			x											x						x	x	x	
Ampe	<i>polyschichinum chilense</i>															x					x	x		
Arvejilla	<i>vicia migracans</i>					x	x	x		x	x		x											x
Cadillo	<i>acaena magellanica</i>	x									x						x				x	x		
Calafate	<i>berberis darwini</i>																				x			
Capachito	<i>calceolaria biflora</i>										x													
Cardo	<i>Cirsium vulgare</i>											x												
Centella	<i>anemone multiflora</i>			x		x	x	x		x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	
Chaura	<i>gaultheria mucronata</i>					x									x						x	x	x	
Core - core	<i>geranium berterianum</i>		x	x	x	x			x	x	x		x						x					x
Diente de león	<i>taraxacum officinale</i>	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x								x
Frutilla	<i>fragaria chiloensis</i>		x	x		x			x	x		x	x		x						x	x	x	x
Iquide	<i>blechnum blechnoides</i>		x	x		x					x		x		x					x	x	x	x	x
Margarita	<i>chizanthemum leucathemum</i>							x	x					x										
Michay	<i>berberis serratodentata</i>										x											x	x	
Pasto miel	<i>holcus lanatus</i>	x		x									x								x			x
Pasto ovilla	<i>dactylis glomerata</i>	x		x		x			x		x	x	x	x						x		x	x	x
Perejil de bosque	<i>osmorhiza chilensis</i>		x	x	x							x	x		x	x								
Pimpinela cimarrona	<i>Acaena pinnatifida</i>								x			x			x	x					x			
Ranúnculo	<i>ranunculus sp.</i>								x															
Trébol blanco	<i>Trifolium alexandrium</i>			x					x															
Trébol rosado	<i>trifolium pratense</i>			x																				
Zarzaparrilla	<i>ribes magellanica</i>		x	x	x	x						x	x	x	x	x					x	x	x	x

8. APENDICE

APENDICE N° 1: Validación ecuación de altura

Para iniciar la evaluación de los ensayos fue necesario encontrar una ecuación para completar las alturas faltantes, se encontró una ecuación la cual debió ser validada con los datos existentes para confirmar que va a ser útil para nuestro trabajo.

A continuación se muestra el resumen y el análisis de varianza que confirma que no hay diferencias estadísticamente significativas, lo cual nos demuestra que podemos utilizar esta ecuación.

Cuadro N° 15: Resumen validación ecuación

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
OBSERVADO	632	5,98812	0,801681	3,63	8,34
ECUACION	632	6,29274	0,887074	3,17304	8,25763
Total	1264	6,14043	0,858747	3,17304	8,34

Cuadro N° 16: ANDEVA validación ecuación

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	29,323	1	29,323	3,69	0,0571
Intra grupos	902,072	1262	0,714796		
Total (Corr.)	931,395	1263			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre-grupos y un componente dentro-de-grupos. La razón-F, que en este caso es igual a 3.69, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro-de-grupos. Puesto que el valor-P de la prueba-F es mayor que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 2 variables con un nivel del 95,0% de confianza. Para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, seleccione Pruebas de Múltiples Rangos, de la lista de Opciones Tabulares.

APENDICE N° 2: Resultado de la comprobación de varianzas

Cuadro N° 17: Valores t student de tabla para comparación del Dap en cm de los tratamientos

Tratamientos	$\alpha/2$	v	Z_0	$ Z_0 $	$> t_{student}$
T1=T2	0,025	12	-2,47	2,47	2,179
T1=T3		8	-1,09	1,09	2,306
T1=T4		2	-1,92	1,92	4,303
T2=T3		8	1,02	1,02	2,306
T2=T4		9	0,52	0,52	2,262
T3=T4		7	-0,57	0,57	2,365

T_i: representa cada uno de los tratamientos (i: 1, 2, 3, 4); α : indica la confiabilidad que en este caso es de un 95%; v: grados de libertad; $t_{student}$ es el valor por tabla y Z_0 es el valor calculado de las muestras.

En el Cuadro anterior se puede apreciar que la hipótesis sólo se cumple para la igualdad entre los tratamientos T1 y T2, a diferencia con la igualdad de los otros tratamientos. Se puede concluir que todos los tratamientos son homogéneos ya que al enfrentar T1 y T2 a los otros tratamientos, los dos se comportan de igual forma, siendo uniformes entre ellos.

Cuadro N° 18: Valores t student de tabla para comparación de Altura de los tratamientos

Tratamientos	$\alpha/2$	V	Z_0	$ Z_0 $	$> t_{student}$
T1=T2	0,025	11	-1,547	1,547	2,201
T1=T3		7	-0,728	0,728	2,365
T1=T4		1	0,624	0,624	12,706
T2=T3		7	0,491	0,491	2,365
T2=T4		5	1,718	1,718	2,571
T3=T4		8	1,132	1,132	2,306

T_i: representa cada uno de los tratamientos (i: 1, 2, 3, 4); α : indica la confiabilidad que en este caso es de un 95%; v: grados de libertad; $t_{student}$ es el valor por tabla y Z_0 es el valor calculado de las muestras.

De acuerdo al cuadro anterior, se cumple la primera hipótesis alternativa (H1) donde las medias de las alturas de los distintos tratamientos son iguales, comprobando que estos tratamientos se encontraban en estado homogéneo al momento de aplicarles la intervención silvícola.

APENDICE N° 3: Resultado ANDEVA Calidad de sitio.

4.1.1 Dap 2000

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.000271084	1	0.000271084	0.00	0.9936
Intra grupos	1380.64	330	4.18375		
Total (Corr.)	1380.64	331			

4.1.2 Dap 2008

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	3.00771	1	3.00771	0.30	0.5865
Intra grupos	3347.59	330	10.1442		
Total (Corr.)	3350.59	331			

4.2.1 ALTURA 2000

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.0083	1	0.0083	0.02	0.9010
Intra grupos	176.899	330	0.536058		
Total (Corr.)	176.907	331			

4.2.2 ALTURA 2008

Tabla ANOVA

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	2.30611	1	2.30611	2.00	0.1578
Intra grupos	379.637	330	1.15042		
Total (Corr.)	381.943	331			

4.3.1 AREA BASAL 2000

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	5.09036E-7	1	5.09036E-7	0.03	0.8668
Intra grupos	0.00595943	330	0.0000180589		
Total (Corr.)	0.00595994	331			

4.3.2 AREA BASAL 2008

Análisis de la Varianza					
Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.0000650873	1	0.0000650873	0.60	0.4403
Intra grupos	0.0359891	330	0.000109058		
Total (Corr.)	0.0360542	331			

4.4.1 VOLUMEN 2000

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.00000271084	1	0.00000271084	0.01	0.9199
Intra grupos	0.088427	330	0.000267961		
Total (Corr.)	0.0884297	331			

4.4.2 VOLUMEN 2008

Análisis de la Varianza

Fuente	Sumas de cuad.	Gl	Cuadrado Medio	Cociente-F	P-Valor
Entre grupos	0.000350244	1	0.000350244	0.61	0.4350
Intra grupos	0.189227	330	0.000573414		
Total (Corr.)	0.189577	331			