



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**EFFECTOS DEL ESTABLECIMIENTO EN EL CRECIMIENTO Y
RENTABILIDAD DE PLANTACIONES DE EUCALYPTUS EN EL
SUR DE CHILE**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

ENRIQUE ALFONSO ACEVEDO MEINS

Profesor Guía: Ing. Forestal, Dr. Gustavo Cruz Madariaga

**SANTIAGO – CHILE.
2008**

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**EFFECTOS DEL ESTABLECIMIENTO EN EL CRECIMIENTO Y
RENTABILIDAD DE PLANTACIONES DE EUCALYPTUS EN EL
SUR DE CHILE**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

ENRIQUE ALFONSO ACEVEDO MEINS

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Gustavo Cruz Madariaga	6.5
Prof. Consejero Sr. Sergio Donoso	5.0
Prof. Consejero Sr. Juan Pablo Fuentes	5.0

A Jesús mi fiel amigo...

“Porque de tal manera amo Dios al mundo, que ha dado a su Hijo unigénito, para que todo aquel que en él cree, no se pierda, mas tenga vida eterna.”Juan 3:16.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por acompañarme en todo momento con su amor y misericordia. A mi madre Marta por estar siempre a mi lado con su amor, dedicación y oraciones. A mi padre Enrique, por su apoyo. A mis hermanos Juan Pablo y Claudia por su amor.

A mi profesor guía Ingeniero Forestal señor Gustavo Cruz, por su apoyo y trabajo durante este largo tiempo de memoria. A los profesores consejeros señores Juan Pablo Fuentes y Sergio Donoso por su colaboración a esta investigación. A la empresa Forestal Arauco S.A. por apoyar este proyecto con datos y a su personal, Ing. Forestales, señores Gonzalo Pérez y Pablo Sotorff, por su apoyo técnico. Al Ingeniero Forestal Sr. Álvaro Zapata por su gran aporte en el comienzo de esta memoria.

Al señor André Larosse de ODEPA, por su gran apoyo en el desarrollo de la parte económica de la memoria. A los señores Roland Peters y Germán Otárola del Modelo de Simulación de *Eucalyptus* (U. Concepción), por su apoyo mediante el uso del simulador.

A mi amigo Octavio Bobadilla y esposa, por su apoyo y guía espiritual durante estos años de trabajo. A todos quienes pasaron por su grupo casero, por apoyarme en oración. A mis hermanos en Cristo por su apoyo en oraciones, representados en los pastores Waldo Yáñez de la Union Church, Carlos Paredes y Jorge Barra de la Iglesia Alianza Cristiana y Misionera. A los grupos de jóvenes de ambas iglesias por animarme y orar por el buen término de esta memoria.

A mis compañeros y amigos de Universidad, Paulo Bossi, Jorge Muñoz, Jorge Martínez, Mario Bastías y Maglio Erazo, por su apoyo y por esas largas noches de estudio que ahora dan sus frutos. A Gustavo y Felix de la oficina de proyectos por su ayuda.

A mis compañeros del Colegio Hispano Americano, Francisco Loret, Gonzalo Madariaga y Roberto Garrido, por su amistad y siempre instarme a terminar esta etapa.

A mis compañeros de trabajo en Papelera Dimar que han apoyado la última etapa de este largo proceso.

Gracias a todos los que desinteresadamente apoyaron esta etapa de mi vida, en especial a todos los que ayudaron en esta memoria y pueda olvidar.

INDICE

RESUMEN	
SUMMARY	
1. INTRODUCCION	11
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	11
2.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LAS ESPECIES	11
2.1.1 <i>Eucalyptus globulus</i>	12
2.1.2 <i>Eucalyptus nitens</i>	13
2.2 ANTECEDENTES SOBRE ESTABLECIMIENTO DE LAS ESPECIES	14
2.2.1 Preparación de sitio	14
2.2.2 Control de malezas	15
2.2.3 Fertilización	15
2.3 RENTABILIDAD DE LOS CULTIVOS DE <i>EUCALYPTUS</i>	16
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GENERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	19
4. MATERIALES Y METODO	20
4.1 MATERIALES	20
4.1.1 Ubicación de los ensayos y características ambientales	20
4.1.2 Descripción de los ensayos de establecimiento	20
4.1.3 Tratamientos ensayados	23
4.1.4 Antecedentes ambientales de los ensayos	24
4.2 METODO	25
4.2.1 Determinación de los efectos de las variables de establecimiento en el crecimiento inicial	25
4.2.2 Cálculo de la rentabilidad	27
5. RESULTADOS Y DISCUSION	30
5.1 SOBREVIVENCIA DE LA PLANTACION SEGÚN LOS DISTINTOS ENSAYOS	31
5.2 CRECIMIENTO DE LA PLANTACION	31
5.2.1 Crecimiento de <i>Eucalyptus globulus</i> , según zona	31
5.2.1.1 Discusión general de los resultados de crecimiento, expresado en volumen, para <i>Eucalyptus globulus</i>	39
5.2.2. Crecimiento de <i>Eucalyptus nitens</i> , según zona	40
5.2.2.1. Discusión general de los resultados de crecimiento, expresado en volumen, para <i>Eucalyptus nitens</i>	47

5.3 ANALISIS ECONOMICO	49
5.3.1. Análisis ingreso-costo y selección de las mejores alternativas económicas para <i>Eucalyptus globulus</i>	49
5.3.1.1. Discusión general de los resultados económicos expresados en VPS, para <i>Eucalyptus globulus</i>	53
5.3.2. Análisis ingreso-costo y selección de las mejores alternativas económicas para <i>Eucalyptus nitens</i>	54
5.3.2.1. Discusión general de los resultados económicos expresados en VPS, para <i>Eucalyptus nitens</i>	57
6. CONCLUSIONES	58
7. RECOMENDACIONES	58
8. BIBLIOGRAFIA	60
9. ANEXOS	64
10. APENDICES	72

INDICE DE CUADROS

Nº1. Ejemplos de resultados de evaluaciones económicas en plantaciones de <i>Eucalyptus nitens</i>	17
Nº2. Ejemplos de resultados de evaluaciones económicas en <i>Pinus radiata</i> y <i>Eucalyptus globulus</i>	18
Nº3. Ubicación de los ensayos de <i>E. globulus</i> y <i>nitens</i> estudiados	21
Nº4. Número de intervenciones aplicadas de cada tratamiento, por ensayo	24
Nº5. Características ambientales de las tres zonas según especie	24
Nº6. Características físico-químicas del suelo en los ensayos de <i>Eucalyptus globulus</i>	24
Nº7. Características físico-químicas del suelo en los ensayos de <i>Eucalyptus nitens</i>	25
Nº8. Fuente de obtención de parámetros requeridos para el cálculo de VPN, VPS y TIR	27
Nº9. Costos de establecimiento considerados según año de ejecución	30
Nº10. Supervivencia (%) de los distintos tratamientos según especie y zona de crecimiento, después de cinco años de realizada la plantación	30
Nº11. Resumen de los resultados de volumen (m ³ /ha) para <i>Eucalyptus globulus</i>	39
Nº12. Resumen de los resultados de crecimiento en volumen para <i>Eucalyptus nitens</i>	47
Nº13. Resumen de los mejores resultados económicos en VPS para <i>Eucalyptus globulus</i> , según zona, edad de cosecha y tratamiento	53
Nº14. Resumen de los mejores resultados económicos en VPS para <i>Eucalyptus nitens</i> , según zona, edad de cosecha y tratamiento	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los ensayos Estrella del Bio Bio (zona Precordillera de <i>Eucalyptus nitens</i>), El Carmen (zona Valle de <i>Eucalyptus nitens</i>), Paillaco Condesa (zona Costa de <i>Eucalyptus globulus</i>) y Llancahuito 8 (zona Valle de <i>Eucalyptus globulus</i>)	22
Figura 2. Mapa de ubicación ensayo Santa Adela (zona Sur de <i>Eucalyptus nitens</i>) y El Cacique (zona Sur de <i>Eucalyptus globulus</i>)	22
Figura 3. Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D ² H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Costa de <i>Eucalyptus globulus</i> , después de cinco años de realizada la plantación	32
Figura 4. Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D ² H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Valle de <i>Eucalyptus globulus</i> , después de cinco años de realizada la plantación	35
Figura 5. Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D ² H) y volumen, para cada tratamiento, en zona Sur de <i>Eucalyptus globulus</i> , después de cinco años de realizada la plantación	37
Figura 6. Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D ² H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Precordillera de <i>Eucalyptus nitens</i> , después de cinco años de realizada la plantación	41
Figura 7. Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D ² H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Valle de <i>Eucalyptus nitens</i> , después de cinco años de realizada la plantación	43
Figura 8. Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D ² H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Sur de <i>Eucalyptus nitens</i> , después de cinco años de realizada la plantación	45
Figura 9. Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Costa de <i>Eucalyptus globulus</i> , a los 12 y 15 años de cosecha	49
Figura 10. Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Valle de <i>Eucalyptus globulus</i> , a los 12 y 15 años de cosecha	51
Figura 11. Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Sur de <i>Eucalyptus globulus</i> , a los 12 y 15 años de cosecha	52
Figura 12. Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Precordillera de <i>Eucalyptus nitens</i> , a los 12 y 15 años de cosecha	54
Figura 13: Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Valle de <i>Eucalyptus nitens</i> , a los 12 y 15 años de cosecha	55
Figura 14. Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Sur de <i>Eucalyptus nitens</i> , a los 12 y 15 años de cosecha	56

RESUMEN

Se evalúan los efectos de las técnicas de establecimiento sobre el crecimiento en diámetro, altura y volumen en plantaciones de *Eucalyptus* a los cinco años, para tres ensayos de *E. globulus* en las zonas de crecimiento Costa, Valle y Sur y tres de *E. nitens* en las zonas Precordillera, Valle y Sur, entre las regiones VIII y X del país.

Estos ensayos fueron controlados anualmente a partir del año 1998. El diseño estadístico en cada ensayo correspondió a bloques completamente aleatorizado de tres factores (preparación de sitio, control de maleza y fertilización), con dos niveles cada uno (con y sin tratamiento) y tres repeticiones. El diseño consideró un total de 24 parcelas con 60 plantas medibles a un espaciamiento de 3,5 x 2 metros (1.429 arb ha⁻¹). El factor preparación de sitio incluyó subsolado, rastraje y formación de un camellón. El control de malezas abarcó el 100% de la superficie hasta la edad del cierre de copas. La fertilización se realizó de acuerdo a las características nutricionales del suelo en cada zona de crecimiento.

Los resultados en base al crecimiento en volumen indican que, para *E. globulus* en la zona Valle y Sur, el mejor tratamiento es el control de malezas junto a fertilización (178% y 74% superiores al testigo respectivamente) y en la costa es sólo el control de malezas (38% superior al testigo). Para *E. nitens*, en la zona Precordillera y Sur, el mejor tratamiento es preparación de sitio junto a fertilización (28% y 49% superiores al testigo) y en el Valle es preparación de sitio junto a control de malezas y fertilización (37% superior al testigo).

La mayor rentabilidad para *Eucalyptus globulus* se obtiene a los 12 años en la zona Costa con el tratamiento control de maleza (M) con un VPS de 3.094 US\$/ha. y para *Eucalyptus nitens* en la zona Precordillera con el tratamiento preparación de sitio (S) con un VPS de 1.840 US\$/ha, a la misma edad.

Palabras claves: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, establecimiento, crecimiento, rentabilidad.

ABSTRACT

The effects of the establishment techniques over the growth in diameter, height and volume in *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus nitens* plantings in a period of time of five years, are evaluated for different zones of growth between the VIII and the X region of the country.

Three experiments for *E. globulus* were installed in the zones of growth Coast, Valley and South, and three for *E. nitens* in the zones Precordillera, Valley and South. These were controlled annually since the year 1998. The statistical design in each experiment corresponded to completely aleatorized blocks of three factors: planting site preparation, weeding and fertilization, with two levels each one (with and without treatment) and three repetitions. It considered a total of 24 parcels, with sixty plants to be measured in a 3.5 x 2 meters spacing (1429 tr he⁻¹). The planting site preparation factor includes sub paving, dragging and mounding. The weeding contained 100 percent of the surface until the age of closing of the treetops. The fertilization took place according to the nutritional characteristics of the soil in each zone of growth.

The results, based on the growth in volume, indicate that for *E. globulus* in the zones Valley and South the best treatment is weeding along with the fertilization (178 percent and 74 percent over the control plot, respectively), while in the Coast only the weeding is necessary (38 percent over the control plot). For *E. nitens*, in the zone Precordillera and South, the best treatment is the planting site preparation along with the fertilization (28 percent and 49 percent over the control plot), and in the Valley is the planting site preparation along with the weeding and the fertilization (37 percent over the control plot).

The results with a bigger profitability for *Eucalyptus globulus* are obtained after 12 years on the Coast zone with the weeding treatment (M), with a VPS of 3.094 US\$ he⁻¹. On the other hand, for *Eucalyptus nitens* on the Precordillera zone with the planting site preparation treatment (S) and a VPS of 1.840 US\$ he⁻¹ at the same age.

Key words: *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus nitens*, establishment, growth, profitability.

1. INTRODUCCION

En Chile, la superficie plantada con eucalipto se ha incrementado notoriamente durante los últimos años, constituyendo hoy una alternativa real para la reforestación en la zona central, así como para el establecimiento de bosques de rápido crecimiento y altos rendimientos en la zona centro sur y sur. Sus cualidades para la producción de pulpa han facilitado el establecimiento de bosques desde la IV hasta la X región, concentrándose fundamentalmente en la VIII región (Bonilla y Bonomelli, 2000).

El creciente interés por las especies del género *Eucalyptus* está dado por su corta rotación, la posibilidad de generar y comercializar productos de dimensiones pequeñas y satisfacer las tendencias del mercado de la pulpa de fibra corta (Kraft), que se utiliza como un suplemento a la fibra de pino radiata (González y Parra, 1993).

Una vez seleccionada la especie y el material genético más adecuado al sitio de plantación, la aplicación de tratamientos culturales en función de las características del sitio, es uno de los principales factores que influyen en el crecimiento de los árboles. Estos tratamientos culturales deben ser intensificados cuando se trata del establecimiento de plantaciones con especies del género *Eucalyptus*. Dentro de éstos, la fertilización es una práctica común para suplir las deficiencias propias del sitio y satisfacer a su vez las exigencias de la especie. La fertilización del sitio en conjunto con la preparación de suelo y aplicación de herbicidas, permite elevar las tasas de crecimiento inicial de las plantaciones (Sánchez *et al.*, 1999).

Sin embargo, estos tratamientos también encarecen los costos, por lo que para cualquier empresa es adecuado el analizar la relación entre crecimiento y costo para determinar el mejor tratamiento a aplicar, ya que el costo de establecimiento es uno de los principales factores que inciden en la rentabilidad del negocio forestal.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 ANTECEDENTES GENERALES DE LAS ESPECIES

En su país de origen (Australia), los eucaliptos crecen tanto en la parte norte, con climas tropicales y subtropicales, con lluvias de carácter estival, hasta la parte sur y la Isla de Tasmania, con climas templados fríos y precipitaciones invernales. Altitudinalmente se distribuyen entre el nivel del mar y unos 2000 m sobre éste (Barros y Prado, 1999).

En Chile, las especies del género *Eucalyptus* están en casi todo el país. La especie más importante, *Eucalyptus globulus* spp. *globulus*, se ha plantado en el centro y sur del país; *Eucalyptus nitens* se ha destinado a las más frías y *E. camaldulensis* en la zona centro norte (Jayawickrama, *et al.*, 1993).

A diciembre 2006, en Chile había 585.078 ha plantadas de *Eucalyptus*. En el último trienio del que se tiene estadísticas (2004-2006), la plantación de *Eucalyptus* alcanzó 52, 56 y 59 mil hectáreas/año, con un 60 y un 30 por ciento de *E. globulus* y *E. nitens*, respectivamente (INFOR, 2006; Corma, 2007).

Respecto de la disponibilidad volumétrica de *Eucalyptus* se estima que para el 2007 en Chile existirá una disponibilidad de 6.947.200 m³ de *Eucalyptus globulus* y 5.288.957 m³ de *Eucalyptus nitens*, proyección que llegaría a 9.437.748 y 5.678.891 m³ respectivamente al año 2025 (Corma, 2007).

Por otra parte en lo que dice relación al crecimiento, el INFOR (2003) ha señalado que en promedio *E. nitens* puede llegar a 35 m³ por hectárea y año, mientras que *E. globulus* crece a razón de 25 m³/ha anuales. Ambos crecen más en el mismo período que el pino radiata (20 m³/ha/año).

Además sabemos que *E. globulus* tiene mayor densidad (400-610 kg/m³) que *E. nitens* (424-524 kg/m³) (Molina, 1996). Y que a igual volumen, la mejor aptitud pulperable de *E. globulus* significa una mayor producción de celulosa por hectárea a costos similares (Rodríguez, 2003).

Respecto de Chile, estudios de INFOR (2006), muestran que los mejores crecimientos de Eucaliptos se dan en la costa de la VIII Región, particularmente en Antiquina (al sur de Cañete) y en la Leonera (norte de Dichato), donde se han alcanzado incrementos de 58 y 76 m³/ha/año, respectivamente. Otros interesantes crecimientos se han observado en suelos trumao de precordillera (serie Santa Bárbara VII a IX Región) y en suelos profundos de la X Región, con silvicultura intensiva.

2.1.1 *Eucalyptus globulus*

Eucalyptus globulus se ha plantado en una amplia gama de suelos, obteniéndose los mejores crecimientos en suelos profundos areno-arcillosos. Sin embargo, se han presentado buenos crecimientos en suelos franco-arcillosos, siempre que estén bien drenados. Otro factor de consideración es el pH del suelo el cual debe ser preferentemente ácido (menor a 5), (FAO, 1981). Los principales factores limitantes del suelo son: insuficiente profundidad, el mal drenaje, salinidad, y la presencia de un alto contenido de carbonatos asimilables, sin embargo, donde las condiciones climáticas son favorables, se registran buenos comportamientos sobre suelos delgados y a veces pedregosos, especialmente si se practica un subsolado. En la limitación de su desarrollo, los factores edáficos son, por lo general, menos importantes, que los climáticos (FAO, 1981).

E. globulus es muy sensible a las heladas, en forma especial durante los dos primeros años, soportando entre 5 y 30 heladas por año. Por ello, se recomienda efectuar la plantación al inicio de la primavera para evitar así el efecto de las heladas tardías. Cabe señalar que en las zonas costeras este fenómeno es menos frecuente, pero en mayores altitudes éstas pueden presentarse hasta más de 70 veces al año y, además, las precipitaciones pueden registrarse ocasionalmente en forma de nieve (Brinkmann, 1992).

La temperatura más favorable para la especie se sitúa entre los 10° a 15° C, como media anual, con límites de -4,5° y 40,5°C para las extremas absolutas, por cortos períodos de tiempo (Brinkmann,1992). Las precipitaciones deben estar entre 600 y 2500 mm, con humedades relativas entre 73 y 81%. Esto implica que esta especie no debe sobrepasar los 7 meses secos.

En general según datos de INFOR-CORFO (2004), *E. globulus* puede ser plantado desde la V a la X regiones, estando esta área sólo restringida por la presencia de heladas.

Respecto a los usos que se ha dado a *E. globulus*, éste se ha usado como materia prima para obtener celulosa de fibra corta, apta para la fabricación de papeles para impresión y también muy apreciado para la elaboración de pulpa (INFOR, 2003).

2.1.2 *Eucalyptus nitens*

Eucalyptus nitens es la especie de mayor expansión en el sur de Chile. La especie se ha desarrollado bien en variados tipos de suelos, especialmente en aquellos que presentan horizontes arcillosos profundos, aunque también se desarrolla en suelos limosos húmedos; suelos extremadamente pesados limitan su desarrollo. La especie ha alcanzado su mejor desarrollo en suelos con buen drenaje, aunque también acepta suelos con drenaje intermedio. En su distribución original se encuentra en suelos razonablemente bien drenados y con pH ligeramente ácido (5-6) (Gerding *et al.*, 2001;INFOR-CORFO, 2004).

Se desarrolla bien con precipitaciones entre 800 y 3000 mm, humedades relativas superiores a 75% y temperaturas medias entre 10 y 15,5 °C. Por su parte, los meses secos no deben superar los 5 meses.

Otros antecedentes indican que en áreas donde las temperaturas pueden llegar a -12°C y donde frecuentemente cae nieve, esta especie es capaz de crecer, soportando entre 50 y 150 heladas por año. Presenta un rápido crecimiento y adaptabilidad a diferentes sitios, lo que junto con las propiedades deseables de su pulpa, la han convertido en una especie ampliamente difundida. Las tasas de crecimiento más altas han sido observadas en las costas de la VIII Región (Jayawickrama, 1993). En Chile, las mayores plantaciones de esta especie se han encontrado en las regiones VIII, IX y X, sobre todo en suelos donde *E. globulus* ha evidenciado problemas de adaptación (INFOR-CORFO, 2006).

Por otra parte, en el último tiempo se ha visto para *E. nitens* un alto potencial para su uso no sólo en la elaboración de pulpa, sino que también en manufacturas de mayor valor agregado, como muebles, paneles, molduras y chapas (INFOR, 2003).

2.2 ANTECEDENTES SOBRE ESTABLECIMIENTO DE LAS ESPECIES

2.2.1 Preparación de sitio

La preparación de sitio, como técnica de establecimiento intensiva, ha sido recomendada para lograr buenos resultados en el desarrollo inicial de plantaciones de eucalipto. Su efecto es de larga duración, teniendo mayor incidencia en el desarrollo que en la supervivencia de las plantas (Ñancuvilu, 1995).

Los objetivos de la preparación de sitio están insertos en la silvicultura intensiva del *Eucalyptus* y cuyos beneficios son básicamente mejorar la infiltración del suelo, su aireación y retención de humedad, reducir la compactación del suelo y permitir un rápido desarrollo radicular (Holmberg, 1992).

En la preparación de sitio ha tenido gran importancia el subsolado y el rastraje de discos. Se define el subsolado como la acción de romper el suelo en profundidad, fracturando capas de suelo de alta densidad y capas de concreciones con el objetivo de facilitar el libre desarrollo radicular, aumentando la capacidad de retención de agua y la velocidad de infiltración, debido a que se reduce la densidad y aumenta la porosidad de los horizontes del subsuelo. El subsolado siempre debe ser acompañado con otro tratamiento de suelo superficial o con algún método de control de competencia. Además, el subsolado puede tener efectos negativos en el desarrollo radicular. La raíz puede desarrollarse en un plano, en el mismo sentido del subsolado, lo cual disminuye la resistencia de los árboles al viento (Barros y Prado, 1989; Durán, 1995; Ibáñez *et al.*, 2004). El rastraje tiene por objetivo romper los terrones formados por el paso del subsolador y eliminar las bolsas de aire ocasionadas por la fractura del suelo (Durán, 1995). Actualmente la utilización de maquinaria que combina una púa de subsolado ajustable más el discado proporciona una manipulación de suelos más completa en un solo paso, reduciendo el costo y la compactación del suelo (Ibáñez *et al.*, 2004).

Rarere (1995) ha señalado que una de las técnicas de preparación mecánica de suelo con mayor éxito en Nueva Zelanda es el subsolado con formación de un camellón (ripping-mounding), el cual rompe concreciones y disminuye la compactación del suelo, facilitando la penetración en profundidad de las raíces. Además, esta técnica disminuye los costos de plantación, aumenta el crecimiento de los árboles y mejora el acceso a la plantación.

El mejoramiento de las condiciones de suelo, tanto físicas como nutricionales, junto a la eliminación de malezas permite aprovechar mejor la potencialidad del sitio para el desarrollo de las plantaciones. Se ha demostrado que una buena preparación del suelo proporciona un mayor crecimiento de las plantas en altura, reduciendo la necesidad de otros tratamientos (Prado y Wrann, 1988).

2.2.2 Control de malezas

El control de la competencia es muy importante en el establecimiento de las especies del género *Eucalyptus*. Debe ser efectuado hasta que el dosel se encuentre totalmente cerrado (Ñancuvilu, 1995).

Para Schönau et al. (1981), los objetivos del control de malezas son, favorecer la supervivencia de las plantas a través de la eliminación de la competencia y aumentar la productividad de la plantación, disminuyendo la competencia por luz, agua y nutrientes.

El control de malezas, se puede realizar en banda de 2 metros con el objeto de asegurar la supervivencia de las plantas (Rodríguez, 1994) y evaluar el efecto de la fertilización, ya que ésta sólo se debe realizar asociada a un efectivo control de malezas, de lo contrario, las malezas crecerán rápidamente en desmedro de la plantación (Agriculture Western Australia, 1997).

Al respecto, Kogan y Figueroa (1999), han señalado que la intensidad de control de malezas requerida durante la segunda temporada de crecimiento del pino radiata debe ser al menos la banda de plantación (1+1 m), esto debido a que al no controlar las malezas durante la segunda temporada de crecimiento las pérdidas de biomasa pueden ascender hasta un 65%, a pesar que se realice un excelente control de malezas en la primera temporada. Situación similar a la que ocurre con Eucalipto (INFOR, 2006).

2.2.3 Fertilización

Hasta el año 2000 se venían fertilizando anualmente en Chile alrededor de 40 mil hectáreas de eucalipto, lo cual, combinado con un control óptimo de malezas, ha aumentado en forma significativa la productividad de las plantaciones (Bonilla y Bonomelli, 2000).

La aplicación de fertilizantes debe necesariamente considerar los factores de cada sitio en particular, donde variaciones en el tipo de suelo, clima y vegetación regulan la efectividad del tratamiento aplicado. Estas aplicaciones, generalmente, se realizan al momento del establecimiento como una fertilización de apoyo o para corregir problemas de fertilidad. En este contexto, la conformación de la cubierta vegetal, asociada al uso anterior del suelo juega un importante papel, regulando la interacción entre los fertilizantes aplicados y los requerimientos de la especie (Sánchez-Olate, *et al.*, 1999; Ibáñez *et al.*, 2004).

En un sitio con suficiente disponibilidad de agua, el efecto de la fertilización es el de acelerar el crecimiento, lo que finalmente permite realizar rotaciones en períodos más cortos. En ecosistemas, donde las condiciones climáticas mantienen la humedad del suelo en niveles suficientes, probablemente el bajo suministro de nutrientes en el suelo sea limitante, en cuyo caso se justifica el aporte de ellos a través de la fertilización, a la espera de una respuesta significativa en productividad (Bonilla y Bonomelli, 2000).

En el caso particular de los nutrientes, es necesario recalcar que el desarrollo sostenible de una plantación debe evitar empobrecer los suelos, para lo cual al menos se deberían retornar los nutrientes que se exportan del ecosistema (Bonilla y Bonomelli, 2000).

Según Calderón (1991), en la zona costera-sur de la provincia de Concepción, cuando *E. globulus* es plantado con un espaciamiento de 3x3m y se trata el sitio inicialmente con herbicida y fertilizante, en los tres primeros años de establecimiento, la ganancia volumétrica por hectárea, proyectada al año 10, es de un 107,3%. Este aumento es de 115,2% cuando la proyección se hace al año 15. Este incremento se debe al marcado efecto de la preparación de sitio, en el crecimiento y la supervivencia cuando las plantas son más vulnerables.

Por su parte, Bonomelli y Suárez (1999), en plantaciones de *Eucalyptus* en la VIII Región, han señalado que en el tercer año, en la Precordillera Andina el efecto de la fertilización en la acumulación de biomasa, en términos porcentuales, es alrededor de un 30% y en el Valle Central y en la Costa cercano al 50%. Cabe destacar, que la Precordillera presenta además la ventaja de la mayor disponibilidad de agua.

2.3 RENTABILIDAD DE LOS CULTIVOS DE EUCALYPTUS

Actualmente el principal producto del Eucalipto, es la pulpa química blanqueada, la que tiene un valor promedio de 476 US\$FOB/t al año 2008 (Infor, 2008). La materia prima para la elaboración de este producto, se obtiene de la madera, en la unidad de comercialización llamada metro ruma. El metro ruma actualmente puesto en Concepción y para *E. globulus*, tiene un valor promedio de US\$57 (\$31.000), en marzo de 2008 (Diguillin, 2008).

Según Calderón (1991), el análisis económico marginal del mejor tratamiento debería representar también la mejor solución económica. Aunque el mismo ha señalado, que no siempre lo es. Hay ocasiones en que la reducción de costos de un tratamiento es suficientemente importante como para contrarrestar un incremento volumétrico menor. En el caso particular de *E. globulus* en la zona costera-sur de Concepción, la aplicación de fertilizante es el tratamiento de menor costo, además de ser el de mayor incremento volumétrico. Por lo tanto es la solución económica marginal más eficiente.

En las plantaciones espaciadas 3x3m el tratamiento de mayor rendimiento volumétrico ha resultado ser el que combina el uso de herbicida y fertilizante, situación que no ha diferido de los resultados alcanzados en el resto del país. Aún cuando el uso de fertilizante sin herbicida produce un volumen levemente menor, y de menor costo, tiene potencial para ser el más económico (Calderón, 1991).

Algunos estudios económicos encontrados para las dos especies de *Eucalyptus* estudiadas, además de *Pinus radiata*, se presentan en forma resumida a continuación en los cuadros N°1 y N°2. Donde se encuentran valores de VPN, VPS y TIR, según especie, región o IS (índice de sitio), edad de cosecha y tasa de descuento.

Cuadro N°1. Ejemplos de resultados de evaluaciones económicas en plantaciones de *Eucalyptus nitens*.

Autor y Año	Especie	Región o IS (*)	Edad de Cosecha (años)	Tasa (%)	VPN (US\$)	VPS (US\$)	TIR (%)
Zapata, 2001	<i>Eucalyptus Nitens</i>	VIII Precord.	10	8	2.310	-	-
Zapata, 2001	<i>Eucalyptus nitens</i>	VIII Valle	10	8	740	-	-
Zapata, 2001	<i>Eucalyptus nitens</i>	X Sur	10	8	1.530	-	-
Brinkmann, 1992	<i>Eucalyptus nitens</i>	IX y X	10	9	1.011	-	-
Brinkmann, 1992	<i>Eucalyptus nitens</i>	IX y X	10	15	376	-	-
Infor, 2004	<i>Eucalyptus nitens</i>	IS 25	10	8	-226	-422	5.5
Infor, 2004	<i>Eucalyptus nitens</i>	IS 35	10	8	483	900	12

*IS= Índice de sitio.

Cuadro N°2. Ejemplos de resultados de evaluaciones económicas en *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus*.

Autor y Año	Especie	Región o IS (*)	Edad de Cosecha (años)	Tasa (%)	VPN (US\$)	VPS (US\$)	TIR (%)
Infor-Conaf, 2004	<i>P. radiata</i>	VI	17	8	777	-	-
Infor-Conaf, 2004	<i>P. radiata</i>	VI	17	10	368	-	-
Infor-Conaf, 2004	<i>P. radiata</i>	VI	17	12	100	-	-
Brinkmann, 1992	<i>E. globulus</i>	R.M., V o VI	10	9	1.093	-	-
Brinkmann, 1992	<i>E. globulus</i>	R.M., V o VI	10	12	724	-	-
Brinkmann, 1992	<i>E. globulus</i>	R.M., V o VI	10	15	453	-	-
Infor, 2004	<i>E. globulus</i>	IS 28	10	8	1.113	2.073	16.1
Rodríguez, 2003	<i>E. globulus</i>	VIII Valle	9	10	-	2710	
Rodríguez, 2003	<i>E. globulus</i>	VIII Valle	9	10	-	3100	
Rodríguez, 2003	<i>E. globulus</i>	VIII Valle	10	10	-	2164	
Zapata, 2001	<i>E. globulus</i>	VIII Costa	10	8	4.020	-	-
Zapata, 2001	<i>E. globulus</i>	IX Valle	10	8	2.550	-	-
Zapata, 2001	<i>E. globulus</i>	X Sur	10	8	2.400	-	-
Muñoz, 2004	<i>E. globulus</i>	VIII Costa	10	8	934	3240	11.4
Muñoz, 2004	<i>E. globulus</i>	VIII Costa	10	8	477	2390	9.6%

*IS= Índice de sitio

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar los efectos de las variables de establecimiento en el crecimiento y la rentabilidad de plantaciones de *E. globulus* y *E. nitens* en diferentes zonas del sur de Chile.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar los efectos de la preparación de sitio, el control de malezas y la fertilización en el crecimiento (medido como altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y volumen (m³/ha)) a los cinco años de edad.

Estimar la rentabilidad de las plantaciones de *E. globulus* y *E. nitens* en diferentes zonas del sur de Chile, según distintos tipos de establecimiento inicial de la plantación.

4. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 MATERIALES

4.1.1 Ubicación de los ensayos y características ambientales

La ubicación geográfica de los ensayos, está de acuerdo a la zonificación empleada por el Proyecto Modelo de Simulación de Eucalipto (Universidad de Concepción). Ésta abarca desde la Región VIII a la X (actualmente incluyendo la nueva región XIV), de acuerdo a las características edafoclimáticas y distribución de las plantaciones, y consideran las siguientes zonas de crecimiento: costa, valle, precordillera y sur.

En el Cuadro N°3 se presenta la ubicación y una descripción según especie, año de plantación, altitud y uso anterior del suelo, para cada ensayo.

4.1.2 Descripción de los ensayos de establecimiento

Los ensayos evaluados en esta memoria pertenecen a la red del Proyecto Modelo de Simulación de Eucalipto (coordinado por Universidad de Concepción y financiado por varias empresas Forestales), los cuales fueron instalados los años 1998-1999 con plantas de *E. globulus* y *E. nitens* obtenidas de áreas productoras de semillas del proyecto. Las mediciones de los ensayos fueron hechas por las empresas del proyecto y facilitadas para esta memoria a través de la Empresa Forestal Arauco S.A.

Los ensayos poseen un diseño estadístico que corresponde a un diseño de bloques completamente aleatorizado de tres factores (control de maleza, fertilización y preparación de suelo) y dos niveles cada uno (con tratamiento y sin él), con un total de 8 tratamientos con tres repeticiones (24 parcelas).

Cada parcela contenía 60 plantas medibles más una zona de transición (buffer). El espaciamiento de todos los ensayos fue 3,5 x 2 metros (1.429 arb/ha). Con este diseño se realizó el análisis estadístico especificado en el punto 4.2.2.

Cada ensayo fue medido al momento de su instalación (1998 o 1999 dependiendo del ensayo) y luego anualmente (1999 a 2003 o 2004 según el ensayo). Las variables medidas en todos los árboles fueron: altura total, medida los primeros años con vara y luego con hipsómetro, y el DAP (diámetro a la altura del pecho, 1.3 m) medido los primeros años con pie de metro y luego con forcípula.

Se analizaron seis ensayos de establecimiento, a los cuales se aplicaron ocho tratamientos distintos los que se presentan en el punto 4.1.3.

Cuadro N°3. Ubicación de los ensayos de *E. globulus* y *nitens* estudiados.

Ensayo	Especie	Zona	Comuna	Región	UTM N	UTM S	Año Plantación	Altitud (msnm)	Índice de sitio (IS)
Paillaco Condesa	<i>E. globulus</i>	Costa	Tirúa	VIII	5762190	635365	1998	160	28
Llancahuito 8	<i>E. globulus</i>	Valle	Nueva Imperial	IX	5703182	674280	1998	60	24
El Cacique	<i>E. globulus</i>	Sur	Purranque	X	5461630	625880	1998	250	20
Estrella del Bio Bio	<i>E. nitens</i>	Precordillera	Santa Bárbara	VIII	5819856	783375	1999	446	33
El Carmen	<i>E. nitens</i>	Valle	Mulchén	VIII	5827450	743820	1998	181	24
Santa Adela	<i>E. nitens</i>	Sur	Máfil	X	5598500	684266	1998	70	27

Fuente: Forestal Arauco S.A. (2001).

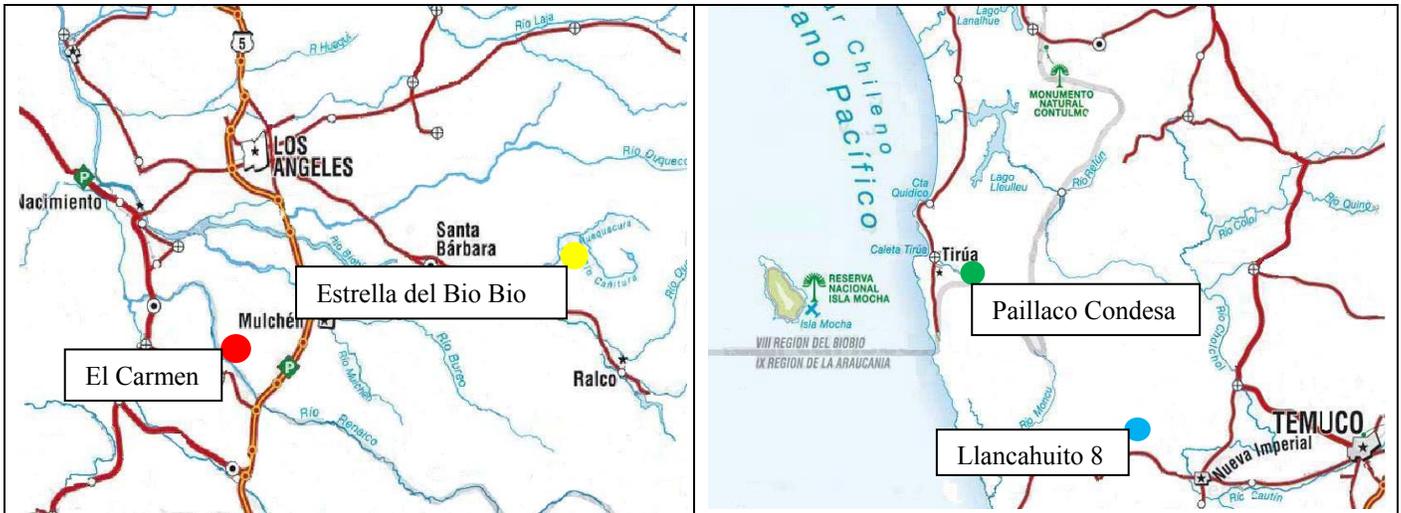


Figura 1. Mapa de ubicación de los ensayos Estrella del Bio Bio (zona Precordillera de *Eucalyptus nitens*), El Carmen (zona Valle de *Eucalyptus nitens*), Paillaco Condesa (zona Costa de *Eucalyptus globulus*) y Llancahuito 8 (zona Valle de *Eucalyptus globulus*).

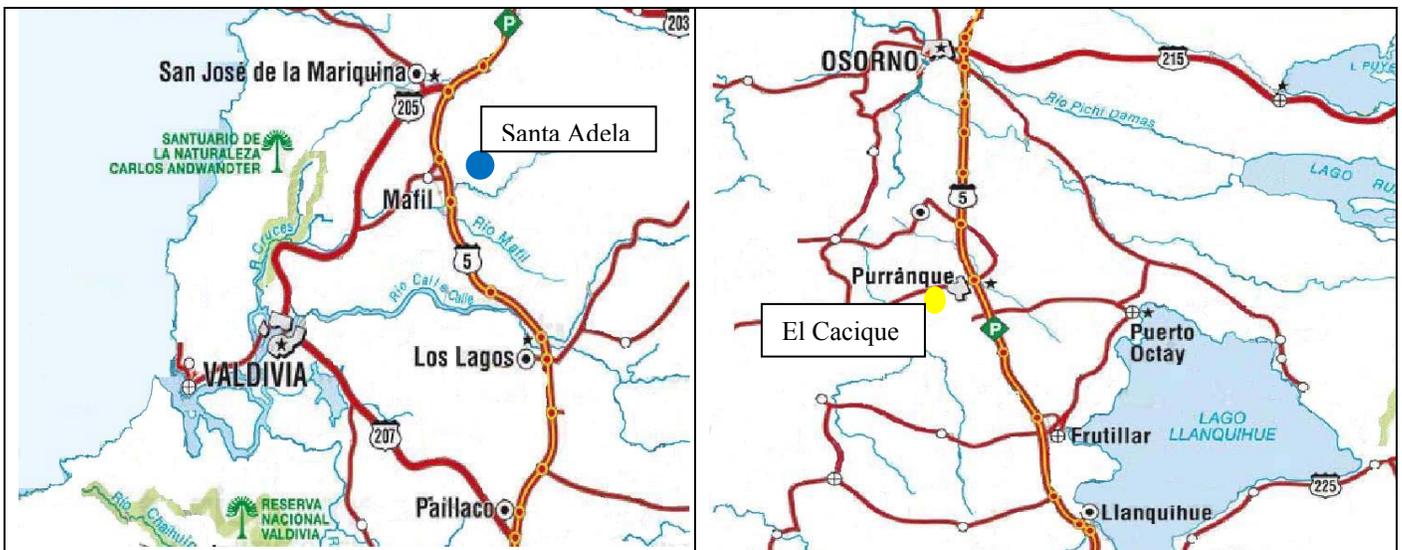


Figura 2. Mapa de ubicación ensayos Santa Adela (zona Sur de *Eucalyptus nitens*) y El Cacique (zona Sur de *Eucalyptus globulus*).

4.1.3 Tratamientos efectuados

Los tratamientos ensayados fueron:

T: Testigo (*).

M: Control de malezas (100% de la superficie).

F: Fertilización (productiva) (*).

S: Preparación de sitio (subsulado, rastraje y formación de un camellón) (*).

FS: Fertilización y preparación de sitio (*).

MS: Control de malezas y preparación de sitio.

MF: Control de malezas y fertilización.

MFS: Control de malezas, fertilización y preparación de sitio.

(*): Estos tratamientos consideraron control de malezas en banda de 2 m de ancho, el primer año.

Las prescripciones de los controles de malezas y de las fertilizaciones aplicadas en cada uno de los ensayos, corresponden en cada caso a lo que operativamente realiza la empresa propietaria del terreno. Por esto, el número de intervenciones y, los productos y dosis aplicadas, varían de un ensayo a otro.

Control de malezas: se realizó en todos los ensayos y parcelas, un control de malezas en fajas de 2 m. El control de malezas del 100% de la superficie hasta el cierre de copas (3 años aproximadamente.), se realizó en todos los ensayos con control de malezas como tratamiento principal (MS; MF y MFS). En este caso las intervenciones dependieron de la cantidad y el tipo de malezas que existían en cada localidad de ensayo.

Fertilización productiva: se realizó al momento de la plantación en todos los ensayos, en las parcelas correspondientes, salvo en el ensayo Costa de *Eucalyptus globulus* en el que se realizó una segunda aplicación una vez instalada la plantación.

Preparación de sitio: el subsulado a 80 cm. de profundidad, rastraje y formación de un camellón al pasar el subsolador, se realizaron entre fines del verano – comienzos del otoño en todos los ensayos, en las parcelas correspondientes al tratamiento a excepción de la zona Precordillera de *Eucaliptus nitens* ejecutado a comienzos de invierno. El detalle de las actividades de establecimiento para cada zona se presenta en el Anexo I.

Cuadro N°4. Número de intervenciones aplicadas de cada tratamiento, por ensayo.

Ensayo/Tratamiento	Preparación de sitio	Control de malezas	Control de malezas	Fertilización
		Preplantación	Postplantación	
<i>E.globulus</i> – Costa	1	2	2	2
<i>E.globulus</i> – Valle	1	3	4	1
<i>E.globulus</i> – Sur	1	2	4	1
<i>E.nitens</i> – Precordillera	1	2	2	1
<i>E.nitens</i> – Valle	1	3	4	1
<i>E.nitens</i> – Sur	1	1	3	1

4.1.4 Antecedentes ambientales de los ensayos

A continuación se presentan tres cuadros, donde se presentan las características ambientales del ensayo y las físico-químicas del suelo.

Cuadro N°5. Características ambientales de las tres zonas según especie.

Variable	<i>Eucalyptus globulus</i>			<i>Eucalyptus nitens</i>		
	Sur	Valle	Costa	Sur	Valle	Precordillera
Precipitación total anual (mm)	1.542	1.342	1.261	2.139	1.354	1.389
T° media anual (°C)	10.9	12.1	11.7	12.5	12.2	11.6
T° mínima (°C)	3	4.1	6.2	3.3	4.1	3.9
Meses secos	0	3	4	2	5	5
Humedad relativa (%)	-	79	82	-	76	77
N° de heladas anuales	-	14	2	-	13	18

(Adaptación de Santibáñez, 1993 y Novoa, 1989)

Cuadro N°6. Características físico-químicas del suelo en los ensayos de *Eucalyptus globulus*.

Ensayo	Densidad ap.(g/cm ³)	Humedad aprovechable . (%)	Carbono orgánico. (%)	pH	Suma bases (Meq/100g)	CIC (Meq/100g)	Textura del Suelo
Sur	0,9	17,5	3,0	5,6	8,6	38,0	Limo-arcilloso
Valle	1,1	7,2	3,0	6,2	12,7	32,6	Arcilloso
Costa	-	-	-	-	-	-	Arcilloso

Series de suelo: Zona sur – *E.globulus* = serie Corte Alto. Zona Valle - *E.globulus* = serie Nueva Imperial. Zona Costa - *E.globulus* = No reconocida (CIREN, 1999; CIREN, 2001 y Tosso, 1985).

Cuadro N°7. Características físico-químicas del suelo en los ensayos de *Eucalyptus nitens*.

	Densidad ap.(g/cm ³)	Humedad aprovechable (%)	Carbono orgánico (%)	pH	Suma bases (Meq/100g)	CIC (Meq/100g)	Retención P (%)	Textura del Suelo
Sur	0,7	16,0	4,7	5,6	2,0	32,9	97,3	Franco-limoso
Valle	1,1	9,3	2,2	5,9	9,5	26,6	59,5	Arcilloso
Pre-cordillera	0,9	24,5	2,9	6,5	9,0	40,0	98,1	Limo-arcilloso

Series de suelo: Zona sur – *E.nitens* = serie Llastuco. Zona Valle - *E.nitens* = serie Collipulli. Zona Precordillera - *E.nitens* = Santa Bárbara (CIREN, 1999; CIREN, 2001 y Tosso, 1985).

4.2 METODO

4.2.1 Determinación de los efectos de las variables de establecimiento en el crecimiento inicial.

Obtención y depuración de datos: A partir de las bases de datos entregadas por la empresa Forestal Arauco se realizó una depuración de los datos dejando solo los campos que se ocuparían en la memoria. Estos fueron: el indicador del ensayo, número de bloque, número de parcela, identificador de árbol individual, altura total (cm) y DAP (mm). Además, se eliminaron todos los árboles nuevos que se hubiesen generado vegetativamente con posterioridad al año de plantación. Todo esto se realizó para cada uno de los seis ensayos.

Cálculo de medias e índice de fitomasa: Se calcularon las medias de las variables altura total y DAP, además se calculó el índice de fitomasa (D^2H) en m³ (con el DAP y la altura en metros) y su media. Todos los cálculos se hicieron para el año 5 (2003 o 2004 dependiendo del ensayo), por tratamiento, en cada ensayo.

Cálculo de volumen: El volumen total (m³/ha) se calculó a los 5 años, para cada tratamiento, mediante el simulador de crecimiento Eucasim 4.3. Para estos fines se calculó el área basal (AB) por hectárea para cada uno de los tres bloques de cada ensayo. Esta unida a los campos indicador de predio, bloque, parcela, zona de crecimiento, superficie (en este caso en ha), edad actual (5 años), edad final (15 años), densidad (1.429 arb/ha), altura, esquema de trozado (en este caso pulpable 2.44) y especie (por ensayo), se envió a las oficinas del Modelo de simulación de *Eucalyptus* en la Universidad de Concepción, donde se calcularon los volúmenes a los 5, 12 y 15 años. El simulador entregó las tablas de rodal con los volúmenes por parcela, para cada bloque de cada ensayo de crecimiento y de esta tabla se eligió el volumen que cumplía con la condición de diámetro mínimo 10 cm.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de covarianza, con las variables Altura total, DAP y Volumen total, ingresando la covariable tamaño inicial de las plantas. Este análisis señaló que el agregar la variable tamaño inicial de las plantas, no es relevante, por lo que se realizó un análisis de varianza tradicional. Luego se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan con $\alpha=0,05$, para todas las variables (DAP, altura, D²H y volumen) y así determinar los mejores tratamientos.

Análisis de crecimiento: Con los datos obtenidos se hicieron comparaciones de crecimiento para cada especie (*E. nitens* y *E. globulus*). Estas se realizaron por zona de crecimiento según tratamiento.

Sobrevivencia: Se sumaron los árboles sobrevivientes a los cinco años, de las tres parcelas con el mismo tratamiento por ensayo. Luego se calculó el porcentaje a que corresponde respecto del total sin muertes. A este porcentaje se aplicó la transformación de Bliss ($\arcsen\sqrt{\%}$) para normalizar los datos, dejando así el porcentaje final a analizar.

4.2.2 Cálculo de la Rentabilidad

Para el cálculo de la rentabilidad se consideraron como indicadores el VPN, VPS y TIR.

En el cuadro 8 se presenta la fuente de obtención de los parámetros requeridos para el cálculo del VPN, VPS y TIR, según datos proporcionados por la empresa Forestal Arauco S.A. y/o obtenidos de INFOR.

Cuadro N°8. Fuente de obtención de parámetros requeridos para el cálculo de VPN, VPS y TIR.

Parámetros	Método de obtención
Ingresos por cosecha	Se estimaron considerando el producto obtenido como materia prima pulpable. Se consideró un diámetro mínimo de 10 cm y su precio, diferenciado por especie, de acuerdo a los valores de mercado interno al 2006.
Costos de establecimiento	Incluyó todos los costos incurridos hasta los 2 años de edad, considerando: roce – quema, plantación, preparación de sitio, controles de maleza. Según costos estándares de la empresa Forestal Arauco S.A. (ver detalle en cuadro N°9).
Costos de administración	Se consideró, para todos los ensayos por igual, un costo anual por concepto de administración. Según costos estándares de la empresa Forestal Arauco S.A.
Costos de cosecha	Se consideró un costo fijo por volumen en m ³ , según precios de Infor (2006).
Tasa de descuento	Se consideró un valor de 4, 8 y 12%
Tabla de rendimientos volumétricos según tratamiento	Se utilizó el Simulador de Crecimiento Eucasim 4.3, con parámetros obtenidos en terreno por Forestal Arauco S.A., según especie y zona de crecimiento. Calculándose el volumen de cosecha a los 12 y 15 años.

Cuadro N°9. Costos de establecimiento considerados según año de ejecución.

Actividad	Año	US\$/ha
Roce	0	138
Quema	0	18
Plantación	0	68
Preparación de sitio	0	51
Control de maleza	0	88
Control de maleza postplantación	0 al 2	88
Fertilización	0	103
Costos anuales de administración por ha	1 al 15	50
Asistencia técnica	1 y 15	30
Otros costos	0	43

Fuente: Estadísticas de costos de faenas, Forestal Arauco S.A.

Costos de cosecha y transporte: Según antecedentes de INFOR (2006), se empleó un costo de 15,7 US\$/m³ ssc como valor promedio unitario, el cual considera un costo de cosecha y carguío por 7,2 US\$/m³ y 8,5 US\$/m³ para transporte asumiendo un flete corto de 5 Km. y un flete largo de 80 Km. desde el bosque al centro de consumo como promedio.

Precio de los productos: Se asumieron precio de rollizos puestos en planta con un precio de 33 US\$/m³ ssc (Diguillín, 2006) para *Eucalyptus globulus* y un precio de 23,4 US\$/m³ ssc (INFOR, 2006) para *Eucalyptus nitens*.

Valor madera en pie: Se calculó como la diferencia del precio del metro cúbico de cada especie menos el costo total de transporte. Es decir para *E. globulus* al precio de 33 US\$/m³ se le restó el costo de transporte 15,7 US\$/m³ quedando un valor de madera en pie de 17,3 US\$/m³, para *E. nitens* al precio de 23,4 US\$/m³ se restó el de transporte 15,7 US\$/m³ obteniéndose un valor de madera en pie de 7,7 US\$/m³.

Ingreso por madera pulpable: Este se obtuvo multiplicando el valor de la madera en pie de cada especie por el volumen proyectado de cada tratamiento en cada ensayo a la edad de cosecha correspondiente.

Cálculo de VPN: Se realizó un flujo de fondos (para cada ensayo, tratamiento y año de cosecha), sumando todos los costos por año, estos son, costos de establecimiento (roce, quema, plantación y control de maleza preplantación), costos de cada tratamiento (control de maleza postplantación, fertilización y preparación de sitio), costo de administración, costo de asistencia técnica y otros costos. A estos se restaron los ingresos anuales, generando un resultado neto anual. El resultado neto anual fue actualizado y luego sumado a todos los resultados netos anuales generando un VPN (ecuación 1).

Cálculo de VPS: Este se calculó (para cada ensayo, tratamiento y año de cosecha) como aparece en la fórmula de VPS presentada posteriormente (ecuación 2).

TIR: La tasa interna de retorno se calculó (para cada ensayo, tratamiento y año de cosecha). Esta es la tasa ubicada en el denominador de la formula de VPN cuando este se hace igual a cero.

Se tomó la decisión de ocupar el concepto de VPS (valor potencial del suelo) como el más adecuado para estimar la rentabilidad del negocio forestal, ya que incluye el valor del suelo y del vuelo (bosque). Dejando el VPN y la TIR como apoyo a los resultados del VPS.

Para el cálculo del valor presente neto (VPN) y valor potencial del suelo (VPS) se ocuparon las siguientes ecuaciones:

$$(1) \text{ VPN: } \sum_{y=0}^t \frac{I_y}{(1+i)^y} - \sum_{y=0}^t \frac{C_y}{(1+i)^y}$$

$$(2) \text{ VPS: } \frac{\text{VPN} * (1+i)^t}{(1+i)^t - 1}$$

Donde:

VPN = Valor presente neto.

VPS = Valor potencial del suelo.

TIR = Tasa interna de retorno.

I = Ingresos.

C = Costos.

i = Tasa de descuento (12, 8 y 4%).

y = año de crecimiento.

t = año de cosecha (12 y 15 años).

5. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 SOBREVIVENCIA DE LA PLANTACION SEGÚN LOS DISTINTOS ENSAYOS

A continuación se presentan los resultados de sobrevivencia (en %) de los distintos tratamientos según especie, zona de crecimiento. Los ensayos de las zonas Costa de *Eucalyptus globulus* y Precordillera de *Eucalyptus nitens* se excluyen de este análisis de sobrevivencia ya que en ellos se realizaron actividades que producen sesgo, tales como corrección de daño por viento realizado para la zona Costa y replante realizado en la Precordillera (cuadro 10).

Cuadro N°10. Sobrevivencia (%) de los distintos tratamientos según especie y zona de crecimiento, después de cinco años de realizada la plantación.

Especie	<i>Eucalyptus globulus</i>		<i>Eucalyptus nitens</i>	
	Valle	Sur	Valle	Sur
MFS	92 (ab)	94 (ab)	88 (ab)	89 (ab)
MS	96 (b)	85 (a)	96 (ab)	86 (a)
MF	79 (a)	96 (ab)	94 (ab)	82 (a)
FS	91 (ab)	88 (ab)	97 (ab)	86 (a)
M	90 (ab)	86 (ab)	96 (ab)	84 (a)
F	86 (ab)	97 (b)	91 (ab)	89 (ab)
S	97 (b)	86 (ab)	98 (b)	85 (a)
T	85 (ab)	88 (ab)	86 (a)	94 (b)
Promedio zona	90%	90%	93%	87%

Los números en negrita destacan el tratamiento con mayor sobrevivencia y las letras iguales indican los tratamientos que no se diferencian ($p < 0,05$) entre sí.

T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Después de cinco años de realizada la plantación se observa lo siguiente:

Estadísticamente no se aprecian grandes diferencias entre los tratamientos de cada ensayo. Los tratamientos presentan en promedio un 90% de sobrevivencia, donde la totalidad muestra valores superiores al 79% (valor obtenido por el tratamiento control de maleza-fertilización (MF), en la zona Valle de *Eucalyptus globulus*). En cambio para *Eucalyptus nitens* la menor sobrevivencia se obtuvo el tratamiento control de maleza-fertilización (MF) en la Zona Sur, con un 82%. La mayor sobrevivencia se alcanza con el tratamiento preparación de sito (S), con un 92%.

5.2 CRECIMIENTO DE LA PLANTACION

Los resultados del crecimiento en diámetro basal (DAP), altura, índice de fitomasa (D^2H) y volumen después de cinco años, se presentan en forma gráfica, separados por especie y zona de crecimiento.

5.2.1 Crecimiento de *Eucalyptus globulus*, según zona

La figura 3 presenta el diámetro basal, la altura, el índice de fitomasa y el volumen, para cada tratamiento, en la Zona Costa de *Eucalyptus globulus*.

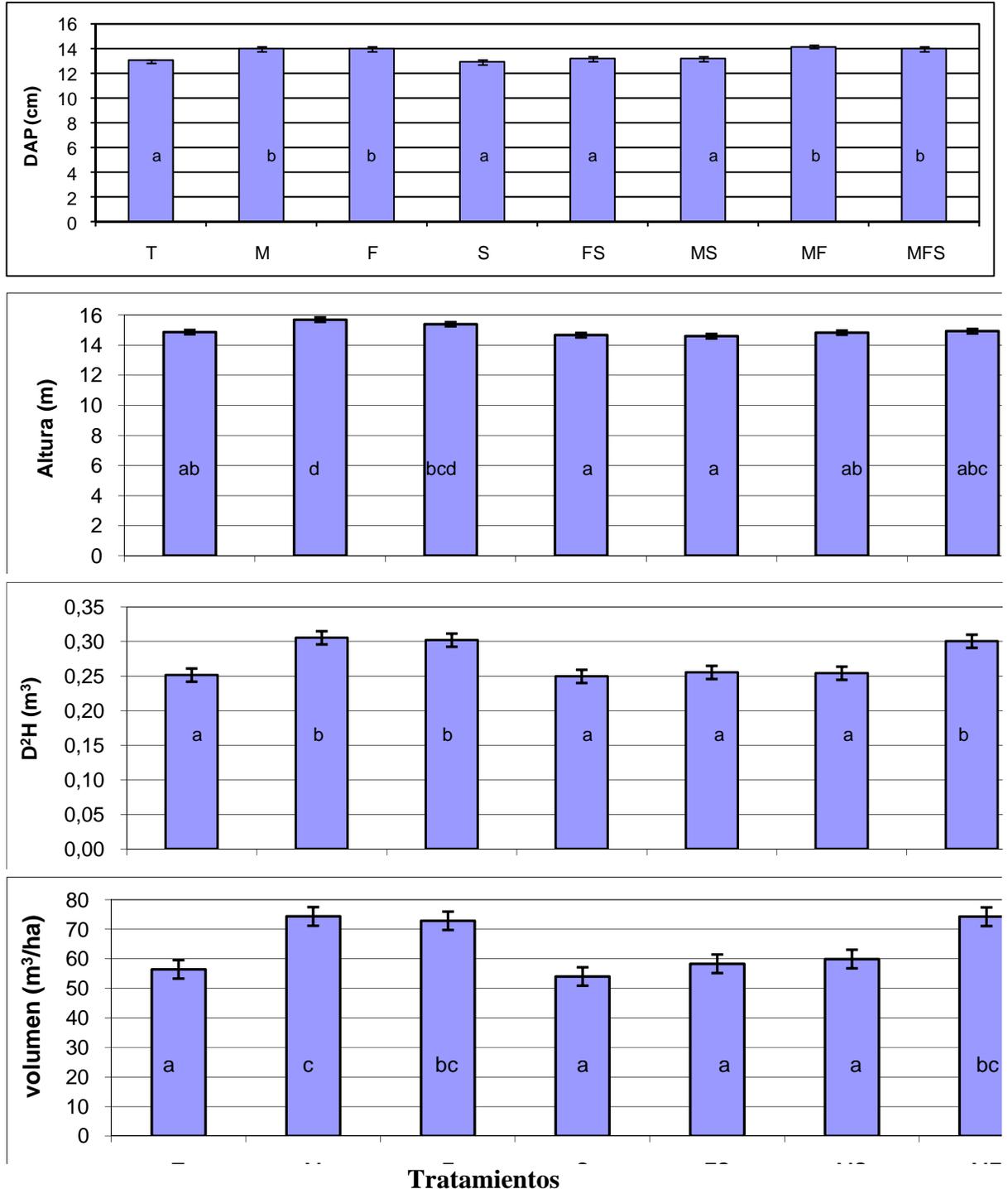


Figura 3: Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D²H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Costa de *Eucalyptus globulus*, después de cinco años de realizada la plantación.

En estos, letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según Duncan (P<0,05). T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Para *Eucalyptus globulus* en la zona Costa, el tratamiento que produjo un mayor crecimiento en DAP fue el control de maleza-fertilización (MF) que supera al testigo en un 8% y no se diferenció significativamente ($p < 0.05$) de los tratamientos control de maleza (M), fertilización (F) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). Desde el punto de vista silvicultural, realizar una combinación de control de maleza-fertilización (MF) en el establecimiento de la plantación, solo mejoró en un 1,48% y 1,41% el efecto individual del control de maleza (M) y la fertilización (F) respectivamente. Se observó que la preparación de sitio (S) en el establecimiento de la plantación fue el tratamiento que alcanza un menor crecimiento en DAP. Éste fue incluso inferior al testigo en un 0.8%. Además, la preparación de sitio no se diferenció estadísticamente de los tratamientos de fertilización-preparación de sitio (FS), control de maleza-preparación de sitio (MS) y del testigo (T).

Respecto del crecimiento en altura, el control de maleza (M) generó el mayor crecimiento, superando al testigo en un 5,1%. Sin embargo, este tratamiento (M) no se diferenció sensiblemente de los tratamientos fertilización (F) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). Por otro lado, de acuerdo con estos resultados no sería aconsejable realizar un tratamiento combinado de fertilización-preparación de sitio (FS), esto debido a que este tratamiento produce un menor crecimiento en altura. Su efecto fue inferior al testigo (T) en un 2% y no se diferenció estadísticamente de los tratamientos preparación de sitio (S), control de maleza-preparación de sitio (MS) y del testigo (T).

Respecto del Índice de fitomasa, el tratamiento control de maleza (M) provocó un mayor crecimiento, superando al testigo en un 16.7%. Éste además fue similar estadísticamente a los tratamientos fertilización (F), control de maleza-fertilización (MF) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). Por su parte, el tratamiento que generó el menor crecimiento fue la preparación de sitio (S), con crecimiento igual al testigo (T) y similar estadísticamente a los tratamientos fertilización-preparación de sitio (FS) y control de maleza-preparación de sitio (MS).

Los tratamientos que generaron un mayor crecimiento volumétrico son los tratamientos control de maleza (M) y control de maleza-fertilización (MF), que superaron al testigo en un 37.8 %, siendo estos estadísticamente similares a los tratamientos fertilización (F) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS).

En el otro extremo se ubicó la preparación de sitio (S), la que fue inferior al testigo en un 4.3%, además fue similar estadísticamente a los tratamientos fertilización-preparación de sitio (FS), control de maleza-preparación de sitio (MS).

Al término del quinto año de crecimiento de la plantación, el tratamiento que produjo mejor resultado para la mayoría de las variables, fue el control de maleza (M).

Para este mismo ensayo después de dos años de realizada la plantación Zapata (2001) determinó, para la altura promedio, DAC e índice de productividad, que el mejor tratamiento era la combinación control de maleza-fertilización (MF). Este tratamiento aún después de 3 años sigue originando buenos crecimientos en las plantas para la mayoría de las variables estudiadas en esta memoria. Sin embargo, el control de maleza (M) que por si solo tenía un efecto intermedio en el estudio de Zapata (2001), ha adquirido mayor relevancia. Por su parte, la fertilización (F) que para Zapata (2001) era el tratamiento que mejor explicaba el crecimiento, después de cinco años tuvo un efecto prácticamente igual que el control de maleza. Esto podría deberse a que el efecto de la fertilización se iría perdiendo después de los dos años, ya que los nutrientes van siendo consumidos por las plantas y malezas.

Finalmente vemos que la preparación de sitio (S) siguió siendo el tratamiento con que genera menor crecimiento y que influencia a todas las combinaciones de tratamiento que la contienen. Estos resultados confirmaron lo encontrado por Zapata (2001), respecto a que la preparación del sitio tuvo menos efecto que los otros tratamientos y afectó negativamente los resultados de éstos.

La figura 4 presenta el diámetro basal, la altura, el índice de fitomasa y el volumen, para cada tratamiento, en la Zona Valle de *Eucalyptus globulus*.

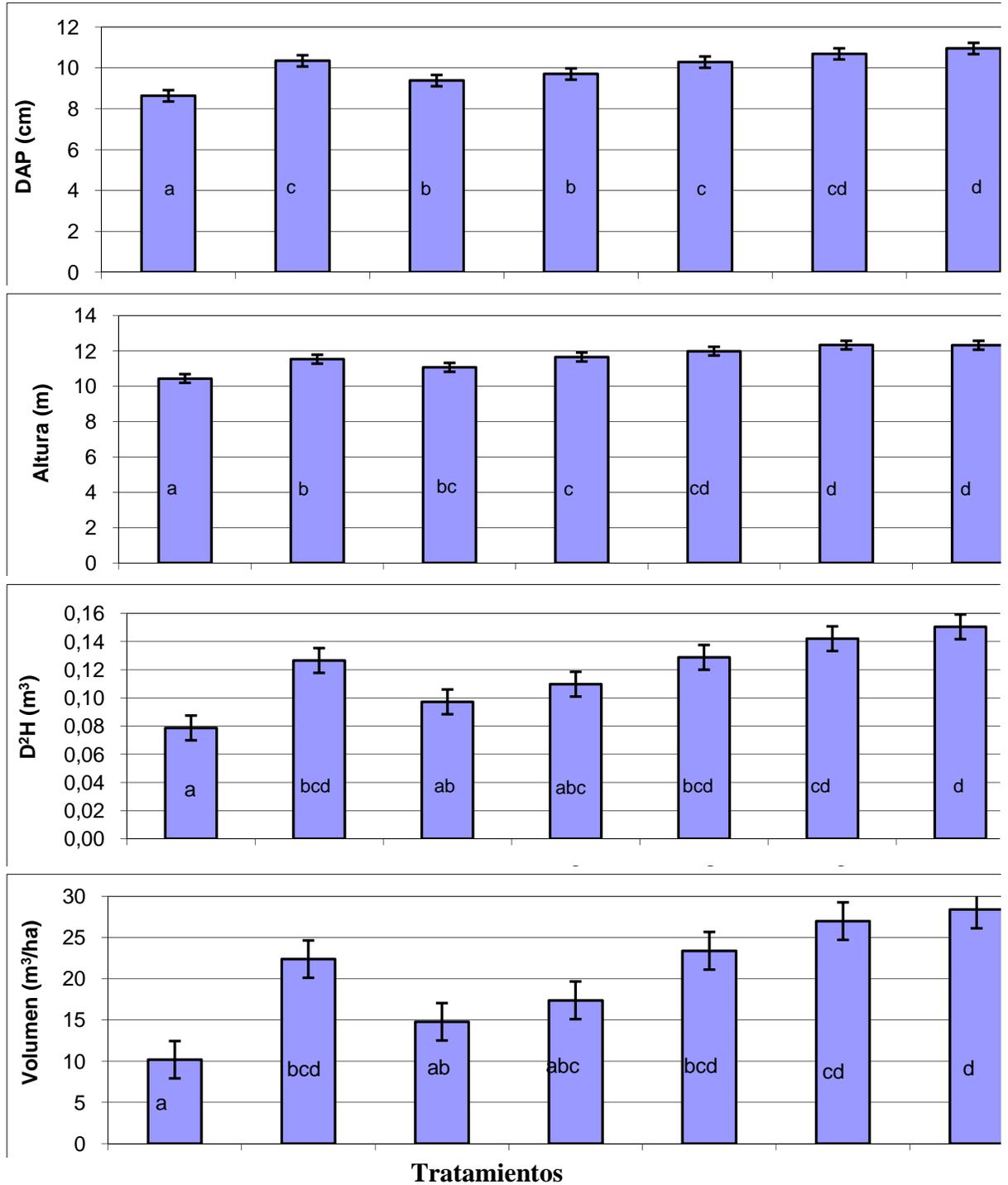


Figura 4: Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D²H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Valle de *Eucalyptus globulus*, después de cinco años de realizada la plantación.

En estos, letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según Duncan (P<0,05). T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Para *Eucalyptus globulus* en la zona Valle, el tratamiento que produce un mayor crecimiento en DAP fue el control de maleza-fertilización (MF) que superó al testigo en un 21.8%, sin embargo éste no se diferenció significativamente de los tratamientos control de maleza-preparación de sitio (MS) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). Por su parte, el tratamiento que produjo el menor crecimiento en Dap fue el testigo (T).

Respecto del crecimiento en altura, el control de malezas-fertilización-preparación de sitio (MFS) generó el mayor crecimiento, superando al testigo en un 16.8%. Sin embargo, este tratamiento (MFS) no se diferenció sensiblemente de los tratamientos fertilización-preparación de sitio (FS), control de maleza-preparación de sitio (MS) y control de maleza-fertilización (MF). El testigo (T), por su parte, fue el tratamiento que originó el menor crecimiento en altura.

Respecto del D^2H , el tratamiento control de maleza-fertilización (MF) generó el mayor crecimiento, superando al testigo en un 53.3%. Este además fue similar estadísticamente a los tratamientos fertilización-preparación de sitio (FS), control de maleza-preparación de sitio (MS) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). Por el contrario el tratamiento que originó un menor índice de fitomasa (D^2H) fue el testigo (T).

El tratamiento que produjo un mayor crecimiento volumétrico fue el tratamiento control de maleza-fertilización (MF), que superando al testigo en un 178.4 %, siendo estos estadísticamente similares a los tratamientos control de maleza-preparación de sitio (MS) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). En el otro extremo el tratamiento que produjo un menor volumen fue el testigo (T).

Al término del quinto año de crecimiento de la plantación, el tratamiento que produjo mejores resultados para la mayoría de las variables, fue el control de maleza-fertilización (MF).

Para este mismo ensayo después de dos años de realizada la plantación Zapata (2001) determinó, para la altura promedio, DAC e Índice de productividad, que los mejores tratamientos eran las combinaciones control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) y control de maleza-preparación de sitio (MS). Estos tratamientos aún después de tres años después siguieron provocando buenos crecimientos para la mayoría de las variables estudiadas en esta memoria. Sin embargo, el tratamiento control de maleza-fertilización (MF) que se encontraba en un segundo lugar para Zapata (2001), tomó el primer lugar a los cinco años según esta memoria. Por su parte, los tratamientos que para Zapata (2001) mejor explicaban el crecimiento, control de maleza (M) y preparación de sitio (S), siguen siendo los que explicaban un mayor crecimiento volumétrico. Finalmente se aprecia que el testigo (T) sigue siendo el tratamiento que origina el menor crecimiento volumétrico.

La figura 5 presenta el diámetro basal, la altura, el índice de fitomasa y el volumen, para cada tratamiento, en la Zona Sur de *Eucalyptus globulus*.

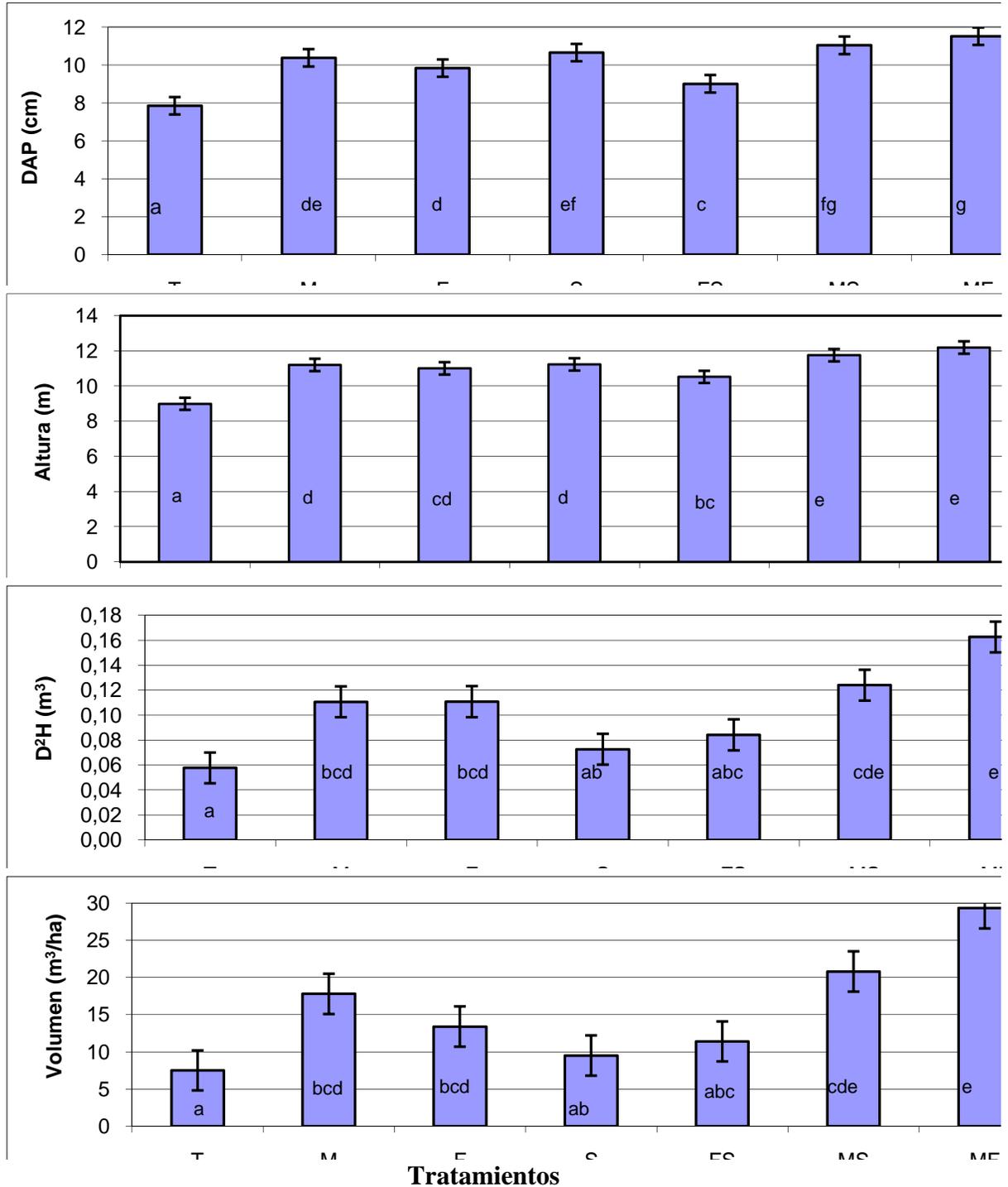


Figura 5: Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D²H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Sur de *Eucalyptus globulus*, después de cinco años de realizada la plantación.

En estos, letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según Duncan (P<0,05). T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Para *Eucalyptus globulus* en la zona Valle, el tratamiento que genera el mayor crecimiento en DAP fue el control de maleza-fertilización (MF) que superó al testigo en un 31.3% y no se diferenció significativamente del tratamiento control de maleza-preparación de sitio (MS). Por su parte, el tratamiento que provocó el menor crecimiento en Dap fue el testigo (T).

Respecto del crecimiento en altura, el control de maleza-fertilización (MF) fue el tratamiento que produjo un mayor efecto, superando al testigo en un 26.2%. Sin embargo, este tratamiento (MF) no se diferenció sensiblemente del tratamiento control de maleza-preparación de sitio (MS). Por el contrario, el tratamiento testigo fue el que originó el menor crecimiento en altura.

Respecto del Índice de fitomasa, el tratamiento control de maleza-fertilización (MF) provocó el mayor crecimiento, superando al testigo (T) en un 62%. Este además fue similar estadísticamente a los tratamientos control de maleza-preparación de sitio (MS) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). Por su parte, el tratamiento que generó el menor crecimiento en D²H fue el testigo (T).

El tratamiento que originó el mayor crecimiento volumétrico fue el control de maleza-fertilización (MF), el cual superó al testigo (T) en un 74.4 %, siendo éste estadísticamente similar al tratamiento control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). En el otro extremo, el tratamiento que produjo el menor crecimiento volumétrico fue el testigo (T).

Al término del quinto año de crecimiento de la plantación, el tratamiento que provocó mejores resultados, fue el control de maleza-fertilización (MF).

Para este mismo ensayo después de dos años de realizada la plantación Zapata (2001) determinó, para la altura promedio, DAC e Índice de productividad, que el mejor tratamiento para este mismo ensayo era la combinación control de maleza-fertilización (MF). Este tratamiento aún tres años después siguió siendo el que produjo mayor crecimiento para todas las variables. Por su parte, los tratamientos control de maleza (M) y fertilización (F), que para Zapata (2001) mejor explicaban el crecimiento, siguieron siendo los que explicaban un mayor crecimiento volumétrico.

Estos resultados se explicarían porque el control de malezas eliminaría la competencia por el agua y la fertilización la competencia por los nutrientes, ambos escasos en este sitio.

Cuadro N°11. Resumen de los resultados de volumen (m³/ha) para *Eucalyptus globulus*.

Zona crecimiento/Tratamiento	T	M	F	S	FS	MS	MF	MFS
Zona Costa	56,4 (a)	74,4 (c)	72,9 (bc)	54,0 (a)	58,3 (a)	59,9 (a)	74,3 (bc)	72,4 (bc)
Zona Valle	8.2 (a)	20.1 (bcd)	11.9 (ab)	14.7 (abc)	20.2 (bcd)	23.7 (cd)	26.2 (d)	23.3 (cd)
Zona Sur	4.4 (a)	14 (bcd)	14.3 (bcd)	6.1 (ab)	7.9 (abc)	17.2 (cde)	27.6 (e)	21.3 (de)

Los números en negro destacan el tratamiento con mayor crecimiento y las letras en negro indican los tratamientos que no se diferencian ($p < 0,05$) de este.

T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

5.2.1.1. Discusión general de los resultados de crecimiento, expresado en volumen, para *Eucalyptus globulus*

Para *Eucalyptus globulus* en la zona Costa el tratamiento que originó el mayor crecimiento fue el control de maleza (M) seguido de las combinaciones control de maleza-fertilización (MF), control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) y la fertilización (F). Esta zona fue la que produjo el mayor crecimiento para *E. globulus*, aunque se carece de la información sobre la serie de suelo para esta zona, se sabe por los estudios realizados por Calderón (1991), INFOR (1986) y Zapata (2001), entre otros, que esta es una de las zonas más adecuadas para el crecimiento de la especie, no teniendo mayores restricciones para el crecimiento. La competencia es por el agua y los nutrientes, los cuales si bien se deberían encontrar en forma adecuada, estos se deben compartir con la maleza existente en el sector, la cual es una zarzamora bastante invasiva, esto según mi propia apreciación en terreno. Además el hecho de que la preparación de sitio (S) haya sido el tratamiento con menor crecimiento nos indicaría que no habría problemas con el suelo, al contrario es el suelo adecuado el que permite un alto crecimiento volumétrico. El suelo contaría con una adecuada permeabilidad, característica que se perdería con el subsolado, el que haría que los nutrientes y el agua se pierdan más rápidamente, efecto totalmente adverso para el crecimiento de la planta.

La zona Valle – *E. globulus*, fue una zona de bajo crecimiento y tuvo como mejor tratamiento la combinación control de maleza-fertilización (MF), esto se debería a la falta de agua principalmente y a la falta de algunos nutrientes por los cuales sería la competencia. Individualmente estaría primero el control de maleza (M), seguido por la preparación de sitio (S) y finalmente la fertilización (F). El control de maleza, eliminaría la competencia por el agua, la preparación de sitio influiría principalmente por el hecho de haber una alta densidad aparente, por lo que la preparación de sitio rompería las capas de suelo que no estarían permitiendo el paso de las raíces. Finalmente la fertilización tendría una influencia intermedia, debido a la carencia de algunos nutrientes (según antecedentes de CIREN, 1999; en ANEXO 2).

La zona Sur – *E. globulus* fue la zona de más bajo crecimiento para la especie y el tratamiento que generó un mayor crecimiento fue el control de maleza- fertilización (MF). El tratamiento individual que más influencia tuvo fue el control de maleza (M) lo que se debe a que estaría eliminando parte de la competencia por el agua existente. A este tratamiento le siguió la fertilización, debido a la falta de nutrientes y de materia orgánica que se vería mejorada con ella. Finalmente la preparación de sitio (S) no tendría una influencia positiva ya que los factores físicos del suelo no serían un factor muy limitante (según antecedentes de CIREN, 2001 y TOSSO, 1985; en ANEXO 2).

Según lo anterior se puede inferir que para *Eucalyptus globulus* la competencia por el agua y los nutrientes es lo que mas influye en su crecimiento volumétrico, por lo que al eliminar estos factores de competencia obtenemos resultados de crecimiento bastante superiores al testigo.

5.2.2 Crecimiento de *Eucalyptus nitens*, según zona

La figura 6 presenta el diámetro basal, la altura, el índice de fitomasa y el volumen, para cada tratamiento, en la Zona Precordilera de *Eucalyptus nitens*.

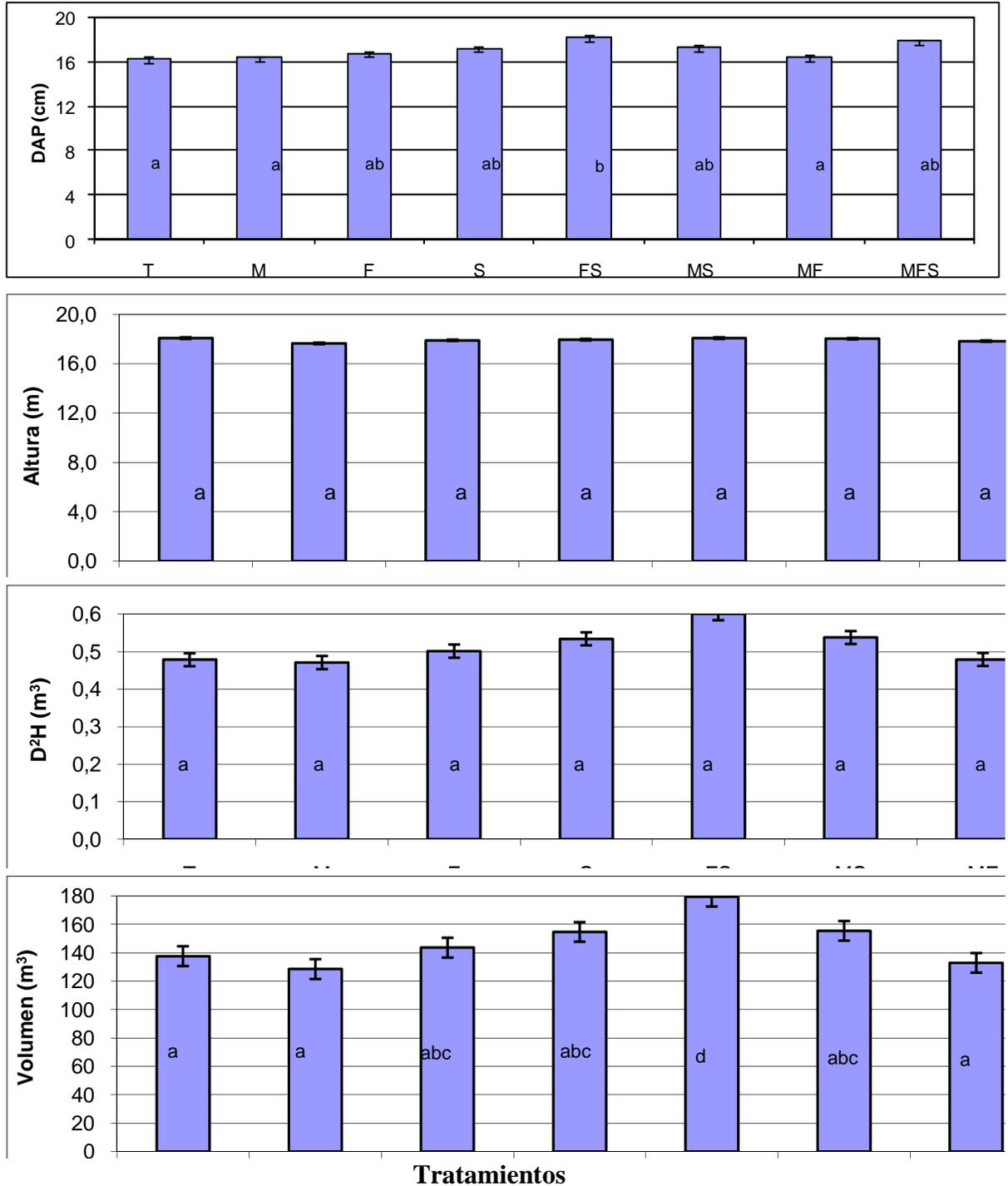


Figura 6: Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D²H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Precordilera de *Eucalyptus nitens*, después de cinco años de realizada la plantación.

En estos, letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según Duncan (P<0,05). T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Para *Eucalyptus nitens* en la zona Precordillera, el tratamiento que produce un mayor crecimiento en DAP fue fertilización-preparación de sitio (FS), que superó al testigo en un 10.4% y no se diferenció significativamente de los tratamientos control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS), control de maleza-preparación de sitio (MS), preparación de sitio (S) y fertilización (F). Por el contrario, el tratamiento que generó el menor crecimiento en DAP fue el testigo (T).

Respecto del crecimiento en altura, el control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) provocó una respuesta levemente superior. Sin embargo, desde el punto de vista silvicultural no resultó aconsejable su aplicación, debido a que no se diferenció significativamente de ninguna de las otras siete combinaciones de tratamiento, por lo cual daría lo mismo no aplicar tratamientos.

Respecto del D²H, el tratamiento fertilización-preparación de sitio (FS) presentó una respuesta levemente superior. Sin embargo, desde el punto de vista silvicultural no resultó aconsejable su aplicación, ya que no se diferenció significativamente del resto de los tratamientos, por lo cual daría lo mismo no aplicar tratamientos.

El tratamiento que originó un mayor crecimiento volumétrico fue fertilización-preparación de sitio (FS), el cual superó al de menor crecimiento, el control de maleza (M) en un 28.4 %, siendo estadísticamente similar a la combinación control de maleza-fertilización-preparación (MFS).

Al término del quinto año de crecimiento de la plantación, no hubo un tratamiento que generara un crecimiento superior al resto, salvo en el caso del volumen donde los tratamientos fertilización-preparación de sitio (FS) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) se presentaron superiores, en crecimiento volumétrico. Por el contrario, el tratamiento que provocó el menor crecimiento fue el control de maleza (M).

Para este mismo ensayo después de dos años de realizada la plantación Zapata (2001) determinó, para la altura promedio, DAC e Índice de productividad, los mismos resultados que los obtenidos en esta memoria. Siendo los tratamientos preparación de sitio (S) seguida por la fertilización (F) los que explicarían mejor la respuesta al crecimiento para la zona Precordillera de *Eucalyptus nitens*. Finalmente se observó que el control de maleza (M) fue el tratamiento que generó menor crecimiento al igual que para Zapata (2001).

La figura 7 presenta el diámetro basal, la altura, el índice de fitomasa y el volumen, para cada tratamiento, en la Zona Valle de *Eucalyptus nitens*.

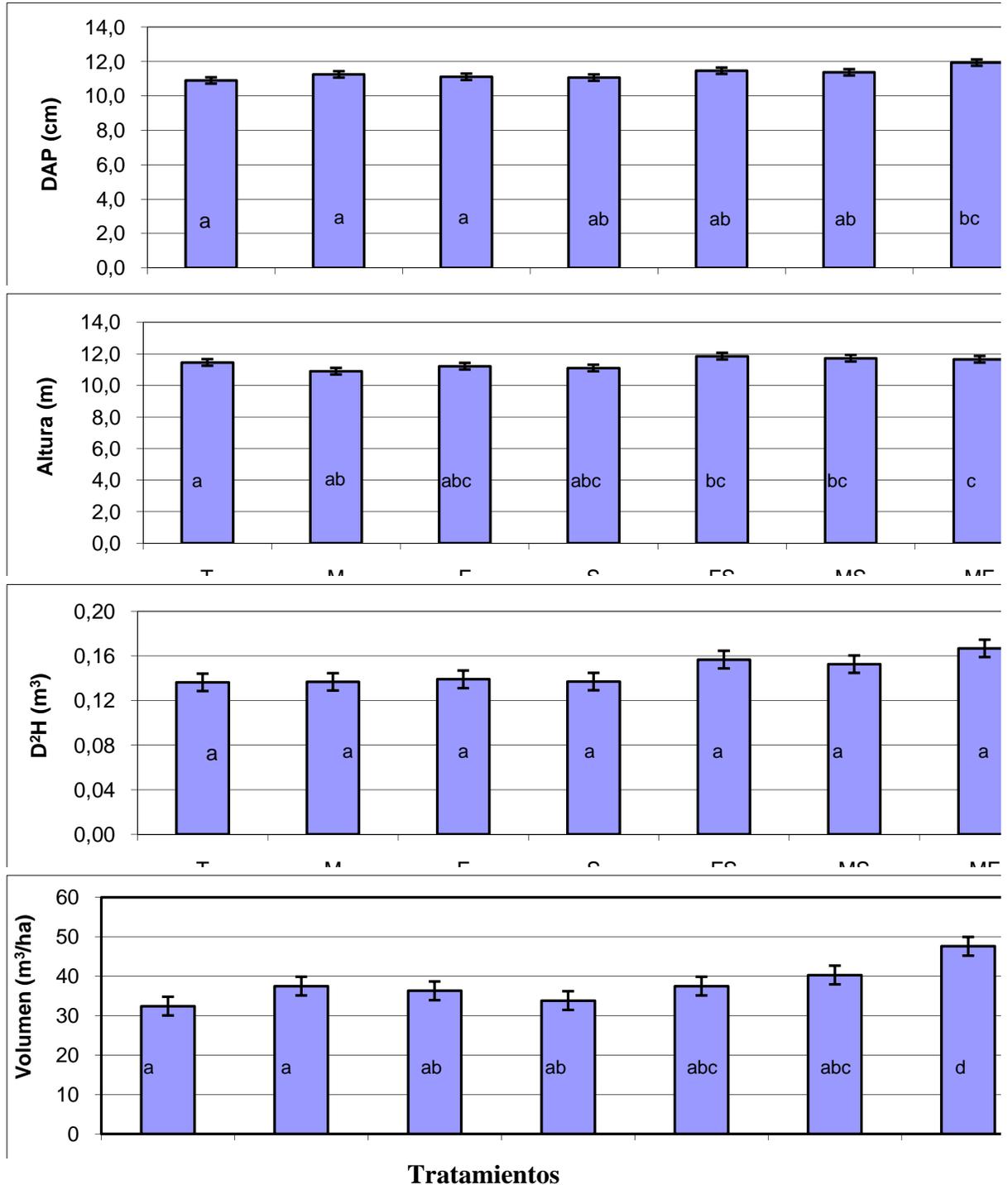


Figura 7: Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D²H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Valle de *Eucalyptus nitens*, después de cinco años de realizada la plantación.

En estos, letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según Duncan (P<0,05). T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Para *Eucalyptus nitens* en la zona Valle, el tratamiento que produjo un mayor crecimiento en DAP de los árboles fue el control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) el que superó al testigo (T) en un 12.8%. Por el contrario, el tratamiento que generó un menor crecimiento en Dap fue el testigo (T).

Respecto del crecimiento en altura, el tratamiento control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) provocó el mayor crecimiento, superando al testigo en un 14.8%. Por su parte, el tratamiento que generó un menor crecimiento en altura fue el control de maleza (M), el cual fue inferior al testigo (T) en un 5.2%.

Respecto del D²H, el tratamiento control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) fue el que originó un mayor crecimiento, superando al testigo (T) en un 30%.

El tratamiento que generó un mayor crecimiento volumétrico fue el tratamiento control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) que superó al testigo en un 37.2%. Por otra parte, el tratamiento que originó el menor crecimiento en volumen fue el testigo (T).

Al término del quinto año de crecimiento de la plantación, el tratamiento que generó mejores resultados para todas las variables, fue el control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS).

Para este mismo ensayo después de dos años de realizada la plantación Zapata (2001) determinó, para la altura promedio, DAC e Índice de productividad, que los mejores tratamientos eran las combinaciones control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) y control de maleza-fertilización (MF). Estos tratamientos aún después de tres años siguieron generando mayor crecimiento para la mayoría de las variables estudiadas en esta memoria. Los tratamientos que mejor explicaban para Zapata (2001) la respuesta al crecimiento eran el control de maleza (M) y la fertilización (F), similares estadísticamente en crecimiento, lo cual también ocurre para esta memoria. Finalmente se observa que el testigo (T) siguió siendo el tratamiento que genera menor crecimiento.

La figura 8 presenta el diámetro basal, la altura, el índice de fitomasa y el volumen, para cada tratamiento, en la Zona Sur de *Eucalyptus nitens*.

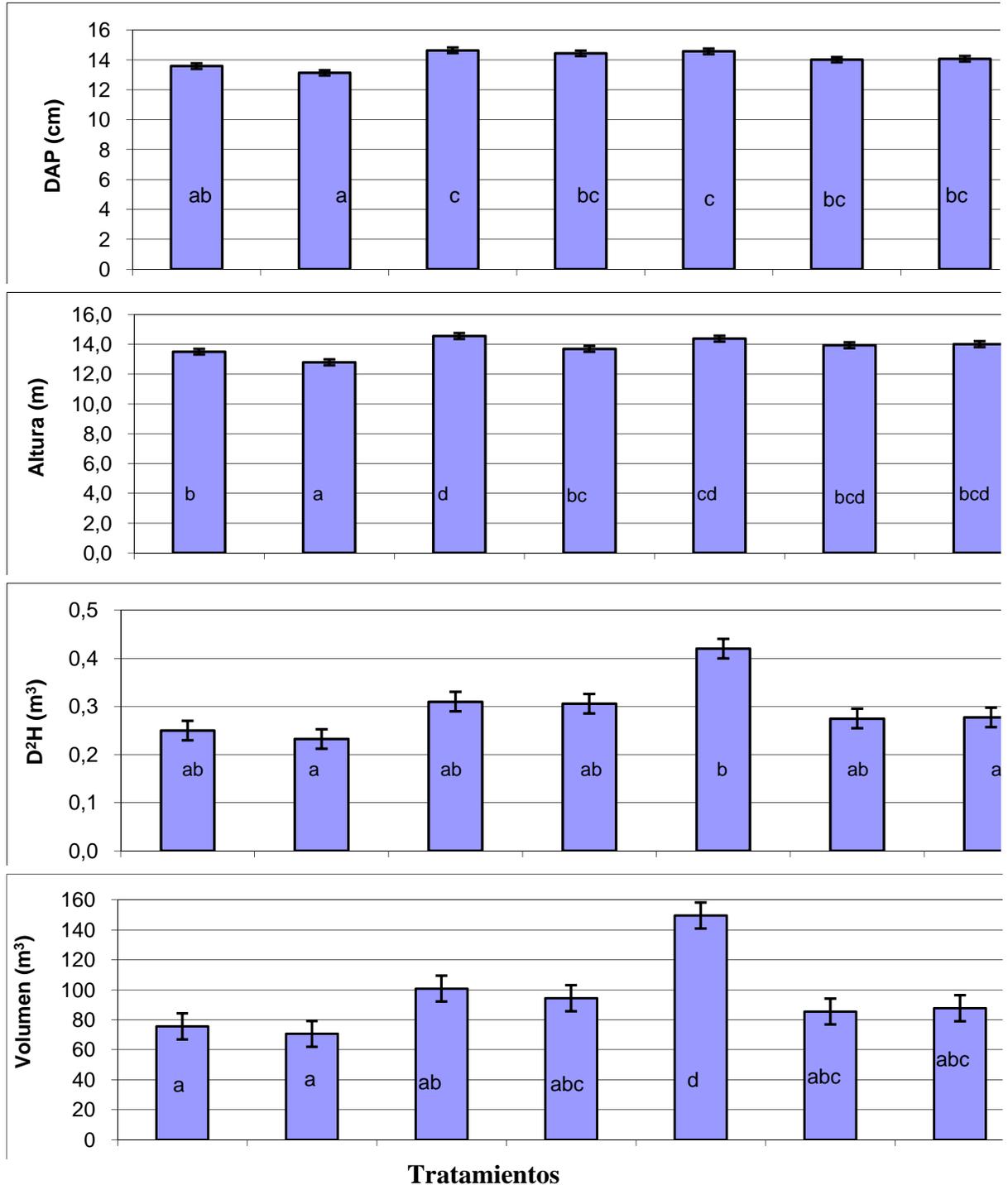


Figura 8: Valor medio y error típico del diámetro basal (Dap), altura, índice de fitomasa (D²H) y volumen, para cada tratamiento, en la zona Sur de *Eucalyptus nitens*, después de cinco años de realizada la plantación.

En estos, letras iguales indican pertenencia a un mismo subconjunto según Duncan (P<0,05).

T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

Para *Eucalyptus nitens* en la zona Sur, el tratamiento que provocó el mayor crecimiento en DAP fue la fertilización (F), la que superó al testigo en un 6.8% y no se diferenció significativamente del tratamiento fertilización-preparación de sitio (FS). Por su parte, el tratamiento que generó un menor crecimiento fue el control de maleza (M), siendo inferior al testigo (T) en un 3.7%.

Respecto del crecimiento en altura, la fertilización (F) fue la que provocó el mayor crecimiento, superando al testigo en un 7.5%. Sin embargo, este tratamiento (F) no se diferenció sensiblemente de los tratamientos fertilización-preparación de sitio (FS), control de maleza-preparación de sitio (MS) y control de maleza-fertilización (MF). Por otro lado, de acuerdo con estos resultados no sería aconsejable realizar solo un control de maleza (M), esto debido a que este tratamiento fue el que origina el menor crecimiento en altura, siendo inferior al testigo en un 5.2%.

Respecto del D^2H , el tratamiento fertilización-preparación de sitio (FS) generó el mayor crecimiento, superando al testigo en un 42%. Por otra parte, el tratamiento que produjo el menor D^2H es el control de maleza (M), el cual fue inferior al testigo (T) en un 4%.

El tratamiento que generó un mayor crecimiento volumétrico fue fertilización-preparación de sitio (FS) que superó al testigo en un 49.4%. En el otro extremo se encontró el control de maleza (M), el cual fue inferior al testigo (T) en un 6.6%.

Al término del quinto año de crecimiento de la plantación, el tratamiento que generó mejores resultados para la mayoría de las variables, fue fertilización-preparación de sitio (FS).

Para este mismo ensayo después de dos años de realizada la plantación Zapata (2001) determinó para la altura promedio, DAC e Índice de productividad, que el mejor tratamiento era la fertilización (F). Este tratamiento, aún tres años después del estudio de Zapata (2001), siguió generando buenos crecimientos para la mayoría de las variables estudiadas en esta memoria. La fertilización (F) fue el tratamiento que claramente explicó mejor la respuesta al crecimiento, seguida por la preparación de sitio (S), lo que también ocurre en esta memoria.

Cuadro N°12. Resumen de los resultados de crecimiento en volumen para *Eucalyptus nitens*.

<i>E. nitens</i>	T	M	F	S	FS	MS	MF	MFS
Zona Precordillera	137,6 (a)	128,5 (a)	143,6 (abc)	154,6 (abc)	179,4 (d)	155,4 (abc)	132,9 (a)	178,9 (d)
Zona Valle	32,4 (a)	37,5 (a)	36,3 (ab)	33,8 (ab)	37,5 (abc)	40,3 (abc)	47,6 (d)	51,6 (d)
Zona Sur	75,6 (a)	70,6 (a)	100,8 (ab)	94,4 (abc)	149,5 (d)	85,5 (abc)	87,7 (abc)	85,7 (abc)

Los números en negro destacan el tratamiento con mayor crecimiento y las letras en negro indican los tratamientos que no se diferencian ($p < 0,05$) de este.

T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

5.2.2.1. Discusión general de los resultados de crecimiento, expresado en volumen, para *Eucalyptus nitens*

Para *Eucalyptus nitens* en la zona Precordillera se encontró el mayor crecimiento, esto generado por factores como un pH neutro adecuado para la especie, una alta disponibilidad de agua y una buena disponibilidad de nutrientes.

Los mejores tratamientos fueron fertilización-preparación de sitio (FS) y control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS). El factor que individualmente más influyó el crecimiento fue la preparación de sitio (S), seguida de la fertilización (F) y finalmente el control de maleza (M). La densidad aparente del suelo cercana a uno podría estar influenciando el paso de las raíces, la que junto a la baja materia orgánica existente y a la falta de algún nutriente generarían que la fertilización y la preparación de sitio mejoraran el crecimiento. Finalmente la alta disponibilidad de agua y una maleza poco agresiva harían que el control de maleza no influyera demasiado el crecimiento (según antecedentes de CIREN, 1999; en ANEXO 2).

La zona Valle- *E. nitens* fue la zona con menor crecimiento para esta especie, esto estaría dado por un pH inadecuado, baja disponibilidad de agua, una densidad aparente alta y una baja materia orgánica.

Los mejores tratamientos fueron control de maleza-fertilización-preparación de sitio (MFS) y control de maleza-fertilización (MF). El factor que individualmente más influyó en el crecimiento fue el control de maleza (M), seguido por la fertilización (F) y la preparación de sitio (S) con crecimientos similares. Esto se explicaría por la competencia por el agua, que al aplicar un control de maleza la eliminaría, aumentando el crecimiento. Y el efecto de la fertilización se acentuaría debido a la falta de materia orgánica que proporcione los nutrientes necesarios. Finalmente la preparación de sitio mejoraría el crecimiento debido a la alta densidad aparente del suelo que impediría el paso de las raíces a las capas superficiales, por lo que al romperlas estas llegaría a los nutrientes existentes (según antecedentes de CIREN, 1999 y TOSSO, 1985; en ANEXO 2).

Finalmente la zona Sur- *E. nitens* fue una zona de crecimiento intermedio, afectado por la baja disponibilidad de nutrientes, además de un pH inadecuado para la especie, y disponibilidad intermedia de agua.

El mejor tratamiento fue la combinación fertilización-preparación de sitio (FS). Individualmente la fertilización (F) fue la que mas afecta el crecimiento, seguida de cerca por la preparación de sitio (S) y finalmente el control de maleza (M). Esto estaría influenciado por la falta de nutrientes, lo que se corregiría al fertilizar. Además, al hacer un tratamiento al suelo estarían disponibles de mejor manera. Y finalmente el control de maleza eliminaría la competencia por los nutrientes y el agua, aunque esta estaría disponible, por lo que este tratamiento tendría menor influencia (según antecedentes de CIREN, 2001 y TOSSO, 1985; en ANEXO 2).

5.3 ANALISIS ECONOMICO

A continuación se presentan los resultados económicos por especie, zona de crecimiento y año de cosecha.

5.3.1 Análisis ingreso-costo y selección de las mejores alternativas económicas para *Eucalyptus globulus*

A continuación se presentan los resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha y los tres mejores tratamientos seleccionados según su VPS (US\$/ha), con tasa del 8%, por zona de crecimiento y distintos años de cosecha (12 y 15), para *Eucalyptus globulus*.

La figura 9 presenta el costo capitalizado (CostoC) versus ingreso por cosecha (IngresoC), para la zona Costa de *Eucalyptus globulus*, según año de cosecha.

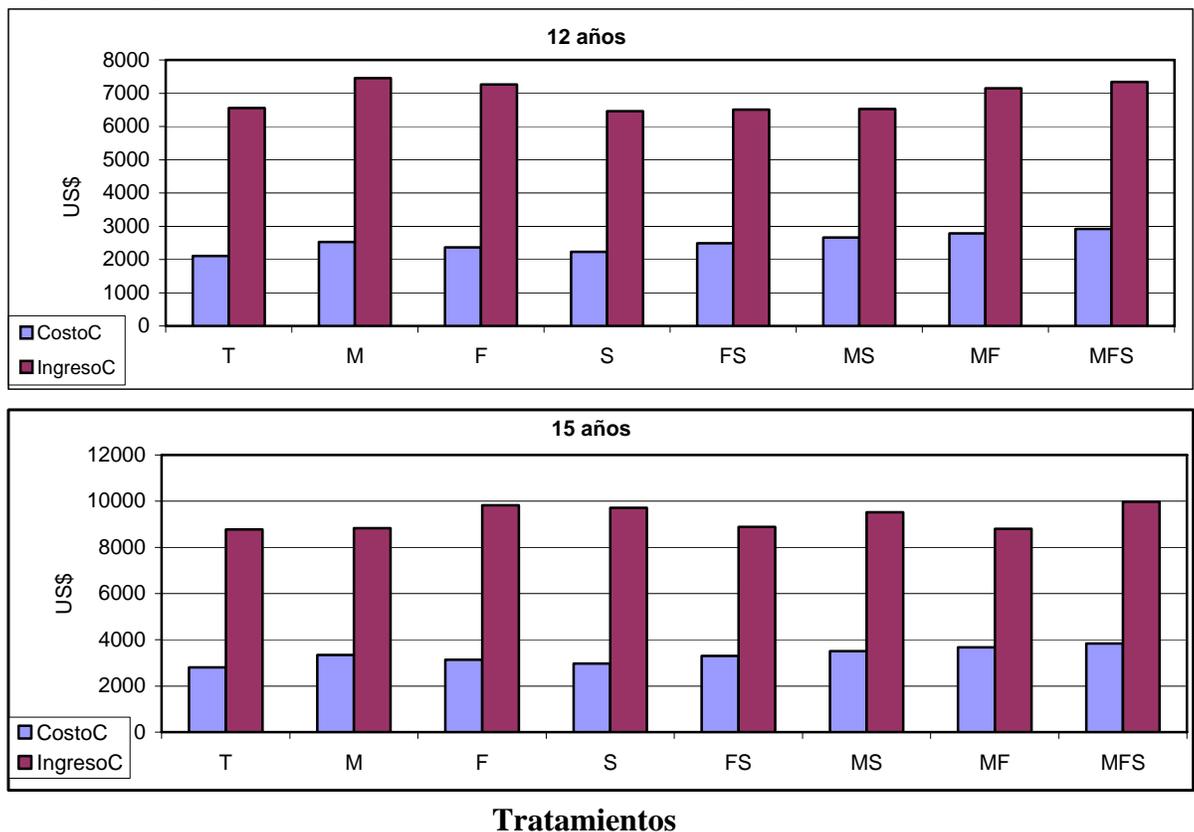


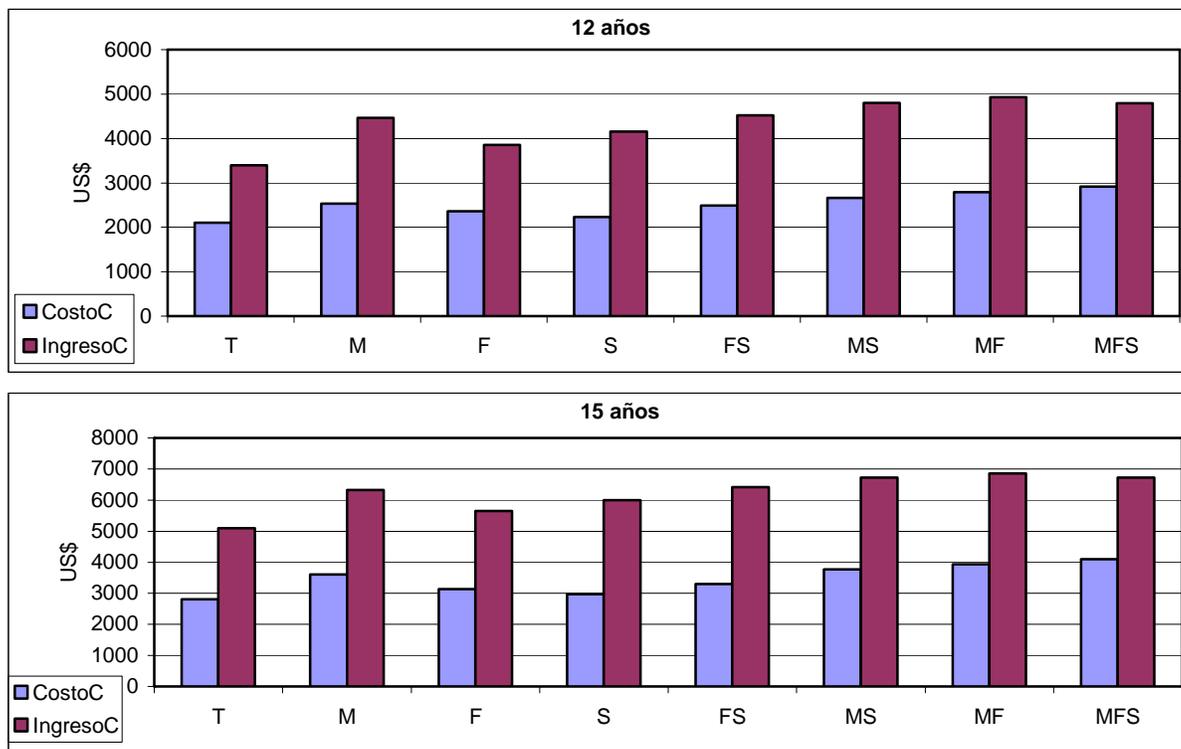
Figura 9: Resultados de costo capitalizado versus ingreso por cosecha, para la zona Costa de *Eucalyptus globulus*, a los 12 y 15 años de cosecha.

En estos, CostoC= Costo capitalizado, IngresoC=Ingreso por cosecha, T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

A los 12 años, los tres tratamientos con las mayores diferencias entre ingreso y costo para la zona Costa de *E. globulus* fueron control de maleza (M), fertilización (F) y el testigo (T). El control de maleza (M) tuvo un costo intermedio, pero también el mayor de los ingresos. La fertilización (F), en ingresos estuvo en un tercer lugar, pero tuvo uno de los menores costos. El testigo (T), si bien tuvo un ingreso intermedio, también tuvo el menor de los costos, lo cual la hizo estar en un tercer lugar.

A los 15 años la situación cambia, los tres tratamientos con mayor margen de ganancias fueron preparación de sitio (S), fertilización (F), y control de maleza, fertilización y preparación de sitio (MFS). La preparación de sitio (S) tuvo el tercer ingreso mas alto pero con el segundo costo mas bajo. La fertilización (F) tuvo el segundo ingreso más alto y uno de los costos más bajos. Esto ha cambiado desde los 12 años donde la preparación de sitio (S) también tenía un bajo costo pero el más bajo ingreso. Esto se debe a que el efecto de la preparación de sitio (S) se expresa mas fuerte a mayor cantidad de años en este tipo de suelos, lo que implica un mayor incremento volumétrico y por lo tanto un mayor ingreso. En tercer lugar estuvo la combinación control de maleza, fertilización y preparación de sitio (MFS), esta vez con el mejor ingreso pero también con el más alto de los costos. El testigo (T) por su parte pasó al quinto lugar.

La figura 10 presenta el costo capitalizado (CostoC) versus ingreso por cosecha (IngresoC), para la zona Valle de *Eucalyptus globulus*, según año de cosecha.



Tratamientos

Figura 10: Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Valle de *Eucalyptus globulus*, a los 12 y 15 años de cosecha.

En estos, CostoC= Costo capitalizado, IngresoC=Ingreso por cosecha, T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

A los 12 años en la zona valle para *Eucalyptus globulus* las combinaciones de tratamientos con mejor diferencia entre ingreso y costo fueron control de maleza y preparación de sitio (MS), control de maleza y fertilización (MF) y la combinación fertilización y preparación de sitio (FS). La combinación control de maleza y preparación de sitio (MS) tuvo el segundo mayor ingreso, aunque tuvo el tercer costo más alto. Por su parte, la combinación control de maleza y fertilización (MF) tuvo el más alto ingreso, pero también el segundo costo más alto. Finalmente la combinación fertilización y preparación de sitio (FS) si bien tuvo un ingreso intermedio, también tuvo un costo intermedio, que la ubicó en un tercer lugar.

La diferencia ingreso costo es distinta a los 15 años. En primer lugar se encontró la combinación fertilización y preparación de sitio (FS), seguida por la preparación de sitio (S), y de cerca por la combinación control de maleza y preparación de sitio (MS). La combinación fertilización y preparación de sitio (FS), si bien tuvo el tercer mejor ingreso, también el tercer menor costo, lo que al final la hizo estar en primer lugar. De cerca le siguió la preparación de sitio (S), que si bien tuvo el sexto mayor ingreso, y también el segundo menor costo, por su parte la combinación control de maleza y preparación de sitio (MS) tuvo el segundo mayor ingreso y el tercer mayor costo.

La figura 11 presenta el costo capitalizado (CostoC) versus ingreso por cosecha (IngresoC), para la zona Sur de *Eucalyptus globulus*, según año de cosecha.

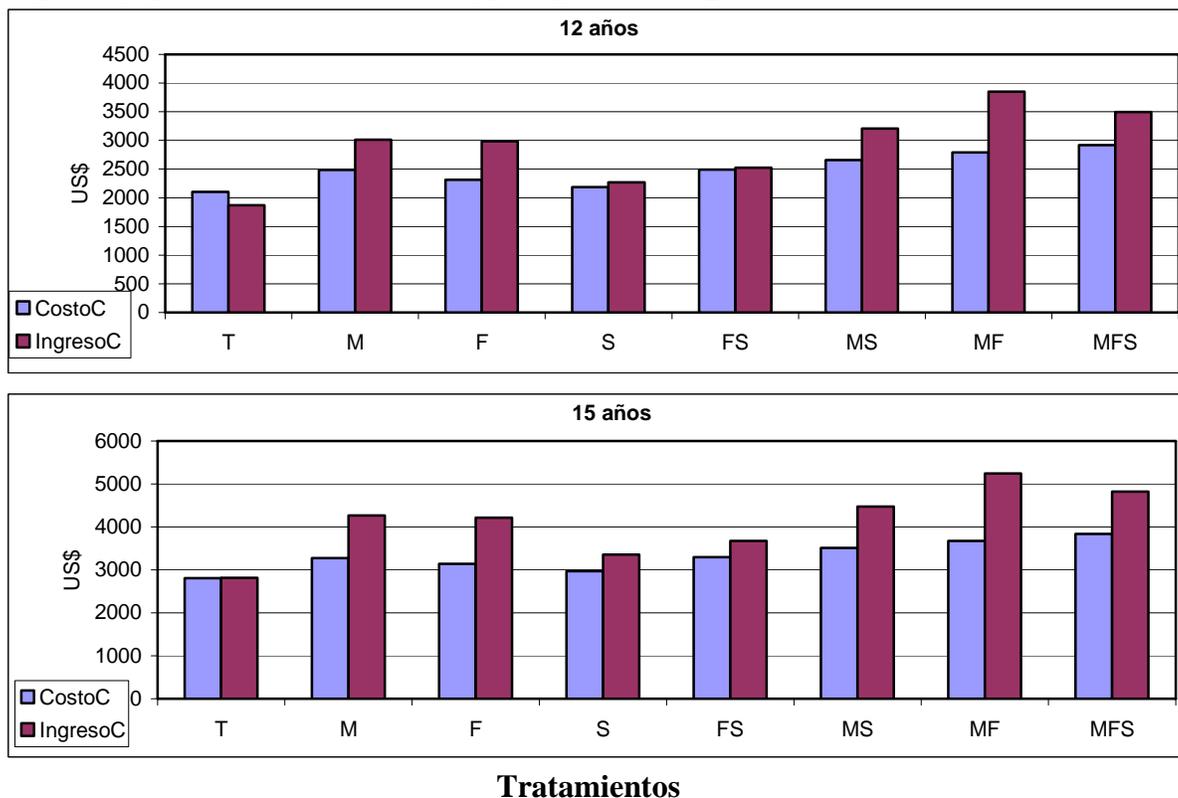


Figura 11: Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Sur de *Eucalyptus globulus*, a los 12 y 15 años de cosecha.

En estos, CostoC= Costo capitalizado, IngresoC=Ingreso por cosecha, T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

A los 12 años para *Eucalyptus globulus* en la zona sur, se observa que los tratamientos con mayor diferencia entre ingresos y costos fueron control de maleza y fertilización (MF). Este fue seguido por la fertilización (F) y en tercer lugar la combinación control de maleza, fertilización y preparación de sitio (MFS). La combinación control de maleza y fertilización (MF) tuvo los mayores ingresos y unos costos intermedios. Por su parte la fertilización (F) tuvo un ingreso intermedio pero el tercer costo más bajo, quedando en tercer lugar la combinación control de maleza, fertilización y preparación de sitio (MFS).

A los 15 años, la situación de este ensayo no varió significativamente, ubicándose en primer lugar la combinación control de maleza y fertilización (MF), seguida por la fertilización (F) y quedando en tercer lugar el control de maleza (M). La combinación control de maleza y fertilización (MF) tuvo el mayor ingreso, aunque un alto costo. La fertilización tuvo un ingreso intermedio, pero también el segundo costo mas bajo. Por su parte, el control de maleza (M) tuvo un ingreso intermedio, pero presentó el tercer costo mas bajo.

La combinación control de maleza, fertilización y preparación de sitio (MFS), pasó al cuarto lugar muy cerca del control de maleza (M). Aunque con el segundo mejor ingreso y el mayor costo, los costos aumentaron un poco más respecto de lo incrementado por control de maleza (M), manteniéndose el ingreso con un incremento similar.

Cuadro N°13. Resumen de los mejores resultados económicos en VPS para *Eucalyptus globulus*, según zona, edad de cosecha y tratamiento.

Zona	Edad (años)	Tratamiento	VPS (US\$/ha)	Edad (años)	Tratamiento	VPS (US\$/ha)
Costa	12	M	3.094	15	S	3.001
		F	3.079		F	2.976
		T	2.798		MFS	2.733
Valle	12	MS	1.345	15	FS	1.386
		MF	1.345		S	1.346
		FS	1.276		MS	1.314
Sur	12	MF	668	15	MF	698
		F	420		F	480
		MFS	363		M	441

T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

5.3.1.1. Discusión general de los resultados económicos expresados en VPS, para *Eucalyptus globulus*

Para el caso de *Eucalyptus globulus* en la zona Costa, los mejores resultados expresados en VPS se dieron a los 12 años para el control de maleza (M). Por otro lado, el testigo (T) alcanzó un tercer lugar al cosechar a los 12 años, lo que podría afectar la decisión de aplicar o no un tratamiento extra, ya que el no aplicar ningún tratamiento para este sustrato, constituye una buena opción. Aunque el aplicar un control de maleza implicaría un incremento de 296 US\$/ha (9,6%).

En la zona Valle - *E. globulus* los mejores resultados en VPS se obtuvieron a los 15 años para la combinación de tratamientos fertilización – preparación de sitio (FS), seguida por la preparación de sitio (S), por lo que la decisión estaría en analizar si por un incremento de 40 US\$/ha (2,9%), sería aconsejable aplicar otro tratamiento extra a la preparación de sitio.

La zona Sur – *E. globulus* tuvo los mejores resultados al cosechar a los 15 años para la combinación de tratamientos control de maleza – fertilización (MF, superándose a sí misma a los 12 años en 30 US\$/ha (4,3%). La decisión sería entonces evaluar si este incremento justifica una espera de tres años en la cosecha.

5.3.2 Análisis ingreso-costo y selección de las mejores alternativas económicas para *Eucalyptus nitens*.

A continuación se presentan los resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha y los tres mejores tratamientos seleccionados según su VPS (US\$/ha), con tasa del 8%, por zona de crecimiento y distintos años de cosecha (12 y 15), para *Eucalyptus nitens*.

La figura 12 presenta el costo capitalizado (CostoC) versus ingreso por cosecha (IngresoC), para la zona Precordillera de *Eucalyptus nitens*, según año de cosecha.

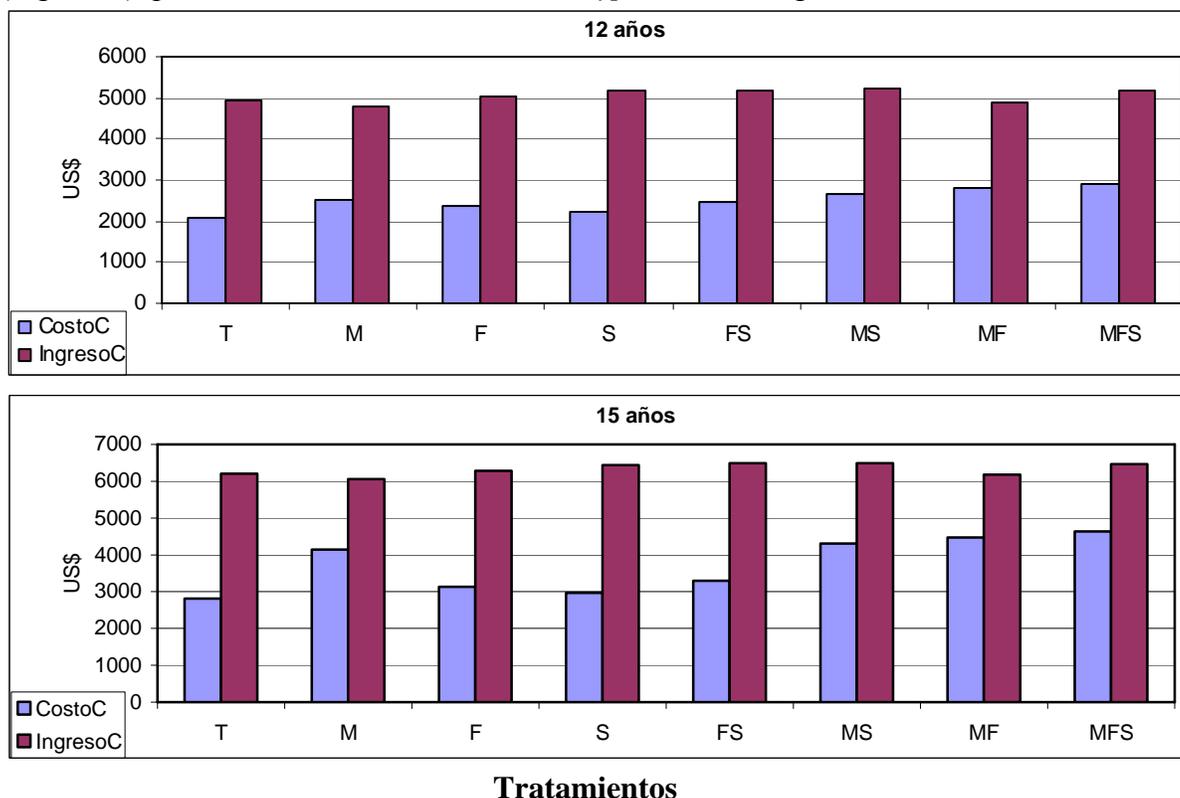


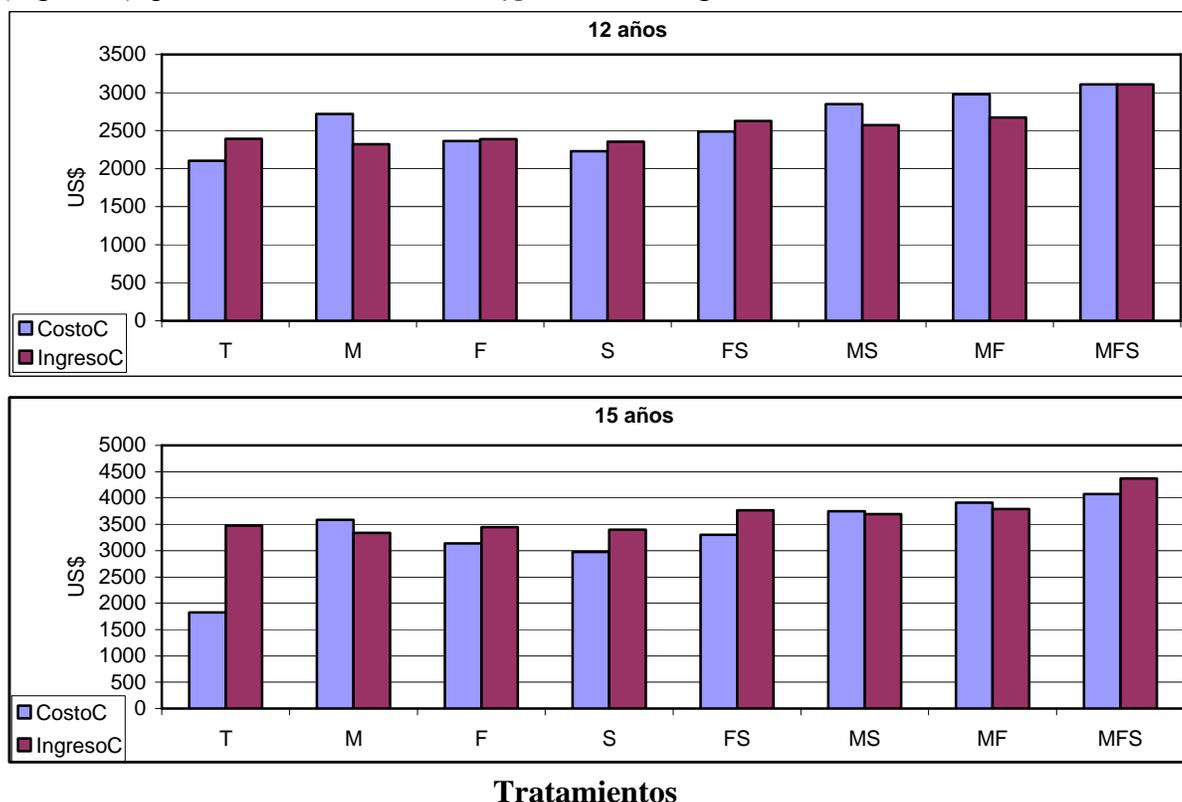
Figura 12: Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Precordillera de *Eucalyptus nitens*, a los 12 y 15 años de cosecha.

En estos, CostoC= Costo capitalizado, IngresoC=Ingreso por cosecha, T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

A los 12 años para la precordillera de *Eucalyptus nitens* el tratamiento con mejor diferencia entre ingresos y costos fue la preparación de sitio (S), le siguió el testigo (T) y finalmente la combinación fertilización y preparación de sitio (FS). Estos resultados para la preparación de sitio (S), se explican porque tuvo uno de los mayores ingresos y el segundo menor costo. Respecto de todos los tratamientos aplicados, el testigo (T) tuvo uno de los menores ingresos y el segundo menor costo, con la diferencia que su ingreso no se diferenció mucho del mayor. La combinación fertilización y preparación de sitio (FS) tuvo el segundo mayor ingreso y uno de los menores costos.

A los 15 años la situación se mantuvo igual con la preparación de sitio (S) en primer lugar, seguida por el testigo (T) y en tercer lugar la combinación fertilización y preparación de sitio (FS). La preparación de sitio (S) tuvo uno de los mayores ingresos los cuales no se diferenciaron mucho entre ellos y el segundo menor costo. El testigo (T) tuvo el menor costo y un ingreso intermedio. La combinación fertilización y preparación de sitio (FS) tuvo el mayor ingreso pero también el tercer menor costo.

La figura 13 presenta el costo capitalizado (CostoC) versus ingreso por cosecha (IngresoC), para la zona Valle de *Eucalyptus nitens*, según año de cosecha.



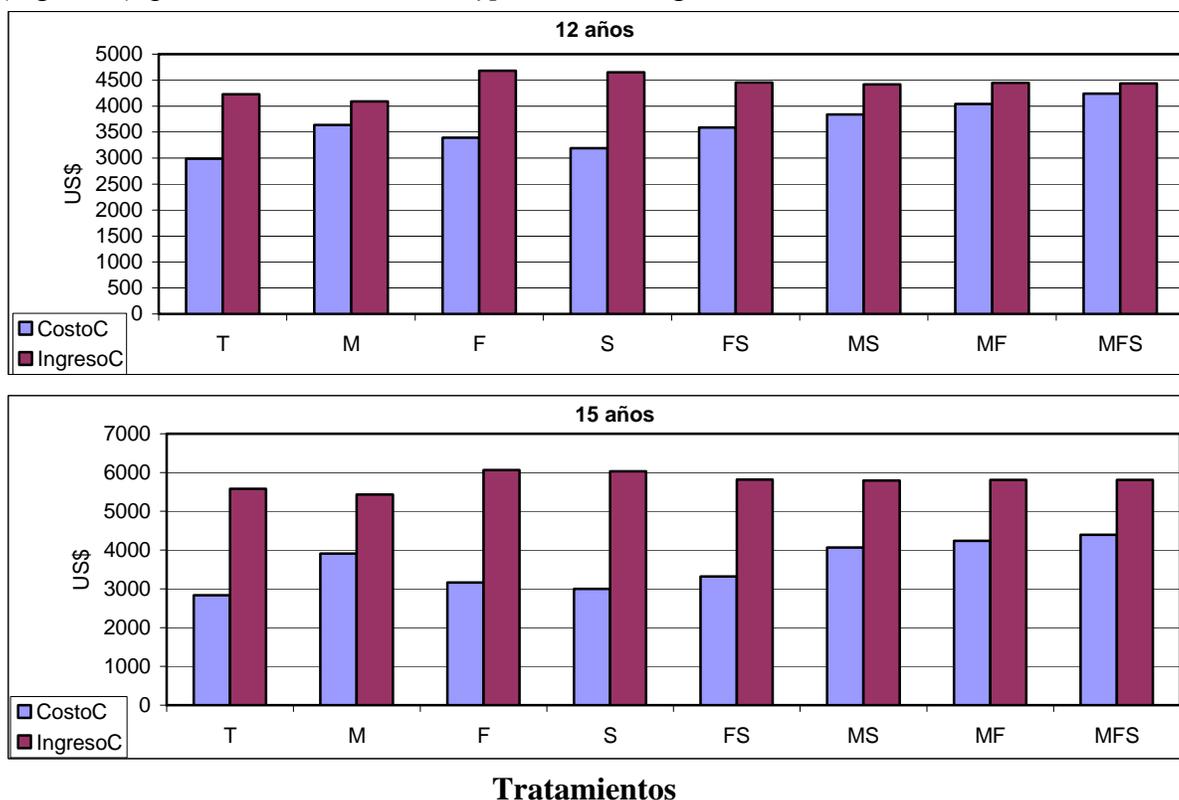
Tratamientos
Figura 13: Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Valle de *Eucalyptus nitens*, a los 12 y 15 años de cosecha.

En estos, CostoC= Costo capitalizado, IngresoC=Ingreso por cosecha, T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

A los 12 años para la zona valle de *Eucalyptus nitens* el tratamiento con mayor diferencia entre ingreso y costo fue el testigo (T), le siguió la combinación fertilización y preparación de sitio (FS) y finalmente la preparación de sitio (S). El testigo (T) tuvo un ingreso intermedio y el costo mas bajo. La combinación fertilización y preparación de sitio (FS) tuvo uno de los mejores ingresos y un costo intermedio. La preparación de sitio (S) por su parte si bien tuvo uno de los ingresos mas bajos, también el segundo menor costo. Se puede apreciar la influencia de la preparación de sitio (S) con el segundo menor costo después del testigo (T).

A los 15 años la situación se mantuvo igual, con el testigo (T) en primer lugar, seguido por la combinación fertilización y preparación de sitio (FS) y en tercer lugar la preparación de sitio (S). El testigo (T) si bien tuvo uno de los ingresos más bajos, también el menor costo, el cual es mucho menor al resto. La combinación fertilización y preparación de sitio (FS) tuvo uno de los mayores ingresos y además uno de los menores costos. La preparación de sitio (S) por su parte tuvo un ingreso intermedio y el segundo menor costo.

La figura 14 presenta el costo capitalizado (CostoC) versus ingreso por cosecha (IngresoC), para la zona Sur de *Eucalyptus nitens*, según año de cosecha.



Tratamientos
Figura 14: Resultados de costo capitalizado versus Ingreso por cosecha, para la zona Sur de *Eucalyptus nitens*, a los 12 y 15 años de cosecha.

En estos, CostoC= Costo capitalizado, IngresoC=Ingreso por cosecha, T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

A los 12 años para la zona sur de *Eucalyptus nitens* las mayores diferencias entre ingreso y costo las tuvo la preparación de sitio (S), seguida por la fertilización (F) y en tercer lugar el testigo (T). Estos resultados se explican debido a que la preparación de sitio (S) tuvo el segundo mayor ingreso y el segundo menor costo. Respecto de todos los tratamientos, la fertilización (F) tuvo el mayor ingreso y el tercer menor costo, el testigo (T) tuvo uno de los menores ingresos y el menor costo. Finalmente, se aprecia una gran diferencia entre el menor y el mayor costo, lo cual no ocurrió con los ingresos.

Se puede apreciar que a los 15 años la situación se mantuvo igual con la preparación de sitio (S) en primer lugar, seguida por la fertilización (F) y finalmente el testigo (T). La preparación de sitio (S) tuvo el segundo mejor ingreso y el segundo menor costo. La fertilización (F) tuvo el mayor ingreso y el tercer menor costo. Y el testigo (T) el segundo menor ingreso pero el menor costo. Además se aprecia un gran incremento de ingresos respecto de los 12 años y por su parte en los costos un incremento mínimo.

Cuadro N°14. Resumen de los mejores resultados económicos en VPS para *Eucalyptus nitens*, según zona, edad de cosecha y tratamiento.

<i>E. globulus</i>	Edad (años)	Tratamiento	VPS (US\$/ha)	Edad (años)	Tratamiento	VPS (US\$/ha)
Precordillera	12	S	1.840	15	S	1.544
		T	1.775		T	1.513
		FS	1.700		FS	1.422
Valle	12	T	183	15	T	295
		FS	87		FS	209
		S	79		S	191
Sur	12	S	1.520	15	S	1.352
		F	1.457		F	1.293
		T	1.338		T	1.223

T=Testigo, M=Control de maleza, F=Fertilización, S=Preparación de sitio, FS=Fertilización y preparación de sitio, MS=Control de maleza y preparación de sitio, MF=Control de maleza y fertilización, MFS=Control de maleza, fertilización y preparación de sitio.

5.3.2.1. Discusión general de los resultados económicos expresados en VPS, para *Eucalyptus nitens*

En la caso de *Eucalyptus nitens* en la Precordillera los mejores resultados se obtuvieron a los 12 años para la preparación de sitio (S) con 1840 US\$/ha, seguida por el testigo (T) con 1775 US\$/ha. En este caso una muy buena opción estaría en no aplicar un tratamiento extra ya que se obtienen también muy buenos resultados no aplicando ningún tratamiento al establecer la plantación. Por otra parte se debe analizar si los 65 US\$/ha extra por realizar la preparación de sitio (S) resulta aconsejable frente a no realizar ningún tratamiento.

Para la zona Valle – *E. nitens* los mejores resultados expresados en VPS se obtuvieron a los 15 años para el tratamiento testigo (T) con 295 US\$/ha, por lo que en este caso sería mejor no aplicar tratamientos extra a lo aplicado por la empresa al momento de la plantación.

Finalmente en la zona Sur – *E. nitens* los mejores resultados económicos se obtuvieron a los 12 años para el tratamiento preparación de sitio (S) con 1520 US\$/ha. Podemos agregar que el testigo (T) a los 12 años alcanzó, un VPS de 1338 US\$/ha, constituyéndose en una buena opción. Según lo anterior, serían suficientes los 182 US\$/ha mas que se percibirían por realizar la preparación de sitio, para justificar su aplicación.

6. CONCLUSIONES

Después de cinco años de realizada la plantación, sobre el crecimiento de ésta se puede concluir lo siguiente:

- La sobrevivencia de las plantas, es la adecuada para realizar los análisis descritos en esta memoria.
- A nivel de especie, *Eucalyptus nitens* presenta los mejores crecimientos volumétrico, alcanzando en la zona Precordillera con el tratamiento fertilización-preparación de sitio (FS), 179 m³/ha acumulados hasta los cinco años (28% superior al testigo). En la zona Sur, la mejor combinación de tratamientos es fertilización y preparación de sitio (FS) (49% superiores al testigo). En la zona Valle el control de maleza, fertilización y preparación de sitio (MFS) (37% superior al testigo) es la mejor combinación.
- En el caso de *Eucalyptus globulus* el mejor crecimiento volumétrico se obtiene en la zona Costa para el tratamiento control de maleza (M) con 74 m³/ha acumulados hasta los cinco años (38% superior que el testigo). Por su parte, en las zonas de crecimiento Valle y Sur, la mejor combinación de tratamientos es control de maleza y fertilización (MF) (178% y 74% superiores al testigo respectivamente, según volumen).

En términos económicos se puede concluir que:

- Comparando ambas especies, los mejores resultados económicos se obtienen con la especie *Eucalyptus globulus*.
- Para *Eucalyptus globulus* la mejor rentabilidad, expresada en VPS, se obtuvo en la zona Costa a los 12 años para el control de maleza (M), con 3.094 US\$/ha, superando a la fertilización (F) y al testigo (T) a los 12 años en 15 US\$/ha (0,5%) y 296 US\$/ha (9,5%), respectivamente. En la zona Valle los mejores resultados se obtuvieron a los 15 años con la combinación fertilización-preparación de sitio (FS), con un VPS de 1.386 US\$/ha, superando a la preparación de sitio (S) en 40 US\$/ha (3%), a la misma edad. En la zona Sur los mejores resultados se obtienen al realizar la cosecha final a los 15 años, para la combinación de tratamientos control de maleza – fertilización (MF), superando a la misma combinación de tratamientos a los 12 años en 30 US\$/ha (4,3 %).
- Para *Eucalyptus nitens* la mejor rentabilidad, expresada en VPS, se obtuvo en la zona Precordillera a los 12 años con la preparación de sitio (S) y un VPS de 1.840 US\$/ha, superando al testigo (T) en 65 US\$/ha (3,5%). En la zona Valle, los mejores resultados se obtuvieron con el testigo (T) y un VPS de 295 US\$/ha a los 15 años. En la zona Sur, los mejores resultados se obtuvieron con la preparación de sitio (S) y un VPS de 1.520 US\$/ha a los 12 años, superando a la fertilización (F) en 63 US\$/ha (4%) y al testigo (T) en 182 US\$/ha (12%), ambos a los 12 años.

7. RECOMENDACIONES

- En términos de establecimiento se sugiere realizar controles de maleza en toda la superficie de los rodales hasta el segundo año, antes que realizar un control en banda el primer año, para ambas especies y todas las zonas, salvo en la zona sur de *Eucalyptus nitens* donde se obtiene un crecimiento menor que con la aplicación general en banda.
- La preparación de sitio sólo se justifica, desde el punto de vista del crecimiento en volumen en aquellos suelos con un uso anterior intensivo y del tipo arcilloso (baja porosidad y alta densidad). En este tipo de situación su efecto favorable en el crecimiento volumétrico es permanente a partir del primer año.
- Económicamente la edad de rotación óptima para plantaciones de *Eucalyptus globulus* y *nitens*, en las zonas estudiadas, destinadas a producción de pulpa es de 12 años.
- La zona ideal, tanto por crecimiento volumétrico como económicamente, para plantar *Eucalyptus globulus* es la zona costera de suelos arcillosos, donde la restricción principal es la competencia de malezas.
- Para *Eucalyptus nitens* la zona ideal es la precordillera de suelos Limo-arcillosos, donde la restricción principal son los factores físicos del suelo.

8. BIBLIOGRAFIA

AGRICULTURE WESTERN AUSTRALIA. 1997. TreeNotes N° 2. Preparing sites for tree planting in the greater than 600 mm rainfall zone of Western Australia. 3p.

BARROS, S. y PRADO, J.A. 1989. *Eucalyptus*: Principios de silvicultura y Manejo. CONAF – INFOR. Santiago. Chile. 199p.

BONILLA, C y BONOMELLI, C. 2000. Riego y fertilización en plantaciones de eucalipto (primera parte). El Campesino 130: 24-27.

BONILLA, C y BONOMELLI, C. 2000 b. Riego y fertilización en plantaciones de eucalipto (segunda parte). El Campesino 131: 34-37.

BONOMELLI, C y SUAREZ, D. 1999. Fertilización del eucalipto.1. Efecto sobre la acumulación de biomasa. Ciencia e Investigación Agraria. 26: 1-10.

BRINKMANN, F. 1992. Estudio de mercado y análisis económico de plantaciones de eucalipto. Proyecto de Título Ing. Agrónomo, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 79p.

CALDERON, S. 1991. Respuesta del *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus* a la preparación del sitio, control de malezas y enmiendas nutricionales. Ciencia e investigación Forestal 5-22p.

CANELLO, J. 2000. Manejo de malezas arbustivas y arbóreas en plantaciones de pino (*Pinus radiata* D. Don). Tesis Ing. For. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. 85p.

CIREN. 1999. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico. VIII región. Publicación 121. Tomo 1. 288p.

CIREN. 1999. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico. VIII región. Publicación 121. Tomo 2. 586p.

CIREN. 1999. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico. IX región. Publicación 122. 326p.

CIREN. 2001. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico. X región. Publicación 123. Tomo 1. 199p.

CIREN. 2001. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico. X región. Publicación 123. Tomo 2. 412p.

CORMA. 2007. Entre el 2006 y 2025: ¿Cuánta madera de *Eucalyptus* habrá en Chile?. En: Temas de Fondo. Corma. Año 7. Junio. Vol1. 1p.

- DIGUILLIN. 2008. Forestal Diguillín, precios de *Eucalyptus globulus*. [en línea] <<http://www.diguillin.cl/PrecioMetroRuma.asp> > [Consulta: 03 de Marzo de 2008]
- DURAN, M. 1995. Preparación de sitios en establecimiento de plantaciones en el Noroeste de Corrientes, Argentina. Actas V Silvotecnica. Establecimiento de Plantaciones. Concepción, Chile. 16p.
- FAO.1981. El eucalipto en la repoblación forestal. Colección FAO: Montes. Roma. Italia. 723p
- FUENZALIDA, H. 1990. Determinación de la rentabilidad y edad de rotación óptima económica de *Eucalyptus globulus* Labill. ssp. *globulus*. Tesis Ing. For. Chillán, Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. 181p.
- GERDING, V; SCHLATTER, J; APARICIO, JL. y GREZ, R. 2001. Rendimiento de *Eucalyptus nitens* con distintos manejos nutritivos en un suelo rojo arcilloso del sur de Chile. In: Simposio IUFRO. Desarrollando el Eucalipto del futuro. Valdivia, Chile. 16p.
- GOMEZ, E. 2000. Análisis del efecto de factores de subsolado, fertilización y control de malezas en el crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don en la zona de Constitución, VII región. Memoria para optar al Título de Ing. Forestal. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 53p.
- GONZALEZ, G. y PARRA, P.1993. Enfermedades foliares en un ensayo de procedencias y familias de *Eucalyptus globulus* spp. *Globulus*, Cauquenes VII Región, Chile. In Simposio Los eucaliptos en el desarrollo forestal de Chile. 24 al 26 de Nov. De 1993 Pucón, Chile. 321-338 p.
- HOLMBERG, J. 1992. Silvicultura del *Eucalyptus*. En: 2° TALLER SILVICOLA. Eucalyptus – Bosque Nativo. Concepción. Chile. Fundación Chile. 116p.
- IBAÑEZ, C; NUÑEZ, P; PEZZUTTI, R; RODRIGUEZ, F. 2004. Efectos de la roturación del suelo y fertilización con fósforo en el crecimiento inicial de plantaciones de *Pinus taeda*, en suelos rojos del Norte de la provincia de Corrientes, Argentina. Bosque 25 (2): 69-76.
- INFOR. 2003. *Eucalyptus nitens*: La nueva estrella del sector forestal. Lignum. 67: 59-61p
- INFOR. 2004. *Eucalyptus nitens* en Chile: Primera Monografía. Informe técnico N°165. Valdivia. 143 p.
- INFOR. 2005. Boletín estadístico 111. Estadísticas forestales chilenas 2005. 165p.
- INFOR. 2006. Boletín estadístico 117. Estadísticas forestales chilenas 2006. 168p.

INFOR. 2006. *Eucalyptus nitens*: una alternativa que se proyecta. Lignum. Septiembre: 39-41.

INFOR-CORFO. 2006. Sistema de Gestión Forestal, requerimientos ecológicos del *Eucalyptus nitens*. [en línea]
<http://www.gestionforestal.cl/pt_02/plantaciones/txt/ReqEcol/RENIT.htm> [Consulta: 7 de Marzo de 2006]

JAYAWICRAMA, K.J., SHALETTER, J.E. y R. ESCOBAR. 1993. Eucalypt plantation forestry in Chile. Australian Forestry. 56: 179-192.

KOGAN, M. y FIGUEROA, R. 1999. Interferencia producida por las malezas durante los dos primeros años en *Pinus radiata* D. Don. Bosque. 20(1): 57-64p

MARTINEZ, A. 1981. Índices de sitio para *Eucalyptus globulus* (Lab.) de la zona de Concepción y Arauco. Tesis Ing. For. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. 95 p.

MOLINA, S. 1996. Aptitud pulpable de madera de *Eucalyptus globulus ssp maidenii* y *Eucalyptus nitens* a diferentes alturas, mediante la aplicación de un pulpaje Kraft. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. 60 p.

MUÑOZ, P. 2004. Análisis biológico-económico de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill, de 5 años, sometido a distintas dosis de fertilización de establecimiento, en el sector costero de la VIII región. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Católica de Temuco. 52p.

NOVOA, R. y VILLASECA, S. 1989. Mapa agroclimático de Chile. INIA.MINAGRI.75-102p.

ÑANCUVILU, J. 1995. Efecto de la preparación del suelo y del tipo de planta en el primer año de establecimiento de *Eucalyptus globulus* (Lab.) spp. *globulus* y *Eucalyptus nitens* en suelos ñadis de la comuna de Calbuco, Décima Región. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 72p.

PRADO, J.A. y WRANN, J. 1988. La importancia de la preparación del sitio y la fertilización en el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus*. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género *Eucalyptus*. INFOR – CORFO, Viña del Mar, Chile. Pág: 266-285.

RARERE, E. 1995. Mechanical site preparation. Second Internacional Conference on forest vegetation management. 66p.

RODRIGUEZ, J. 1994. Efecto de la intensidad inicial de control de maleza en el crecimiento de *E. globulus*. Silvotecnica II: Control de Malezas. 112-118p.

RODRIGUEZ, J. 2003. Crecimiento y evaluación económica de clones de *E. globulus* plantados en la VIII Región, Chile. En: Primer Simposio Iberoamericano de *Eucalyptus globulus*. INIA-IUFRO. Uruguay.

SANCHEZ –OLATE, M; RIOS, D; PEREIRA, G. y ESCOBAR R. 1999. Uso anterior del suelo y fertilizantes determinan el crecimiento de plantaciones de eucalipto. *Agro-Ciencia* 15: 271-277.

SANTIBAÑEZ, F y URIBE, J. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones sexta a novena. 63-69 p.

SCHONAU, A.P.G.; VAN THEMAAT, V. & BODEN, D. 1981. The importance of complete site preparation and fertilizing in the establishment of *E. grandis* South Africa *Forestry Journal* 116: 1-10.

TOSSO, J., (ed). 1985. Suelos Volcánicos de Chile.1ª ed. Instituto de investigación agropecuaria (INIA). Santiago. 723p.

UNIVERSIDAD DE TALCA. 2007. Centro tecnológico de suelos y cultivos. Facultad de Ciencias Agrarias. [en línea]
<http://www.ctsyc.cl/mapa_suelos/mapa_suelos.php>[Consulta: 10 de Marzo de 2007]

ZAPATA, A. 2001. Efectos de las variables de establecimiento inicial en el crecimiento y la rentabilidad de plantaciones de *E. globulus* y *E. nitens*. En: Simposio Internacional IUFRO “Desarrollando El Eucalipto del Futuro” Chile, Valdivia. 15p.

9. ANEXOS

ANEXO 1: Descripción de las actividades realizadas por especie y zona

- **Zona Costa- *Eucalyptus globulus***

Control de malezas:

1. Abril/1998. Previo a la plantación se aplica Roundap+Gesatop+Galactic con bomba de espalda.
2. Julio/1998. Postplantación se realiza un control mecánico de zarzamora a 60 cm. a cada lado de las plantas con azadón.
3. Octubre/1998. Postplantación se aplica Roundap+Simazina+Unifilm a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda.

Fertilización:

1. Julio/1998. Aplicación de N+P+K+B en el hoyo al momento de la plantación.
2. Septiembre/1998. Aplicación de N+P+K+B en dos hoyos a 20 cm. de la planta.

Corrección de daño por viento.

1. Julio/1999. Corrección a 124 árboles. 13 Jornadas/hombre.
2. Noviembre/1999. Retiro de tutores.
3. Julio/2000. Corrección a 758 árboles.

- **Zona Valle- *Eucalyptus globulus***

Control de malezas:

1. Agosto/1998. Preplantación se realiza un control químico compuesto por Glifosato+Simazina con bomba de espalda.
2. Octubre/1998. Postplantación se aplica Glifosato Roundap+Simazina con bomba de espalda.
3. Enero/1999. Postplantación se aplica Glifosato Roundap con bomba de espalda.
4. Agosto/1999. Postplantación se aplica Roundap+Simazina+Unifilm a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda en toda la parcela. Y en bandas de un metro a cada lado de la hilera de plantación en las que no corresponde el tratamiento.

Fertilización:

1. Julio/1998. Aplicación de N+P+S+Ca al voleo al momento de la plantación a las parcelas que corresponda.
2. Agosto/1999. Fertilización correctiva con B a todo el ensayo entre las hileras.
3. Noviembre/1999. Retiro de fertilizante (B) a parcelas que no les corresponde según tratamiento.

- **Zona Sur- *Eucalyptus globulus***

Control de malezas:

1. Junio/1998. Previo a la plantación se aplica Roundap+Esteron+Simazina+ Unifilm con bomba de espalda.
2. Diciembre/1998. Postplantación se aplica Galant+Lontrel+Simazina, en faja de un metro por lado de la hilera de plantación para las parcelas que no corresponde tratamiento, siendo una aplicación estándar de todas las empresas del proyecto. Para las que corresponde, se les aplica en toda la superficie.
3. Enero/1999. Postplantación se aplica Galant Plus+ Lontrel 3A+ Gesatop 90 WG+ Roundap Max+ Unifilm 707 a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda. Al resto de parcelas que no corresponde control de malezas se les aplica en fajas de un metro a cada lado de la hilera de plantación.

Fertilización:

1. Septiembre/1998. Aplicación a las parcelas que corresponde según tratamiento de Fosfato monoamónico, Boronatrocalcita, N+P+Mg+Ca+S+B en 4 hoyos a 15 cm de la planta y a 10 a 15 cm de profundidad.

- **Precordillera- *Eucalyptus nitens***

Control de malezas:

1. Agosto/1999. Previo a la plantación se aplica Roundap+Gesatop con bomba de espalda al total de plantación.
2. Septiembre/1999. Postplantación se aplica Gesatop+Roundap+Galactic a las parcelas que corresponde el tratamiento y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.
3. Octubre/1999. Postplantación se aplica Roundap+Simazina+Galactic a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.
4. Enero/2000. Control específico de zarzamora con Roundap+Garlon.
5. Mayo/2000. Postplantación se aplica Roundap+Gesatop+Galactic a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.
6. Octubre/2000. Postplantación se aplica Gesatop+Glifosato a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.

Fertilización:

1. Septiembre/1999. Aplicación de N+P+B en el hoyo al momento de la plantación.

Replante:

1. Noviembre/1999. Replante de 50 plantas por ingreso de ganado. Se regaron al momento del replante.
2. Noviembre/1999. Riego plantas replantadas.

- **Valle- *Eucalyptus nitens***

Control de malezas:

1. Agosto/1998. Previo a la plantación se aplica Roundap+Galactic con bomba de espalda al total de plantación.
2. Agosto/1998. Postplantación se aplica Gesatop a las parcelas que corresponde el tratamiento y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.
3. Octubre/1998. Postplantación se aplica Roundap a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.
4. Enero/1999. Control mecánico a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda y al resto en banda de un metro por lado de la hilera.
5. Mayo/1999. Postplantación se aplica Roundap+Gesatop+Galactic a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda.
6. Octubre/2000. Postplantación se aplica Gesatop+Glifosato a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda.

Fertilización:

1. Agosto-Septiembre/1998. Aplicación de N+P+B en dos bandas de 60 cm de largo a 15 cm de profundidad y a 15 cm de la planta a las parcelas que correspondan según tratamientos.

- **Sur- *Eucalyptus nitens***

Control de malezas:

1. Septiembre/1998. Previo a la plantación se aplica Roundap con bomba de espalda al total de plantación.
2. Marzo/1999. Postplantación se aplica Gesatop+Galant+Lontrel a las parcelas que corresponde el tratamiento según tratamiento +Desbroce.
3. Marzo/1999. Postplantación se aplica Roundap a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda (repasso).
4. Abril/1999. Postplantación se aplica Galant+Gesatop+Lontrel con bomba de espalda a las parcelas que no tienen el tratamiento en bandas de un metro por lado de la hilera. Además se realizó un desbroce
5. Noviembre/1999. Postplantación se aplica Galant+Lontrel+Simazina a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda.
6. Diciembre/1999. Postplantación se aplica un repaso de Roundap a las parcelas que correspondan según tratamientos con bomba de espalda.

Fertilización:

1. Agosto-Septiembre/1998. Aplicación de Mezcla 4 de Anagra a las parcelas que correspondan según tratamientos.

**ANEXO 2: Propiedades físicas, químicas y físicoquímicas del suelo
Serie Nueva Imperial = Zona Valle – *Eucalyptus globulus***

Distribución de partículas por tamaño %	Profundidad cm.		
	0-11	11-25	25-55
Textura	AL	A	A
Densidad aparente g/cm ³	1,03	1,11	1,02
Humedad retenida 1/3 atm. %	38	35,9	39
Humedad retenida 15 atm. %	29	29,9	32
Humedad aprovechable %	8,6	6	7
Carbono orgánico %	4,71	2,61	1,79
pH H ₂ O	5,7	6,4	6,6
Complejo de cambio (cmol+/kg)			
Ca	8,06	9,95	11,07
Mg	2,12	2,48	3,05
K	0,09	0,04	0,04
Na	0,22	0,37	0,64
Al	0,17	0,06	0,01
Suma de bases (Meq/100gr)	10,5	12,84	14,8
Capacidad Total de intercambio (CIC) (Meq/100g)	33	34,7	30
CICE (CIC Efectiva) (Meq/100g)	10,7	12,9	14,81
Saturación de bases %	32	37	49
Saturación de Al %	1,6	0,5	0,1
Al _{ox}	0,89	0,81	0,66
Feos	1,56	1,21	0,91
Al _{ox} +1/2Fe _{ox}	1,66	1,41	1,12

(CIREN, 1999)

Propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas del suelo
Serie Corte Alto = Zona Sur – *Eucalyptus globulus*

Distribución de partículas por tamaño %	Profundidad cm.					
	0-18	18-47	47-77	77-122	122-170	170-194
Textura	A	FA	F	aF	Fa	Fa
Densidad aparente g/cm ³	0,86	0,88	0,93	0,85	0,66	0,76
Retención de agua 33kPa% (Suelo seco)	41,7	42,7	45,7	55,3	75,6	61,1
Retención de agua 1500kPa% (Suelo seco)	28,7	24,4	24,6	22,3	32,5	26,8
Humedad aprovechable %	13	18,3	21,1	33	43,1	34,3
Carbono orgánico %	6,76	1,26	0,84	0,88	0,43	0,5
pH H ₂ O 1:1	5,6	5,3	5,8	6,2	6,2	6,3
Retención de P%	89	96	99	99	99	91
Cationes extraíbles (cmol+/kg)						
Ca	9,4	3,1	4,8	2	1,7	6
Mg	2,4	1	1,2	0,4	0,2	1,6
K	1,6	1,2	0,1	0,1	0,2	0,2
Na	0,1	0,2	0,7	0,3	0,2	1,8
Al	0,7	1,1	0,2	0,1	0,1	0,2
Suma de bases (Meq/100gr)	13,5	5,5	6,8	2,8	2,3	9,6
Capacidad Total de intercambio (CIC) (Meq/100gr)	46,8	34,2	32,9	29,5	33,7	30,9
CICE (CIC Efectiva) (Meq/100gr)	14,2	6,6	7	2,9	2,4	9,8
Saturación de bases %	34	24	32	14	11	37
Saturación de Al %	5	17	3	3	4	2
Al _{ox}	1,2	1,4	1,5	4,5	6,1	1
Feos	1,4	1,6	1,3	1,6	1,8	2,2
Al _{ox} +1/2Fe _{ox}	1,9	2,2	2,15	5,3	7	2,1
Índice Melamínico						

(Adaptación de CIREN, 2001 y TOSSO, 1985)

Propiedades físicas, químicas y físicoquímicas del suelo
Serie Santa Bárbara = Zona Precordillera – *Eucalyptus nitens*

Distribución de partículas por tamaño %	Profundidad cm.						
	0-17	17-28	28-43	43-67	67-98	98-120	120-145
Textura	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL
Densidad aparente g/cm ³	0,94	0,79	0,71	0,98	0,94	0,89	0,85
Humedad retenida 1/3 atm. %	59,5	67,09	61,61	54,99	55,5	57,52	61,27
Humedad retenida 15 atm. %	26,4	35,67	38,6	37,15	38,5	40,65	42,33
Humedad aprovechable %	33,1	31,42	23,01	17,84	17	16,87	18,94
Carbono orgánico %	3,6	3,07	2,67	4	0,98	0,68	2,05
Materia orgánica %	6,19	5,28	4,59	6,88	1,69	1,17	3,53
pH H ₂ O	6,07	6,41	6,79	6,99	6,18	7,18	6,4
Complejo de cambio (cmol+/kg)							
Ca	5,75	6,75	7,88	7,34	8,25	6,5	6,88
Mg	0,84	1,07	1,28	1,13	1,19	1,36	1,93
K	0,39	0,34	0,36	0,29	0,12	0,15	0,14
Na	0,34	0,55	0,28	0,3	0,34	0,42	0,46
Suma de bases (Meq/100gr)	7,32	8,71	9,8	9,06	9,9	10,18	9,41
Capacidad Total de intercambio (CIC) (Meq/100gr)	36,8	40,88	42	41,25	39,4	39,38	39
Saturación de bases %	37	21	23	22	25	26	24
Retención de Fosfatos	95,8	97,6	98,7	99	99,2	99,4	99,55
Al extr.ác.ox.	5,13	5,5	6,5	5,38	5,88	5,63	6,25

(CIREN, 1999)

Propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas del suelo
Serie Collipulli = Zona Valle – *Eucalyptus nitens*

Distribución de partículas por tamaño %	Profundidad cm.				
	0-15	15-35	35-47	47-84	84-150
Textura	A	A	A	A	A
Densidad aparente g/cm ³	1,14	1,16	1,11	1,03	0,91
Humedad retenida 1/3 atm. %	32,2	30,7	29,8	31,6	36,3
Humedad retenida 15 atm. %	20,3	20,6	20,6	25,7	28,3
Humedad aprovechable %	11,9	10,1	9,2	5,9	8
Carbono orgánico %	3,68	2,31	1,72	1,03	0,66
pH H ₂ O	5,9	5,7	5,7	6,1	6,2
Retención de P %	62	58	59	59	67
Complejo de cambio (cmol+/kg)					
Ca	6,85	6,31	5,72	6,75	7,28
Mg	3,44	3,06	2,8	2,48	3,04
K	0,1	0,05	0,03	0,03	0,04
Na	0,12	0,1	0,08	0,12	0,27
Al	0,14	0,35	0,73	0,15	0,03
Suma de bases (Meq/100gr)	10,5	9,52	8,63	9,38	10,63
Capacidad Total de intercambio (CIC) (Meq/100gr)	29,3	30,5	25,7	20,8	19,7
CICE (CIC Efectiva) (Meq/100gr)	10,7	9,87	9,36	9,53	10,66
Saturación de bases %	36	31	34	45	54
Saturación de Al %	1,3	3,5	7,8	1,6	0,3

(Adaptación de CIREN, 1999 y TOSSO, 1985)

Propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas del suelo
Serie Llastuco = Zona Sur- *Eucalyptus nitens*

Distribución de partículas por tamaño %	Profundidad cm.			
	0-20	20-54	54-77	77-110
Textura	FAL	A	A	A
Densidad aparente g/cm ³	0,86	0,66	0,67	0,67
Humedad retenida 1/3 atm. %	58,6	65,5	49,5	53,4
Humedad retenida 15 atm. %	36,3	51,2	38,2	35,6
Humedad aprovechable %	22,3	14,3	11,3	17,8
Carbono orgánico %	8,54	2,92	2,7	3,07
pH H ₂ O	5,5	5,8	5,6	5,6
Retención de P%	97	97	98	98
Complejo de cambio (cmol+/kg)				
Ca	1,75	0,55	0,75	0,53
Mg	0,84	0,26	0,35	0,21
K	0,43	0,36	0,49	0,64
Na	0,09	0,03	0,05	0,09
Al	0,24	0,06	0,05	0,03
Suma de bases (Meq/100gr)	3,11	1,2	1,64	1,47
Capacidad Total de intercambio (CIC) (Meq/100gr)	34,9	29,4	34,4	39,4
CICE (CIC Efectiva) (Meq/100gr)	3,35	1,26	1,69	1,5
Saturación de bases %	9	4	5	4
Saturación de Al %	7	5	3	2
Fe _{ox}	0,36	0,14	0,1	0,23
Al _{ox} +1/2Fe _{ox}	3,04	2,86	3,29	3,54
Índice Melamínico	1,73	1,44	1,39	1,5

(Adaptación de CIREN, 2001 y TOSSO, 1985)

10. APENDICES

1. Volúmenes según edad de cosecha y tratamiento, por zona de crecimiento, para *Eucalyptus globulus*

Zona	Sur (Volumen m ³ /ha)		Valle (Volumen m ³ /ha)		Costa (Volumen m ³ /ha)	
	12 años	15 años	12 años	15 años	12 años	15 años
MFS	202	279	277	388	424	577
FS	146	212	261	371	376	514
MS	185	258	277	388	377	550
MF	223	303	285	396	413	509
S	131	194	240	347	374	561
F	173	244	223	327	420	568
M	174	247	258	366	431	510
T	108	163	196	295	379	507

2. Volúmenes según edad de cosecha, por zona de crecimiento, para *Eucalyptus nitens*.

Zona	Sur (Volumen m ³ /ha)		Valle (Volumen m ³ /ha)		Precordillera (Volumen m ³ /ha)	
	12 años	15 años	12 años	15 años	12 años	15 años
MFS	576	754	404	568	672	840
FS	579	756	341	490	675	843
MS	574	752	334	480	676	842
MF	578	755	347	492	637	802
S	604	784	306	442	670	836
F	608	788	310	447	651	817
M	531	705	302	433	625	786
T	550	725	311	451	640	806

3. VPN y TIR para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus globulus* a los 12 años

Zona	Sur (VPN US\$/ha)				Valle (VPN US\$/ha)				Costa (US\$/ha)			
	TIR				TIR				TIR			
Tratam/Tasa	12%	8%	4%	%	12%	8%	4%	%	12%	8%	4%	%
MFS	-191	230	929	9,93	142	745	1.739	13,31	796	1.756	3.330	17,92
FS	-273	15	497	8,16	239	807	1.743	14,52	749	1.596	2.985	18,53
MS	-163	218	851	10,04	247	851	1.847	14,44	690	1.536	2.925	17,81
MF	-48	423	1.204	11,48	228	850	1.876	14,15	797	1.731	3.261	18,20
S	-214	33	450	8,43	248	765	1.618	14,96	840	1.681	3.059	19,91
F	-82	266	846	10,86	119	594	1.378	13,41	994	1.947	3.507	20,45
M	-138	211	795	10,17	212	769	1.689	14,25	979	1.956	3.557	19,93
T	-288	-92	241	6,66	104	514	1.194	13,43	916	1.769	3.169	20,90

4. VPN y TIR para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus globulus* a los 15 años

Zona	Sur (VPN US\$/ha)				Valle (VPN US\$/ha)				Costa (VPN US\$/ha)			
	TIR				TIR				TIR			
Tratam/Tasa	12%	8%	4%	%	12%	8%	4%	%	12%	8%	4%	%
MFS	-239	310	1.335	9,95	30	827	2.306	12,21	703	1.935	4.198	-239
FS	-282	118	871	8,94	219	982	2.393	13,80	672	1.763	3.770	-282
MS	-199	303	1.245	10,11	133	930	2.409	12,99	723	1.894	4.048	-199
MF	-110	495	1.622	11,06	106	922	2.433	12,76	540	1.617	3.599	-110
S	-237	120	797	9,08	246	953	2.265	14,26	925	2.125	4.328	-237
F	-131	340	1.224	10,61	131	792	2.020	13,19	893	2.107	4.337	-131
M	-170	312	1.215	10,29	112	858	2.243	12,89	648	1.728	3.717	-170
T	-285	1	548	8,01	133	722	1.819	13,39	805	1.881	3.859	-285

5. VPN y TIR para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus nitens* a los 12 años

Zona	Sur (VPN US\$/ha)				Valle (VPN US\$/ha)				Precordillera (VPN US\$/ha)			
	12%	8%	4%	TIR %	12%	8%	4%	TIR %	12%	8%	4%	TIR %
MFS	51	604	1.518	12,49	-361	1	606	8,01	239	895	1.976	14,13
FS	222	781	1.702	14,36	-247	55	560	8,59	412	1.075	2.165	16,05
MS	150	701	1.611	13,54	-396	-110	373	6,88	350	1.011	2.099	15,32
MF	105	660	1.576	13,04	-422	-122	385	6,83	222	841	1.862	14,10
S	375	961	1.927	16,21	-214	50	493	8,61	506	1.163	2.245	17,37
F	331	921	1.894	15,56	-257	11	462	8,13	416	1.054	2.102	16,32
M	116	620	1.455	13,28	-408	-158	269	6,26	301	908	1.907	15,08
T	319	846	1.716	15,92	-153	116	568	9,47	497	1.122	2.151	17,65

6. VPN y TIR para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus nitens* a los 15 años

Zona	Sur (VPN US\$/ha)				Valle (VPN US\$/ha)				Precordillera (VPN US\$/ha)			
	12%	8%	4%	TIR %	12%	8%	4%	TIR %	12%	8%	4%	TIR %
MFS	-231	445	1.703	10,34	-391	93	1.005	8,60	-183	578	1.993	10,79
FS	104	787	2.054	12,90	-264	148	925	9,17	234	1.007	2.437	13,91
MS	-131	542	1.796	11,00	-412	-18	731	7,87	-76	687	2.107	11,47
MF	-179	497	1.757	10,68	-446	-39	734	7,72	-185	538	1.883	10,72
S	246	958	2.277	14,25	-228	135	823	9,21	327	1.093	2.511	14,89
F	200	915	2.242	13,75	-272	97	796	8,83	247	993	2.374	14,13
M	-146	480	1.648	10,82	-426	-79	585	7,36	-104	602	1.919	11,23
T	215	866	2.076	14,13	-164	209	915	9,93	336	1.072	2.434	15,15

7. VPS para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus globulus* a los 12 años

Zona	Sur (VPS US\$/ha)			Valle (VPS US\$/ha)			Costa (VPS US\$/ha)		
	12%	8%	4%	12%	8%	4%	12%	8%	4%
MFS	-248	363	2.326	184	1.178	4.354	1.032	2.778	8.337
FS	-354	23	1.244	310	1.276	4.365	972	2.524	7.472
MS	-211	344	2.131	320	1.345	4.624	895	2.429	7.322
MF	-63	668	3.013	296	1.345	4.697	1.034	2.737	8.163
S	-278	53	1.127	322	1.210	4.051	1.090	2.659	7.659
F	-107	420	2.117	154	939	3.451	1.290	3.079	8.781
M	-179	334	1.990	275	1.216	4.228	1.271	3.094	8.905
T	-373	-146	603	135	812	2.988	1.188	2.798	7.933

8. VPS para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus globulus* a los 15 años

Zona	Sur (VPS US\$/ha)			Valle (VPS US\$/ha)			Costa (VPS US\$/ha)		
	12%	8%	4%	12%	8%	4%	12%	8%	4%
MFS	-285	437	2.865	36	1.168	4.947	840	2.733	9.008
FS	-336	166	1.870	262	1.386	5.134	803	2.490	8.088
MS	-238	428	2.671	159	1.314	5.169	864	2.675	8.684
MF	-132	698	3.480	127	1.301	5.220	646	2.283	7.721
S	-283	170	1.710	294	1.346	4.859	1.105	3.001	9.286
F	-157	480	2.626	156	1.119	4.335	1.067	2.976	9.305
M	-203	441	2.608	134	1.212	4.812	775	2.441	7.974
T	-340	1	1.175	159	1.020	3.902	962	2.656	8.280

9. VPS para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus nitens* a los 12 años

Zona	Sur (VPS US\$/ha)			Valle (VPS US\$/ha)			Precordillera (VPS US\$/ha)		
	12%	8%	4%	12%	8%	4%	12%	8%	4%
MFS	66	955	3.801	-468	1	1.518	310	1.416	4.948
FS	288	1.235	4.262	-321	87	1.402	535	1.700	5.419
MS	194	1.108	4.033	-513	-174	934	454	1.599	5.254
MF	136	1.043	3.946	-547	-192	963	288	1.330	4.661
S	487	1.520	4.825	-278	79	1.235	656	1.840	5.619
F	429	1.457	4.741	-334	18	1.157	540	1.666	5.262
M	150	980	3.642	-530	-249	673	391	1.435	4.775
T	413	1.338	4.296	-199	183	1.421	645	1.775	5.385

10. VPS para cada tratamiento según tasa de descuento y zona de crecimiento de *Eucalyptus nitens* a los 15 años

Zona	Sur (VPS US\$/ha)			Valle (VPS US\$/ha)			Precordillera (VPS US\$/ha)		
	12%	8%	4%	12%	8%	4%	12%	8%	4%
MFS	-276	628	3.654	-467	131	2.155	-219	816	4.275
FS	124	1.111	4.407	-315	209	1.985	279	1.422	5.228
MS	-157	765	3.853	-492	-25	1.569	-91	971	4.520
MF	-21	702	3.769	-532	-55	1.575	-221	760	4.040
S	294	1.352	4.885	-273	191	1.766	391	1.544	5.388
F	239	1.293	4.810	-325	137	1.707	295	1.403	5.094
M	-174	678	3.536	-509	-112	1.254	-124	851	4.116
T	257	1.223	4.455	-196	295	1.963	401	1.513	5.222