



UNIVERSIDAD CATOLICA DE TEMUCO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE UNA APLICACIÓN DE RIEGO
POR ASPERSIÓN SOBRE UNA PLANTACIÓN DE
Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden
ESTABLECIDA EN UN SUELO ROJO ARCILLOSO DEL
VALLE CENTRAL DE LA VIII REGIÓN, CHILE.**

Tesis presentada en
conformidad a los requisitos
para optar al título de:
INGENIERO FORESTAL

PROFESOR GUÍA:
Emilio Guerra Bugueño
Ingeniero Forestal

PAULA ALEJANDRA VILLARROEL CORDOVA.

TEMUCO – CHILE

2004

CALIFICACIÓN COMISIÓN INFORMANTE

		Nota
Profesor Patrocinante	:Emilio Guerra Bugueño	6,4
Profesor co-Patrocinante	:Francisco Montoya Stuardo	6,5
Profesor Informante	:José Álvarez Muñoz	6,6

VºBº Profesor patrocinante
EMILIO GUERRA BUGUEÑO
Ingeniero Forestal

VºBº Profesor co-patrocinante
FRANCISCO MONTOYA STUARDO
Ingeniero Forestal

VºBº Profesor Informante
JOSÉ ÁLVAREZ MUÑOZ
Ingeniero Forestal

VºBº Director de Escuela
CELSO NAVARRO CARCAMO
Ingeniero Forestal

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO	Página
1. INTRODUCCIÓN	14
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
2.1. Antecedentes	17
2.2. Riego	18
2.2.1. Riego por microaspersión	19
2.2.2. Experiencias de riego en Chile	20
2.3. Especie en estudio	21
2.3.1. Distribución natural	22
2.3.2. Descripción de la especie	23
2.3.3. Importancia forestal de la especie	24
2.3.4. Resultados de su introducción en Chile	26
2.4. Fertilización	29
2.4.1. Fertilizaciones en plantaciones forestales.	30
2.4.2. Fertilización al establecimiento	31
2.4.3. Importancia económica de la fertilización forestal	32
2.5. Análisis Económico del riego forestal	33
2.5.1. Valor Actual Neto	33
2.5.2. Valor Potencial del Suelo	35
2.5.3. Tasa interna de retorno	36
2.6. Hipótesis	38
3. MATERIAL Y METODO	39
3.1. Materiales	39
3.1.1. Plantación	39

3.1.2.	Control de malezas post-plantación	39
3.1.3.	Instalación de sistema de riego	39
4.	METODOLOGIA	41
4.1.	Descripción del área de estudio	41
4.1.1.	Suelo	42
4.1.2.	Clima	44
4.2.	Diseño experimental	46
4.2.1.	Manejo del ensayo	48
4.3.	Mediciones	53
4.3.1.	Variables de crecimiento	53
4.3.1.1.	Diámetro a la altura del Pecho (DAP) medido a 1.3 m desde la base del árbol. Medido en cm.	53
4.3.1.2.	Altura total (Ht): medida desde el suelo hasta el ápice de la planta. Medido en cm	53
4.3.1.3.	Cálculo de Volumen:	53
4.3.2.	Estimación del crecimiento futuro	54
4.3.2.1.	Análisis estadístico	54
4.3.3.	Evaluación del riego	54
4.3.4.	Análisis económico	55
4.3.4.1.	Valor actual neto	55
4.3.4.2.	Valor potencial del suelo	56
4.3.4.3.	Tasa interna de retorno	56
4.3.5.	Análisis de sensibilidad para las variables volumen, costo de riego y tasa de descuento	57

5.	RESULTADOS	58
5.1.	Efecto de la precipitación en la variable DAC y DAP	58
5.2.	Efecto inicial del riego y nivel de fertilización	60
5.3.	Análisis Estadístico en combinación de tratamientos	63
5.3.1.	Diámetro a la altura del pecho	63
5.3.2.	Altura total	64
5.3.3.	Volumen	66
5.4.	Análisis Estadístico Riego v/s Fertilización	68
5.4.1.	Análisis estadístico del riego para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP)	68
5.4.2.	Análisis estadístico del riego para la variable altura total (Ht)	70
5.4.3.	Análisis estadístico del riego para la variable Volumen (VOL)	71
5.4.4.	Análisis estadístico de la fertilización para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP)	73
5.4.5.	Análisis estadístico de la fertilización para la variable altura total (Ht)	74
5.4.6.	Análisis estadístico de la fertilización para la variable Volumen (VOL)	76
5.4.7.	Comparación de medias de tratamientos para las variables DAP, Altura total y Volumen	77
5.5.	Análisis económico	81
5.6.	Análisis de sensibilidad	84

5.6.1.	Análisis de sensibilidad para la variable tasa de descuento	84
5.6.2.	Análisis de sensibilidad para la variable Precio del m ³	85
5.6.3.	Análisis de sensibilidad para la variable Costo de riego	86
5.6.4.	Análisis de sensibilidad para la variable Volumen	87
5.7.	Discusiones	89
6.	CONCLUSIONES	91
7.	RESUMEN	95
8.	SUMMARY	97
9.	BIBLIOGRAFÍA	99
10.	ANEXOS	104

INDICE DE CUADROS

CUADRO Nº

En el texto

1.	Antecedentes de <i>Eucalyptus nitens</i> Maiden según lugar de cultivo.	28
2.	Resultado del análisis de suelo efectuado a las muestras extraídas del Predio Verdún.	43
3.	Tratamientos aplicados al ensayo de <i>Eucalyptus nitens</i> (Deane & Maiden) Maiden.	47
4.	Dosis de formulación de fertilización operacional (FO) y fertilización general completa (FGC).	48
5.	Actividades realizadas.	49
6.	Riego Verdún según antecedentes temporada 1999-2000.	50
7.	Riego Verdún según antecedentes temporada 2000-2001.	50
8.	Riego Verdún según antecedentes temporada 2001-2002.	50
9.	Riego Verdún según antecedentes temporada 2002-2003.	51
10.	Riego Verdún según antecedentes temporada 2003-2004.	52
11.	Evapotranspiración mensual en el período seco de la zona de estudio según el trienio 1960-1990.	52
12.	Comparación de diámetros con precipitación.	58
13.	Efecto de la disponibilidad de agua y de las dosis de Fertilización en el crecimiento de los árboles del Valle Central Norte a los 12, 24, 36 meses.	61
14.	Resumen estadístico para la variable DAP.	63
15.	Resumen estadístico para la variable Ht.	64
16.	Resumen estadístico para la variable Volumen.	66

17.	Resumen estadístico para la variable DAP según régimen de riego.	68
18.	Resumen estadístico para la variable Ht según régimen de riego.	70
19.	Resumen estadístico para la variable Volumen según régimen de riego.	71
20.	Resumen estadístico para la variable DAP según Fertilización.	73
21.	Resumen estadístico para la variable Ht según Fertilización.	74
22.	Resumen estadístico para la variable Volumen según Fertilización.	75
23.	Comparación de medias de tratamientos para las variables DAP, Altura y Volumen.	77
24.	Valores Actuales Netos en US\$/ha para volúmenes obtenidos según regímenes de riego.	82
25.	Valor Potencial del Suelo en US\$/ha para volúmenes obtenidos según regímenes de riego.	83
26.	Valor Actual Neto a las edades de rotación, según distintas tasas de descuento con un valor de m ³ de 25US\$/ha.	85
27.	Valor Actual Neto a las edades de rotación, a distintas diferencias en el precio de m ³ , a una tasa de descuento del 10%.	86

28. Valor Actual Neto a las edades de rotación, a distintas diferencias en el volumen obtenido a la cosecha, a una tasa de descuento del 10%. 87
29. Valor Actual Neto a las edades de rotación, a distintas diferencias en el costo de riego, a una tasa de descuento del 10%. 88

CUADRO N°

En el Anexo

1A	Test Tukey's para la variable DAP (cm) por tratamientos.	104
2A	Test Tukey's para la variable Ht (cm) por tratamientos.	104
3A	Test Tukey's para la variable Volumen (m ³) por tratamientos.	105
4A	Test Tukey's para la variable DAP (cm) por Fertilización.	105
5A	Test Tukey's para la variable Ht (cm) por Fertilización.	106
6A	Test Tukey's para la variable Volumen (m ³) por Fertilización.	106
7A	Test Tukey's para la variable DAP (cm) por Régimen de riego.	107
8A	Test Tukey's para la variable Ht (cm) por Régimen de riego.	107
9A	Test Tukey's para la variable Volumen (m ³) por Régimen de riego.	108
10A	Costos de Fertilización Operacional FO (US\$/ha).	109
11A	Costos de Fertilización General Completa FGC (US\$/ha).	109
12A	Costos asociados a la plantación.	109
13A	Proyección de volumen a la edad de cosecha.	110
14A	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen sin Riego y valor del m ³ de 25US\$.	112
14B	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen sin Riego y valor del m ³ de 27US\$.	113
14C	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen con Riego y valor del m ³ de 25US\$.	114
14D	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen con Riego y valor del m ³ de 27US\$.	115
14E	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen sin Riego y valor del m ³ de 25US\$.	116

14F	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen sin Riego y valor del m ³ de 27US\$.	117
14G	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen con Riego y valor del m ³ de 25US\$.	118
14H	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen con Riego y valor del m ³ de 27US\$.	119
14I	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen sin Riego y valor del m ³ de 25US\$.	120
14J	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen sin Riego y valor del m ³ de 27US\$.	121
14K	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen con Riego y valor del m ³ de 25US\$.	122
14L	Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen con Riego y valor del m ³ de 27US\$.	123

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°

En el texto

1	Plano de ubicación del predio Verdún en Mulchén Octava Región.	41
2	Temperaturas promedio mensuales para el periodo 1998-2003 en °C para la zona de estudio.	44
3	Precipitaciones promedio mensuales para el periodo 1998-2003 en mm para la zona de estudio.	45
4	Croquis del ensayo.	47
5	Comparación de DAC y DAP con Precipitación.	60
6	Gráfica de medias para la variable DAP (cm) por tratamientos.	63
7	Gráfica de medias para la variable Ht (cm) por tratamientos.	65
8	Gráfica de medias para la variable volumen (m ³) por tratamientos.	67
9	Gráfica de medias para la variable DAP (m ³) por Régimen de Riego.	69
10	Gráfica de medias para la variable Ht (cm) por Régimen de Riego.	70
11	Gráfica de medias para la variable volumen (m ³) por Régimen de Riego.	72
12	Gráfica de medias para la variable DAP (cm) por Fertilización.	73

13	Gráfica de medias para la variable Ht (cm) por Fertilización.	75
14	Gráfica de medias para la variable Volumen (m ³) por Fertilización.	76
15	Comparación de tratamientos para la variable DAP.	79
16	Comparación de tratamientos para la variable Altura Total.	79
17	Comparación de tratamientos para la variable Volumen.	80

1. INTRODUCCIÓN

El aumento de la productividad de los cultivos forestales ha sido una permanente preocupación de las empresas y propietarios forestales.

Los niveles de desarrollo tecnológico que se han logrado en los aspectos genéticos, silvicultura de establecimiento y en el manejo posterior de los bosques, han abierto nuevas potencialidades que son de interés de profundizar y estudiar, por otra parte, el aumento de los costos de establecimiento y de otros factores han creado el desafío de alcanzar un mayor volumen con diferentes productos en una menor o igual superficie cultivable.

Históricamente las empresas forestales en Chile, establecieron plantaciones forestales de *Eucalyptus nitens* Maiden pensando en rotaciones de 10 a 12 años, sin embargo, no lograron los resultados esperados en cuanto a la densidad de la madera, y por consiguiente, en los rendimientos para la producción de celulosa. Es así entonces como comienza a realizar un esfuerzo en la silvicultura del eucalipto, incorporando conocimiento de especialistas extranjeros y nacionales, que a través de simposios marcaron un quiebre positivo en el desarrollo de tecnologías que se están implementando en la actualidad.

Dentro del marco general, es posible señalar que existen evidencias científicas que demuestran que la fertilización, junto a otras prácticas de manejo como la preparación de suelo, el control de maleza y el riego, principalmente, dan un margen significativo de desarrollo que aumentan la productividad.

El presente documento de análisis pretende demostrar si con la utilización del riego es posible lograr una mayor rentabilidad económica mediante un análisis económico de la plantación.

Metodológicamente se probará la técnica de riego por microaspersión aplicada bajo un sistema de riego versus una sin riego, esto de manera de investigar la aplicabilidad de este, en una plantación de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden, proyectado a la edad de cosecha, ubicado en un suelo rojo arcilloso perteneciente al Predio Verdún, 37° 47` 19.7`` LS – 72° 15` 11.0`` LW, comuna de Mulchén, VIII Región, Chile.

El objetivo es evaluar económicamente el efecto del riego sobre el crecimiento de la plantación; para esto se medirá el crecimiento a través de variables diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen a una edad de 5 años. Luego se estimara el crecimiento a 10, 12 y 17 años, como edad de rotación, para así determinar la rentabilidad económica.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Las primeras técnicas de riego utilizadas en el país se realizaron en cultivos agrícolas, al respecto, se puede señalar que en el mercado ya existen métodos de riego utilizados eficiente y masivamente en la agricultura y fruticultura de cultivos de alto valor. Las técnicas más utilizadas consideran el uso de microaspersores y/o goteros. Los altos rendimientos obtenidos, así como las rentabilidades logrados por éstos, han provocado el interés por conocer el comportamiento de estas técnicas en los cultivos forestales.

Uno de los países que ha alcanzado mayor conocimiento sobre riego en cultivos forestales ha sido Australia, con buenos resultados en el crecimiento de las plantaciones. Dado el papel que juega en Chile el sector forestal, y su alta competitividad en los mercados mundiales, obliga a que dentro de este contexto se considere el uso de nuevas tecnologías que permitan mantener el posicionamiento logrado hasta ahora. Es por ello la importancia de estudiar este tema en Chile y aplicarlo en distintas situaciones y especies. A esto también se suma el interés expuesto por parte de propietarios forestales y empresas principalmente.

Es posible señalar que existen evidencias científicas previas que demuestran que prácticas de manejo como el riego, fertilización y otras, aún poseen un margen significativo de desarrollo pendiente como variables que aumentan la productividad. De allí el interés por desarrollar este proyecto, específicamente en plantaciones de eucaliptos, cultivo forestal muy auspicioso por sus cualidades de rápido crecimiento y productos derivados de alto valor comercial.

En el proyecto, que se ejecuta en plantaciones de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden en el Predio Verdún, 37° 47' 19.7" LS – 72° 15' 11.0" LW, en la comuna de Mulchén, Octava Región, Chile, se pretende demostrar que con la utilización de riego mediante microaspersión es posible lograr una mayor rentabilidad del cultivo. Este efecto se evaluará, productiva y económicamente, mediante la proyección del crecimiento de la plantación a 10, 12 y 17 años, en comparación de igual manejo silvícola, pero sin riego. Metodológicamente se probará la técnicas de riego por microaspersión aplicadas bajo un sistema de riego versus sin riego.

2.1. Antecedentes.

El agua es la base de la existencia de la vida, debido a que es el factor esencial de los procesos de génesis del suelo, es necesaria para los requerimientos de las plantas (transpiración, elongación celular, metabolismo, etc.) y transporte de nutrientes en el proceso de absorción radical (Honorato, 2000), es por esto que cuando el contenido de humedad disminuye se alcanza un nivel que afecta negativamente los procesos fisiológicos, y el árbol experimenta un estrés hídrico. Las plantas elaboran su biomasa usando agua, bióxido de carbono tomado del aire, energía solar y nutrientes extraídos del suelo y el agua.

El uso y aprovechamiento del agua en los cultivos forestales siempre ha resultado ser un factor crítico determinante para la ganancia en productividad de las plantaciones. Las técnicas de manejo silvícola, en su mayoría están orientadas a este objetivo. La preparación de suelo, por ejemplo, busca mejorar las condiciones de infiltración y drenaje del agua caída, o el control de malezas que busca que los recursos disponibles del suelo, entre ellos el agua, sean consumidos principalmente por la planta privilegiada, o como también la fertilización cuya eficacia está determinada por la disponibilidad de agua en el suelo que permite la absorción de los nutrientes.

Sin embargo, todas estas prácticas no han sido suficientes para poder satisfacer las demandas de agua de las plantas, sobretodo en el caso del eucalipto cuyos patrones de consumo de agua son altísimos, y no permiten extraer todo el potencial genético y del sitio del que disponen las plantas.

El estrés hídrico es un factor limitante del crecimiento y de la productividad forestal, directamente mediante efectos en el turgor, o indirectamente por limitar el aumento de biomasa, por lo que una adecuada cantidad de agua disponible es esencial para una alta productividad (Montoya, 2000.).

Estudios han demostrado que la disponibilidad de agua en el primer año de establecimiento, es el factor responsable por la sobrevivencia y desarrollo de especies arbóreas utilizadas en reforestación y que entre las variadas condiciones que soportan las especies de rápido crecimiento es el factor que explica la alta proporción de variación en volumen del fuste.

Es por esto la importancia de aplicar sistemas de riego en plantaciones de eucaliptos, cuyos efectos pueden ser muy significativos y positivos en el crecimiento, y por ende en la productividad de dichas plantaciones; aumentando así la rentabilidad de estas.

2.2. Riego

El riego es un proceso artificial mediante el cual se adiciona agua al suelo, este consiste en completar la aportación de agua de lluvia para cubrir las necesidades de agua de los cultivos y así para obtener la máxima producción minimizando las pérdidas de agua. El riego también diluye las sales del suelo, creando un ambiente más adecuado para el desarrollo de los cultivos.

La elección del método de riego más adecuado se realiza en función de factores como: la topografía, las características físicas del suelo, el tipo de cultivo, la disponibilidad de agua, la calidad del agua, la disponibilidad de mano de obra, el costo de instalación y el efecto sobre medio ambiente (Gobierno de Aragón, 2004).

2.2.1. Riego por microaspersión.

El riego por microaspersión es un sistema de riego, en el que se aplica el agua únicamente a la zona del suelo que exploran las raíces del cultivo. Esta aplicación se realiza mediante emisores (microaspersores) a los que llega el agua a través de una red de tuberías a presión.

El riego aplicado a cultivos, a través de los diferentes sistemas de riego, debe considerar en su planificación factores relevantes como son: cultivo, suelo, clima, agua, recurso humano, sistemas alternativos y forma de distribución del agua.

Respecto al cultivo, el riego planificado debe responder a interrogantes esenciales tales como, ¿cuándo regar?, ¿por qué regar? y ¿cómo regar?, además el riego debe ser capaz de evitar déficit hídrico. El cuando regar, responde a la aplicación de agua en etapas fenológicas del cultivo. El porque regar debe restringirse a los objetivos de la plantación; que se consigue con el riego, cuales serán los efectos positivos de este sistema. El como regar es tan o más importante que las interrogantes anteriores, ya que esta puede determinar los resultados futuros del crecimiento de la plantación.

Existen diversos tipos de riego, entre los cuales se pueden distinguir el riego por gravedad, por aspersión y riego localizado.

El riego por microaspersión es un sistema de riego que consiste en aplicar agua en forma de una fina lluvia sobre la superficie del suelo o del cultivo.

El radio de alcance de estos emisores no suele sobrepasar los 3 m. Este sistema de riego localizado consume un mayor caudal que otros sistemas de riego (de 16 a 200 lts/hora) y está considerado como de elevada presión dentro del riego localizado (de 1 a 2 kg/cm²). También está indicado para cultivos leñosos y herbáceos a distintos marcos de plantación (Gobierno De Aragón, 2004).

Dentro del riego por microaspersión se pueden encontrar dos tipos de emisores:

a) Difusores: emisores con todos los componentes fijos.

b) Microaspersores: emisores con algún mecanismo de rotación (Gobierno de Aragón, 2004).

El riego por aspersión permite el ahorro de mano de obra, se puede utilizar en gran cantidad de suelos, incluso en aquellos muy permeables que exigen riegos frecuentes y poco copiosos. La eficiencia es del orden del 80%. Existe la posibilidad de mecanizar los cultivos. Entre las desventajas de este sistema se pueden considerar el elevado costo de instalación y la energía necesaria para asegurar la presión requerida, la posibilidad de aumento de enfermedades en algunos cultivos debido al mojado de las plantas, dificultad de un reparto uniforme del agua con presencia del viento, posibilidad de quemadura en hojas de algunas especies sensibles cuando se riega con aguas salinas (Montoya, 2000).

2.2.2. Experiencias de riego en Chile.

En la actualidad existen interesantes investigaciones del riego en Eucalipto en Australia, Nueva Zelanda, Brasil y Portugal, y todas han mostrado notables impactos sobre el crecimiento de las plantaciones sobretodo en los primeros años.

Sin embargo, en Chile no está probada la eficacia de estas técnicas para condiciones edafoclimáticas distintas, ni se ha desarrollado una investigación sistemática que genere resultados factibles de extrapolar a las faenas operativas (FONDEF, 2002).

Experiencias chilenas de riego por microaspersión en plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maiden, específicamente regadores individuales del tipo microjet (orificio de 1,5 mm), en un suelo rojo arcilloso del Valle Central de la Octava Región (Mulchén), con un período seco de 5 meses con precipitación media mensual de 50 mm y temperatura media mensual del orden de los 13° C registradas en el año 1999, encontraron diferencias, estadísticamente significativas, en las respuestas de las variables diámetro a la altura del cuello (mm), altura total (cm) y para el indicador de productividad D^2H al factor riego en los primeros años de establecimiento, en donde siempre se obtuvo la mayor respuesta en el régimen que combinaba una fertilización general completa con el riego, el cual superó en 1.57, 1.59 y 3.79 veces las respuestas obtenidas bajo fertilización operacional en ausencia de riego para las variables diámetro a la altura del cuello (mm), altura total (cm) y para el indicador de productividad D^2H respectivamente (FONDEF, 2002).

En el estudio FONDEF D97I2009 se determinaron ganancias en la variable diámetro a la altura del cuello asociada solamente a la presencia del riego independiente del tipo de fertilización aplicada.

2.3. Especie en estudio.

La especie *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden es originaria de Australia y de algunas islas cercanas a ésta. Pertenece a la clase Angiospermae, subclase Dicotiledonias y familia Myrtaceae. Puede alcanzar dimensiones de 70 m. de altura y diámetros del tronco de 1,8 m.

El *Eucalyptus nitens* Maiden es una especie de rápido crecimiento, reconocida por su resistencia a las bajas temperaturas. Crece en zonas montañosas, en un clima templado, con numerosas heladas y presencias de nieve, se desarrolla bien en varios tipos de suelos, en áreas con precipitaciones de entre 750 - 1300 (mm).

Fue introducida a Chile en 1967, adquiriendo importancia durante la última década, debido a que se puede desarrollar en condiciones de clima más diverso que *E. globulus* (INFOR 1998).

La especie, según los resultados de estos estudios, presenta sus mejores crecimientos en la costa de la VIII Región, particularmente en Antiquina (al sur de Cañete) y en Leonera (al norte de Dichato), donde alcanza incrementos de 58 y 76 m³/ha/año, respectivamente. En la provincia de Valdivia y Osorno se presentan crecimientos de este mismo orden (INFOR, 1998).

Requiere de suelos moderadamente fértiles, profundos y bien drenados. En Chile ha demostrado gran adaptación desde la VIII hasta la XI Región, resistiendo bajas temperaturas, por lo que ha reemplazado exitosamente a *E. globulus* en áreas con heladas severas.

2.3.1. Distribución natural

El *Eucalyptus nitens* Maiden, conocido también como "Shining gum", es una especie de rápido crecimiento propia de las zonas montañosas del sudeste australiano.

Naturalmente se le encuentra en áreas relativamente pequeñas, distribuidas en los estados de Victoria y New Wales.

En Victoria, *Eucalyptus nitens* Maiden aparece formando bosques mixtos con *E. regnans* (Mountain Ash) o *E. delegatensis* (Alphine Ash). También se le encuentra mezclado con *E. globulus* ssp. *maidenii*, *E. fastigata* y *E. oblicua* (INFOR, 1986).

En Australia la especie se distribuye entre los 35° y 38° de latitud sur, en áreas montañosas y en un rango altitudinal de 800 a 1500 m.s.n.m.

La especie se desarrolla en un clima templado de altura, con veranos sin temperaturas muy altas e inviernos fríos, con numerosas heladas y presencia de nieve.

Las precipitaciones varían entre 750 y 1300mm, distribuidos a lo largo del año, pero con un máximo invernal.

El *Eucalyptus nitens* Maiden alcanza su mejor desarrollo a una altitud de 1.000 a 2.000 m, en áreas con mas de 1.000 mm de precipitación y con presencia de nieblas, producidas por la influencia de vientos costeros.

La especie se desarrolla bien en variados tipos de suelo, especialmente en aquellos que presentan horizontes arcillosos profundos (INFOR, 1986).

2.3.2. Descripción de la especie

Botánicamente el *Eucalyptus nitens* Maiden es parte del grupo de las especies conocidas como “Southern blue gums”, que incluye al *Eucalyptus globulus* con sus correspondientes subespecies; sin embargo, las propiedades generales de su madera se asemejan más a aquellas del grupo “Ash”, con las que naturalmente se la encuentra mezclada.

Prior y Jhonson (1971) lo clasifican en el subgénero *Symphomyrtus* y en la sección *Maidenaria* (citado por INFOR, 1986).

Eucalyptus nitens Maiden es una especie de gran desarrollo, que puede alcanzar, en buenos sitios, alturas de 60 a 70 m. El tronco es recto, con corteza lisa, que se desprende en tiras, al igual que en la mayoría de las especies del grupo.

Las hojas juveniles son opuestas, sésiles, de forma ovalada a lanceolada, glaucas, muy semejantes a las del *Eucalyptus globulus*. El tallo de la planta juvenil es de sección cuadrada (INFOR, 1986).

Las hojas adultas son alternas, pecioladas y de forma lanceolada a falcada.

Los frutos son ovoides, de 0.5 – 0.7 X 0.5 cm, sésiles, normalmente con tres valvas al nivel del borde, o ligeramente exentas, en grupos de 4 a 7 (INFOR, 1986).

2.3.3. Importancia forestal de la especie

En Australia, *Eucalyptus nitens* Maiden es una especie importante para la producción de madera solo en un área muy restringida del Estado de Victoria. Esto se debe a que la especie, en el resto de su distribución se encuentra en número muy limitado, como componente secundario dentro de distintos tipos forestales en que predominan especies tales como *E. regnans*, *E. delegatensis*, *E. fastigata* y otras. Esto hace que la especie, en su estado natural, tenga escasa importancia económica (INFOR, 1986).

En Tasmania, Australia, aproximadamente 7.000 ha de *Eucalyptus nitens* Maiden han sido plantadas por el Estado entre 1991 y 1996, con objetivos de producción aserrable y enchapados de alta calidad. La empresa estatal, Forestal Tasmania, tiene la ambición de incrementar las plantaciones de *Eucalyptus* para trozas aserrables a más de 56.000 ha durante la próxima década (Wardlaw and Neilsen, 1999).

En este momento en Australia y en otros países en los cuales se han establecido plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maiden, la producción comercial de productos elaborados de mayor valor agregado es mínima a excepción de chapas. Esta especie presenta problemas de secado, pero no son mayores que cualquiera producido en una especie del género *Eucalyptus*.

Sin embargo, por su rápido crecimiento inicial y por su probada resistencia al frío, *Eucalyptus nitens* Maiden ha cobrado cierta importancia como especie forestal en Australia y en muchos otros países del mundo. En su país de origen, la especie se planta en zonas altas, con nieves y heladas severas, en donde supera el crecimiento al *E. delegatensis*. También fuera de los rangos de su distribución natural ha demostrado un excelente crecimiento, sobrepasando a *E. regnans* (INFOR, 1986).

Eucalyptus nitens Maiden, a diferencia de otras especies (ej. *E. camaldulensis*), ha sido descubierta fuera de Australia hace relativamente pocos años, razón por lo que en la mayoría de los países en donde ha sido introducida, se encuentra a nivel de ensayos o de plantaciones muy recientes.

Por su notable resistencia al frío, su introducción también se ha extendido hacia más altas latitudes. Hunt 1983 (citado por INFOR, 1986), reporta una exitosa introducción de esta especie en el suroeste de Oregon (USA), en tanto que en Marien y Cauvin (1983) entregan buenos resultados de su introducción en Francia. Turnbull y Prior 1978 (citado por INFOR 1986), indican que la especie se planta con éxito en la Unión Soviética, en lugares donde la temperatura puede llegar hasta -15°C .

Pederick 1979 (citado por INFOR 1986), reporta una gran variabilidad genética en esta especie, producto de una distribución muy discontinua. Este hecho sugiere que puede obtenerse una considerable ganancia genética mediante ensayos de progenie y procedencia, los que se están llevando a cabo en varios países del mundo, incluyendo Chile.

La especie *Eucalyptus nitens* Maiden como ya se ha mencionado, es muy resistente al frío. En cambio es bastante resistente al calor, a los vientos secos y a las sequías prolongadas (INFOR, 1986).

La especie que crece en Chile, tiene ventajas comparativas con otras especies de *Eucalyptus* como: mayor velocidad de crecimiento, mayor resistencia al frío, considerable adaptación a zonas montañosas heladas y lluviosas con índices de agua caída mayores a 1.000 mm anuales, moderadamente densa y color claro. Por esto tiene grandes posibilidades de convertirse en una de las especies dominantes en Chile. La resistencia y dureza la indican como una buena madera para diversos usos como en mueblería, paneles, molduras y chapas (INFOR, 2004).

Estudios realizados en Australia por Wardlaw and Neilsen (1999), han demostrado la incidencia de pudriciones y otros defectos originados en las ramas en cinco plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maiden al ser podados entre los nueve primeros años, en el norte y sur de Tasmania, Australia, por lo que técnicas de riego asociadas a prácticas de manejo como esta, podrían ser desfavorables para la especie.

2.3.4. Resultados de su introducción en Chile

Sin duda que *Eucalyptus nitens* Maiden ha sido una de las especies más exitosas entre las ensayadas en el Proyecto de Introducción de Especies del Instituto Forestal.

La especie inicialmente fue ensayada solo en algunos lugares de la VI, VII, y VIII regiones del país. Posteriormente debidos a los buenos resultados obtenidos, se han instalado una serie de ensayos destinados a seleccionar las mejores procedencias y determinar algunos aspectos básicos de su manejo (INFOR, 1986).

La especie presenta sus mejores resultados en la costa de la VIII Región, en los ensayos instalados en Antiquina (Sur de Cañete) y Leonera (norte de Dichato) (INFOR, 1986).

Posee características que pueden resultar una ventaja sobre otras especies de eucaliptos, tales como:

- Mayor velocidad de crecimiento que *E. globulus* y *E. regnans*.
- Mayor resistencia al frío que el *Eucalyptus globulus* y *E. regnans*
- Considerable adaptación a zonas montañosas heladas y lluviosas con índices de agua caída mayores a 1.000 mm anuales.
- Madera de color claro y moderadamente denso en comparación con otras especies (INFOR, 2004).

A continuación se detallan los antecedentes de la especie:

CUADRO 1. Antecedentes de *Eucaliptus nitens* Maiden según lugar de cultivo.

Característica	Australia	Chile
Localización	Se distribuye entre los 30° y 38° latitud sur, en Victoria y New South Wales.	Se ha plantado entre la V y X Regiones, entre los 32° y 43° de latitud sur.
Establecimiento		
Altitud	Se desarrolla entre los 150 y 1600 msnm.	1.000 msnm. en Hacienda Rucamanqui; 1.300 msnm en otros predios cerca de Curacautín, dentro de la distribución natural de la Araucaria.
Temperatura	Mes más caluroso: 21 a 23°C. Mes más frío: -5 a 2°C	Resiste hasta un mínimo de 12 °C bajo cero.
Precipitación	Se desarrolla con precipitaciones entre 750 y 1.750 mm anuales.	Áreas con precipitaciones mayores a 800 mm anuales. En verano precipitaciones no inferiores a los 40 mm por mes (excepto en Trumaos). No resiste sequía.
Suelos	Se desarrolla en un amplio rango de suelos, obteniéndose los mejores resultados en suelos franco arcillosos, de profundidad media, fertilidad moderada y bien drenados. No soporta suelos calcáreos.	La especie no debe establecerse en suelos de baja fertilidad y escaso drenaje. Crece con dificultad en suelos arcillosos poco profundos. Óptimo: suelos costeros y trumaos de precordillera profundos.

Fuente: INFOR 2004.

Originalmente esta especie fue establecida atendiendo la demanda de las empresas de pulpa, como una alternativa de producción en otras especies de eucaliptos, que permiten extender las plantaciones hacia aquellas zonas en que el frío limita el desarrollo de *E. globulus*. Entre otras, se ha destacado el comportamiento exhibido por *Eucalyptus nitens* Maiden, pero que presenta características de densidad de la madera que la hacen menos eficientes para la conversión en pulpa (INFOR, 1998).

2.4. Fertilización

En el sector forestal se está aplicando el método racional para la elaboración de estrategias de fertilización forestal en especies de interés relevantes, como lo son las de los géneros *Eucalyptus* y *Pinus*, el que entrega respuestas concretas a las interrogantes de cuál o cuáles nutrientes considerar en la formulación de la fertilización, mediante la cuantificación de la demanda (Kg/ha) de nutrientes de la planta, y el suministro (Kg/ha) de nutrientes que ofrece el suelo a la planta, y la eficiencia de la fertilización (Suarez et al., 1997).

Este método se basa en el conocimiento de antecedentes como:

- Historia de manejo del suelo: información de gran importancia para determinar el suministro de nitrógeno del suelo (tipo de cultivo, fertilización anterior, manejo de los residuos, etc.).
- Análisis de suelo: debe ser representativo, debido a que proporciona el índice de suministro de los nutrientes (excepto N), además de indicar las condiciones de acidez del suelo.
- Rendimiento esperado: determina los niveles productivos para los cuales se realizara la fertilización, además de determinar las cantidades mínimas de nutrientes aplicar para alcanzar el rendimiento esperado. Este parámetro se encuentra limitado por la variedad y las condiciones edafo-climáticas de la zona.

La aplicación de este método acarrea una serie de beneficios de variada índole:

- Creación de una mezcla específica por cultivo y suelo.
- Disminución de los costos de fertilización, debido a que se aplican solo los requerimientos necesarios para el nivel de producción esperado.
- Aumento sostenido en los niveles de producción de los suelos, lo cual se traduce en disminución de costos a través de los años.
- Acorde a las políticas del medio ambiente, al aplicar solo los nutrientes que la planta necesita, se evitan los excedentes que producen contaminación.

La utilización de este método tiene razón de ser cuando la demanda de nutrientes es mayor que el suministro, es decir, existe un déficit y, por lo tanto, se deben considerar en la formulación aquellos elementos que representan dicho déficit nutricional.

De acuerdo al método descrito la dosis de fertilización estaría dada por la siguiente expresión matemática (1):

$$\text{Dosis de Fertilización} = \frac{(D - S)}{E} \quad (1)$$

Donde:

D = Demanda de nutrientes.

S = Suministro de nutrientes del suelo.

E = Eficiencia de la fertilización.

2.4.1. Fertilización en plantaciones forestales.

El género *Eucalyptus* ha evolucionado durante los últimos 60 millones de años, para adaptarse a condiciones de baja fertilidad del suelo y a climas con precipitaciones reducidas, siendo el primer factor el que controla la distribución de las diferentes especies (Florence, 1984).

Se caracteriza por tener bajos requerimientos de nutrientes, especialmente fósforo y las micorrizas ayudan a solubilizar formas de fósforo, no accesibles a las raíces.

La mayoría de las especies del genero *Eucalyptus* responde positivamente a la aplicación de fertilizantes, por lo que en muchos países ha llegado a ser una practica usual en el establecimiento.

Muchos suelos chilenos, cubiertos con plantaciones de *Eucalyptus* o bien disponibles para ser forestados, son de origen mas reciente que los que se encuentran en Australia, Brasil, o Sudáfrica. No han experimentado una fuerte meteorización que signifique grandes pérdidas de elementos químicos del perfil del suelo. Sin embargo, el uso agrícola o ganadero intenso que tuvieron anteriormente ha desarrollado una fuerte erosión laminar y han perdido por lo tanto un alto porcentaje de materia orgánica que influye en la disponibilidad de nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y boro (B), pues ellos se almacenan principalmente en la materia orgánica (Montoya, 2000).

2.4.2. Fertilización al establecimiento

La fertilización al establecimiento en las plantaciones forestales ha sido una de las más ampliamente experimentadas y en general ha tenido un efecto positivo en la producción forestal.

La fertilización temprana permite una rápida colonización del suelo por la raíz, una temprana y mejor utilización de los recursos, presentes en el suelo, una maximización de la intercepción de agua, mejor supervivencia, cierre de copas en forma precoz, mayor control de las malezas, disminución del tiempo del establecimiento y un mayor rendimiento de la madera.

La oportunidad de aplicación es critica para obtener una respuesta optima (Turner, 1982).

Fertilizar al plantar entrega un depósito de elementos nutritivos a la planta para favorecer el establecimiento y sobrepasar la competencia.

Fertilizar en esta etapa ciertamente incrementa la tasa de crecimiento, densidad de copa y reduce el tiempo para el cierre del dosel (Boardman, 1982). La aplicación inicial también permite según Zöttl et al. (1971) disminuir los riesgos, costos de mejoramiento y de cuidado, junto con menores pérdidas por plagas.

Al parecer la temporada óptima para fertilizar al establecimiento de una plantación esta entre el tiempo de plantar y un año después (Ballard, 1978; Adams, 1979; Comerford et al. 1982; Turner, 1982).

En general, se espera la máxima respuesta de crecimiento en las plantaciones jóvenes, dado que la demanda de nutrientes es la más alta aproximadamente al tiempo de cierre del dosel. La fertilización en esta fase de desarrollo proporciona una oportunidad de lograr aumentos significativos en las tasas de crecimiento y permite cosechar un número grande de trozas de tamaño comerciable en un subsiguiente raleo comercial (Miller 1981; Moore et al. 1998).

2.4.3. Importancia económica de la fertilización forestal

La justificación económica de la fertilización es sumamente importante, esencialmente porque no es una operación que se considere esencial desde el punto de vista de la sobrevivencia de la plantación (Sutton, 1977; Millar y Fight, 1979). Según Olsen (1977), en términos de inversión, el uso de fertilizantes es semejante a otras operaciones silvícolas (citados por Mendoza, 1987).

Los resultados de investigaciones pueden no ser fácilmente evaluados en términos económicos, como el caso particular del tratamiento aplicado al establecimiento de las plantaciones, pues las respuestas pueden ser relativas y a largo plazo (Woollons y Snowdon, 1981).

La fertilización repone en parte la pérdida de nutrientes del suelo, manteniendo la fertilidad de éste, pero además la fertilización puede ser provechosa por dos razones: la producción se incrementa y la biomasa que incrementa puede ubicarse en categorías productivas de primera calidad.

Con frecuencia el valor de la biomasa que se incremento es mayor que el simple aumento proporcional observado en el rendimiento, debido a que la biomasa adicional puede agrupar a los fustes en categorías de mayor valor. Cualquier incremento que se dé en el diámetro promedio el rodal hace que aumente el valor de la madera en pie por unidad de madera. Parte de este aumento se debe a un incremento en el valor de los fustes seleccionados de gran diámetro y en parte resulta de agrupar a un mayor número de fustes de menor diámetro en categorías productivas de mayor valor (Binkley, 1993).

Esto otorga vital importancia a la cuantificación de la respuesta de crecimiento a la fertilización en términos económicos por encima del valor del tratamiento, puesto que esta valoración económica va más allá de medir el incremento medio anual en rendimiento sino en medir el incremento en valor de los productos obtenidos (Aldea, 2002).

2.5. Análisis Económico del riego forestal

2.5.1. Valor Actual Neto

Cuando se debe tomar una decisión de tipo económica-financiera, tal como un proyecto de inversión u otra cualquiera que implique efectuar ciertos egresos a cambio de obtener determinados beneficios, el encargado de tomar la decisión se enfrenta al problema de evaluar si su elección es buena o mala, dependiendo si los beneficios en dinero generados superan a los costos monetarios involucrados en la misma decisión.

Siempre que sea posible identificar y localizar a lo largo del tiempo todos los costos y beneficios generados por la decisión a tomar, se puede calcular el Valor Actual Neto (VAN), de ese flujo de egresos e ingresos.

El criterio VAN, consiste en obtener la diferencia entre los valores actualizados de los beneficios y los valores actualizados de los costos y dado que los primeros se anotan con signo positivo y los segundos con signo negativo, la decisión es buena si $VAN > 0$ y mala si $VAN < 0$.

El costo de oportunidad del capital, costo implícito que jamás debe ser pasado por alto en toda decisión económico-financiera, esta incluido en el cálculo al momento de actualizar todas las sumas monetarias, de modo que la diferencia resultante entre beneficios y costos es neta incluso respecto del costo de oportunidad del capital, el que se expresa bajo la forma de una tasa de descuento. De este modo, si el VAN es igual a cero, la decisión a tomar es indiferente, en términos financieros, con la tasa de descuento que se este usando (Chacón, 1995).

La expresión de este indicador es la siguiente (2):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

Donde:

VAN = Valor Actual Neto.

B_t = Beneficios del periodo t.

C_t = Costos del periodo t.

i = tasa de descuento o costo de oportunidad.

I_0 = inversión inicial en el momento cero de la evaluación

n = el número de periodos involucrados

2.5.2. Valor Potencial del Suelo

Se entiende como suelos forestales aquellos que técnicamente no son arables debido a las condiciones de pendientes y pluviometría, por lo que no pueden sustentar otra cubierta vegetal que no sea la arbórea, sin sufrir degradación. Según la clasificación del IREN (Instituto de Recursos Naturales) corresponden a la clase VII y VIII de uso de los suelos, y calificadamente a otras categorías.

Desde el punto de vista legal, de acuerdo con el D.L. 701 de 1974, son terrenos de aptitud preferentemente forestal “todos aquellos terrenos que por las condiciones de clima y suelo no deben ararse en forma permanente, estén o no cubiertos de vegetación, excluyendo los que sin sufrir degradación puedan ser utilizados en agricultura, fruticultura y ganadería intensiva”. Para tener esta calidad de forestal estos terrenos deben calificarse previamente como tales por un Ingeniero Forestal o Agrónomo especializado. Pueden acogerse a esta calificación terrenos de otras clases distintas de la clase VII, para lo cual debe hacerse una reclasificación de terrenos de aptitud preferentemente forestal.

Independientemente del valor comercial que puede alcanzar un suelo forestal, como consecuencia de la oferta y demanda que este bien tenga en el mercado, el valor económico del suelo dependerá de la capacidad de producir bienes o servicios y del valor que estos alcancen en el mercado. La definición de valor económico del suelo, entonces, corresponde al mismo concepto de valor económico de cualquier bien de capital, el que en términos prácticos es el valor actual de todos los beneficios futuros netos generados por el suelo en infinitas rotaciones (Chacon, 1995).

La definición anterior no dista mucho del concepto de valor actual neto, ya visto como indicador de rentabilidad de una inversión y, en efecto, el planteamiento matemático del valor económico del suelo tiene la siguiente expresión (3):

$$VPS = \sum_{j=0}^r \frac{(B_j - C_j)(1+i)^{r-j}}{(1+i)^r - 1} \quad (3)$$

Donde VPS = Valor Potencial del Suelo.

B_j = Beneficio en un año j cualquiera.

C_j = Costo en un año j cualquiera.

r = Edad de rotación.

i = tasa alternativa del capital, valor decimal.

2.5.3. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de ganancia constante de una inversión expresada bajo la forma de un interés compuesto. En otras palabras la TIR es la tasa que expresa cuanto mayor son los beneficios que los costos de la decisión.

La TIR (4) evalúa un proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual. La TIR “representa la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder el dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo (principal e interés acumulado) se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo” (Aldea, 2002).

$$TIR = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (4)$$

Donde r es la tasa interna de retorno.

Comparando esta ecuación con la del VAN, puede apreciarse que este criterio es equivalente a hacer el VAN igual a cero y determinar la tasa que permite el flujo actualizado ser cero.

La tasa así calculada se compara con la tasa de descuento de la empresa. Si la TIR es igual o mayor que ésta, el proyecto debe aceptarse y si es menor debe rechazarse.

La consideración de aceptación de un proyecto cuyo TIR es igual a la tasa de descuento, se basa en los mismos aspectos que la tasa de aceptación de un proyecto cuyo VAN es cero (Sapag, 1995).

2.6. Hipótesis.

El *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden regado por medio de microaspersores en la zona de Mulchén, VIII región, no presenta crecimientos y rentabilidades mejores que otras plantaciones sin riego en la misma zona.

3. MATERIAL Y METODO

3.1. Materiales.

Para la instalación del ensayo se utilizaron los siguientes materiales.

3.1.1. Plantación.

Realizada en agosto de 1998,

Plantas de *Eucalyptus nitens* Maiden. Provenientes de viveros de Agrícola y Forestal Monteáguila S.A., en contenedores de 60 cc.

Las plantas son de procedencia del Estado de Victoria, Australia¹

3.1.2. Control de malezas post-plantación.

Esta actividad se orientó a la erradicación total de malezas, para evitar cualquier tipo de interferencia.

Control 1 (Septiembre de 1998); Herbicida Glifosato (5 l/ha) + simazina (4 kg/ha)

Control 2 (Diciembre de 1998); Herbicida Glifosato (3 l/ha) + simazina (4 kg/ha)

Desmanche 1 (Septiembre 1999) Herbicida Glifosato (3 l/ha)

Desmanche 2 (Septiembre 1999) Herbicida Glifosato (3 l/ha)

3.1.3. Instalación de sistema de riego.

-Impulsor:

Prefiltro; malla plástica fina doble, montada sobre canasto plástico.

Filtro metálico succionador con válvula de pie.

5 metros de manguera succión de 2 pulgadas.

Bomba centrífuga Vogt 620. Impulsor de 180 mm. Caudal máximo de 600 l/min.

Presión máxima 4.8 bar a 2900 R.P.M. Motor de cuatro tiempos de 8 HP.

¹ Fuente: Agrícola y Forestal Monteaguila S.A.

-Matrices:

Cuatro metros de manguera de 1,5". Válvula de bola.

60 metros (tres secciones de 20 metros cada una) de manguera Agroflox de 1,5".

Unión Stroz, dos unidades, acople de doble hilo externo.

Unión PVC cementar hilo interno 50 x 1,5.

Cuatro matrices secundarias de PVC de 24 cm.

-Arranques:

Gomit (uno por arranque).

Copla de plansa (una por arranque) de 0,5".

Tubería de polietileno virgen de 16 mm interno (0,5"). 16 m. por línea de plantación.

-Regadores:

Regadores individuales tipo microjet constituidos por un conector, un alzador de 22 cm., una base con orificio de 1,5 mm (base roja) y una tapa de dos abanicos de 140 grados.

-Sistema de medición:

Una huincha diamétrica.

Una huincha métrica.

Un Hipsómetro.

4. METODOLOGIA.

4.1. Descripción del área de estudio.

El ensayo se estableció en el predio Verdún, $37^{\circ} 47' 19.7''$ LS – $72^{\circ} 15' 11.0''$ LW, a 230 msnm, propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicado a 7 Kilómetros al sur- este de la comuna de Mulchén (VIII Región), Chile (FIGURA 1).

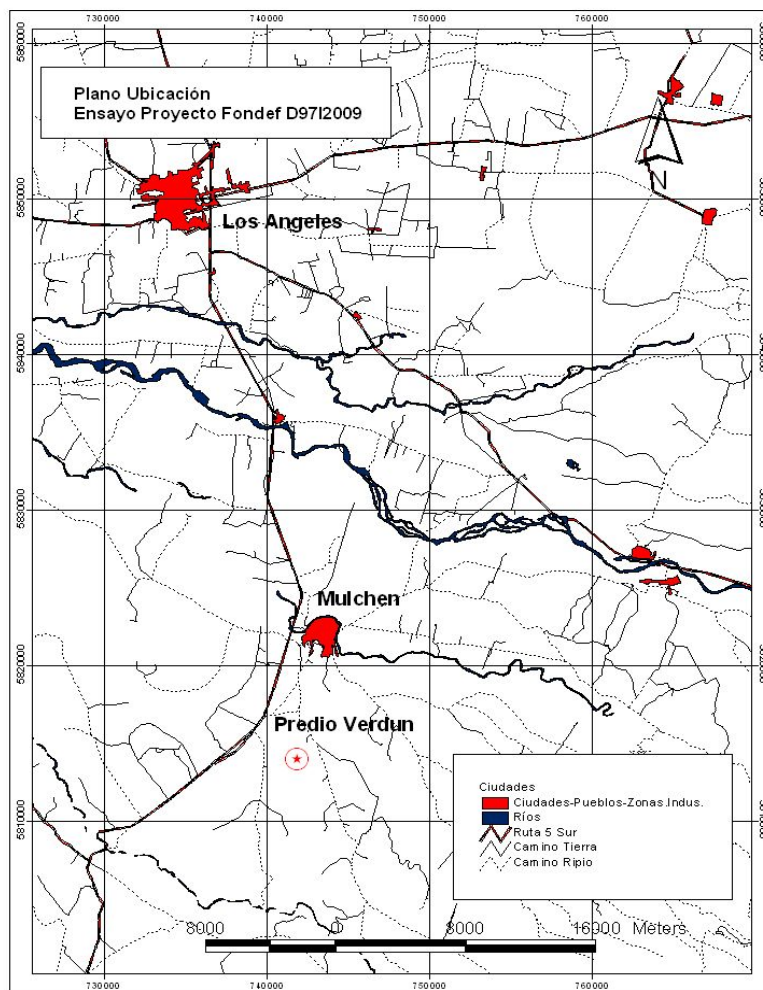


FIGURA 1. Plano de ubicación del predio Verdún en Mulchén Octava Región.

4.1.1. Suelo

El suelo presente en el predio corresponde a un suelo rojo arcilloso, originado de cenizas volcánicas antiguas, perteneciente a la serie Collipulli.

El suelo del ensayo, desde un punto de vista geomorfológico, tiene una posición intermedia montañosa, plano depositacional, no glacial, cuyo material de origen son conglomerados volcánicos altamente descompuestos de andesita y basalto.

Los distintos estratos que lo conforman se describen como sigue:

0 – 18 (cm) Pardo rojizo oscuro en húmedo, 5YR 3/3; pardo oscuro en seco, 7.5 YR 4/4; textura arcillo limosa; estructura granular gruesa, media y fina a bloques subangulares medios o finos, moderados; duro en seco, friable en húmedo; plástico y adhesivo; raíces finas abundantes, raíces medias comunes; presenta fisuras verticales y horizontales; límite inferior difuso.

18 – 66 (cm) Pardo rojizo oscuro en húmedo, 2.5YR·3/4; pardo en seco, 7.5YR 5/4; textura arcillosa; estructura prismática media, moderada a bloques angulares y subangulares medios y finos, moderados; duro en seco, firme en húmedo; serosidad en la cara externa de los agregados y en los poros; límite inferior difuso.

66 -138 (cm) Pardo rojizo oscuro en húmedo, 2.5YR 3/4; pardo en seco, 7.5YR 5/4; textura arcillo limosa; estructura de bloques angulares y subangulares gruesos, medios y finos moderados; friable; raíces finas escasas; poros finos comunes; serosidades abundantes en cara externa de los agregados; límite inferior difuso.

La composición del sitio se presenta a continuación, como resultado del análisis de suelo efectuado a las muestras extraídas:

CUADRO 2. Resultado del análisis de suelo efectuado a las muestras extraídas del Predio Verdún.

Elemento	Cantidad*	Deseable**
pH H ₂ O	5,2	5,6 - 6
pH CaCl ₂	4,5	-
M.O.(%)	4,8	3 - 8
P-Olsen (ppm)	7,8	3 - 8
Al-(NH ₄ Ac) (ppm)	452	400-800
Al-KCl (ppm)	89,7	26 - 50
K (ppm)	32	100 - 180
Na (ppm)	20	
Ca (ppm)	800	200 - 500
Mg (ppm)	247	120 - 180
B (ppm)	0,5	3 - 8
Zn (ppm)	0,2	0,5 - 2,5

(**) Valor Referencia: Ingeniero Forestal José Álvarez. Diplomado Establecimiento de Plantaciones UCT. (Tabla (*) Referencias Análisis de Suelo, Laboratorio UACH).

Como se puede observar en el CUADRO 2, el suelo del ensayo presenta un pH 5.2 correspondiente a un suelo ligeramente ácido², levemente bajo una condición ideal para plantaciones de exóticos.

El aluminio extractable se encuentra en niveles medios 452 ppm (correspondiente a un rango de 400-800 ppm) los niveles de potasio (K), Boro (B) y Zinc (Zn) se encuentran bajos los niveles deseables para plantaciones, en cambio los niveles de Calcio (Ca) y Aluminio intercambiable (Al-KCl) se encuentran sobre los rangos deseables.

El Magnesio (Mg) presente en el sitio esta dentro del rango deseable, así como la materia orgánica (M.O.) y el fósforo (P).

² Fuente: Forestal Mininco S. A.. Ingeniero Forestal José Álvarez M.

4.1.2. Clima

El clima se caracteriza por temperaturas que varían, en promedio, entre una máxima de enero de 26 °C y una mínima de Julio de 4,25 °C. El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 1.008 mm. La altitud del ensayo es de 230 m.s.n.m.

Como se puede observar en la FIGURA 2, las temperaturas mínimas promedio desde 1998 hasta el 2003 varían entre los 4,28 °C en julio hasta 12,9 °C en enero; y las máximas promedio varían dentro de un rango de 10,1 °C en el mes de julio a 26 °C en el mes de enero.

La humedad relativa presenta porcentajes promedios que van desde 62,9% en enero hasta los 93,1% en junio; un valor promedio para los periodos 1998-2003 es de 78,9%. Los vientos presentes en el sector fluctúan alrededor de los 4 nudos en periodos estivales y 2 nudos en meses de invierno.

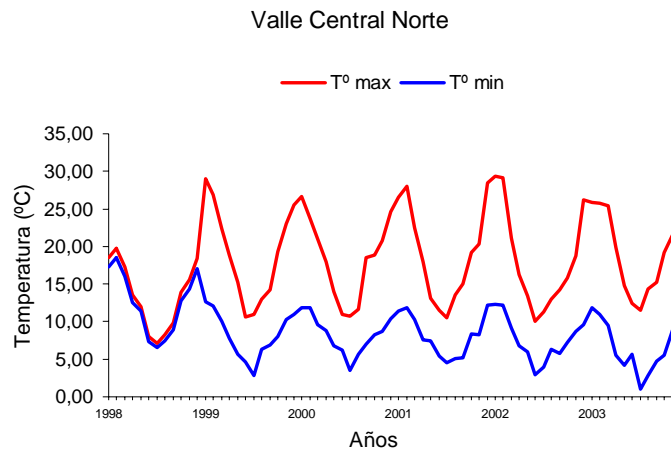


FIGURA 2. Temperaturas promedio mensuales para el periodo 1998-2003 en °C para la zona de estudio.

Las precipitaciones promedio para los años 1998 al 2003 se pueden observar en la FIGURA 3 donde las máximas se presentan en los meses mayo, junio y julio con precipitaciones de alrededor de los 60 a 433 mm mensuales; y precipitaciones mínimas promedio en los meses de diciembre, enero con precipitaciones de alrededor de los 2 a 30 mm mensuales. Las precipitaciones medias anuales alcanzan un máximo de 1.194 mm acumulados en el año 2002, el año menos lluvioso fue 1998, con 594 mm acumulados.

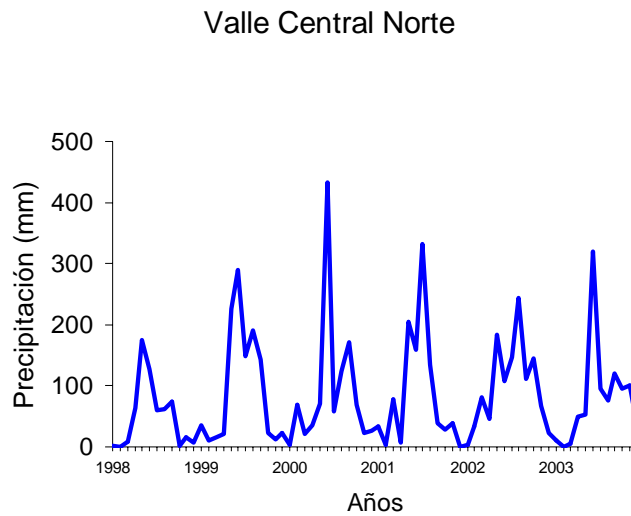


FIGURA 3. Precipitaciones promedio mensuales para el periodo 1998-2003 en mm para la zona de estudio.

4.2. Diseño experimental.

El diseño experimental utilizado fue un diseño en bloques completamente al azar con un arreglo factorial completo de los datos con 4 tratamientos y 4 repeticiones.

Las parcelas miden 192 m²., donde se combinó dos regímenes de riego (con riego y sin riego), y dos de fertilización (Fertilización Operacional, FO y Fertilización General Completa, FGC). El CUADRO 3 resume la información de los tratamientos aplicados en el ensayo, según el tipo de fertilización (Fertilización Operacional y Fertilización General Completa), en la FIGURA 4 se muestra la disposición espacial de las parcelas.

Cada tratamiento se repitió 4 veces en igual número de bloques.

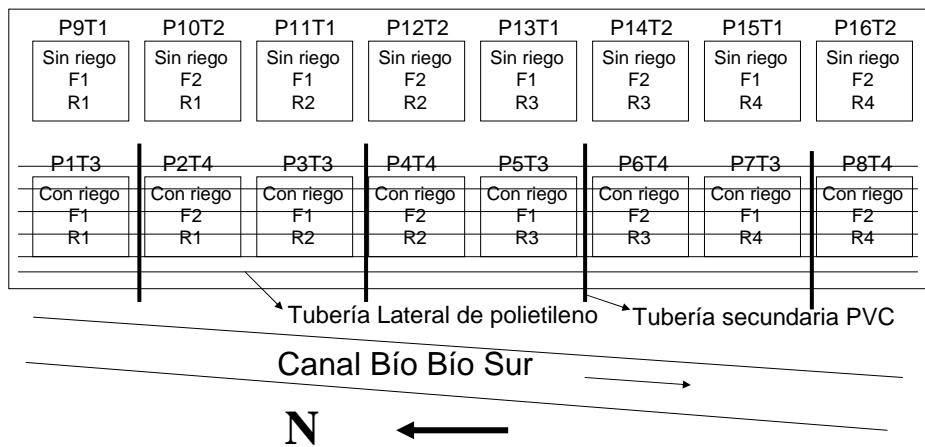
Las parcelas en terreno constituyeron una repetición que incluyó 48 plantas (6 hileras de 8 plantas) de las cuales 24 centrales son las medibles, el resto correspondió a plantas buffer.

El riego por microaspersión aplicado en Verdún bajo una plantación de *Eucalyptus nitens* Maiden se abastece del canal Bio-Bio Sur, el que consta de tuberías laterales de polietileno y tuberías secundarias de PVC. Las tuberías laterales recorren todas las hileras de plantas siendo un total de seis hileras, y las secundarias están dispuestas cada dos parcelas contabilizando cuatro en total, esto se puede observar en la FIGURA 2 de más adelante.

La superficie parcelada fue de 336 m². Adicionalmente, se procedió a la marcación de la primera y última planta (1 y 24) para efecto de ubicación al momento de las mediciones.

CUADRO 3. Tratamientos aplicados al ensayo de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden.

Tratamiento	Fertilización	Riego
T1	Fertilización Operacional (FO)	Sin riego
T2	Fertilización General Completa (FGC)	Sin riego
T3	Fertilización Operacional (FO)	Con riego
T4	Fertilización General Completa (FGC)	Con riego



Donde: P_i :Parcela i, i: 1,.....,16.
 R_j :Repetición j, j: 1,.....,4.
 T_k :Tratamiento k, k: 1,.....,4.

FIGURA 4. Croquis del ensayo.

4.2.1. Manejo del ensayo

El ensayo se estableció en agosto de 1998 con densidad de plantación de 1.250 plantas/ha.

La preparación del suelo fue un subsolado.

En Septiembre de 1998, se realizó un control de malezas post-plantación, con Glifosato (5 l/ha) + simazina (4 kg/ha), dirigido a rebrotes de *Eucalyptus globulus* de 1.0 a 3.0 m, con protección individual al cultivo.

Luego de establecida la plantación, se realizó una fertilización de tipo operacional (FO) y una fertilización general completa (FGC) en septiembre de 1999 (CUADRO 4).

CUADRO 4. Dosis de formulación de Fertilización Operacional (FO) y Fertilización General Completa (FGC).

Elemento	Unidad	Fuente	(%)	FO	FGC
				(gr/nutriente/ planta)	(gr/nutriente/ planta)
Nitrógeno	N	Urea	46,0	32,0	100,0
Fósforo	P ₂ O ₅	SFT	46,0	37,0	100,0
Potasio	K ₂ O	Muriato de Potasio	60,0	33,0	26,0
Potasio	K ₂ O	Sulpomag	22,0	0,0	24,0
Boro	B	BNC	10,0	3,0	3,3
Azufre	S	Fertiyeso	18,0	0,0	24,0
Magnesio	MgO	Óxido de Mg	93,5	0,0	20,0
Zinc	Zn	Sulfato de Zinc	22,0	0,0	2,5
Cobre	Cu	Sulfato de Cobre	25,0	0,0	2,5
Ca	Ca	Carbonato de Calcio		200,0	0,0

En el mismo mes se instalaron las unidades de riego, consistentes en matrices principales, secundarias y tuberías laterales aisladas bajo la superficie, correspondientes a un sistema de riego localizado de alta frecuencia a través de microjet.

En el mes de Diciembre de 1998, se realizó un segundo control de malezas post-plantación con Glifosato (3l/ha) + simazina (4 kg/ha). El detalle de las actividades realizadas desde el momento de la plantación hasta agosto del 2000 se observan en el CUADRO 5.

CUADRO 5. Actividades realizadas.

ACTIVIDAD	MES	AÑO	OBSERVACIONES			
Plantación	Agosto	1998				
Instalación Sistema Riego	Septiembre	1998				
Fertilización (F.O. y F.G.C.)	Septiembre	1999				
Control químico 1	Septiembre	1998	Gesatop	Agua	Glifosato	Galactic
			4,5 Kg	140 L	-	-
Control químico 2	Diciembre	1998	-	120 L	2,4 L	84 cc
Corrección de forma fustal	Agosto	2000				
Medición	Agosto - Septiembre				Anualmente	
Mantenimiento Sist. de Riego	Diciembre - Marzo				Anualmente	

Fuente: Ingeniero Agrónomo Rodrigo Venegas. Forestal MININCO S.A.

El riego se aplicó durante el período diciembre a marzo con frecuencia de una vez por semana, los caudales según temporadas se indican en los cuadros 6, 7, 8, 9 y 10, para cada año correspondiente.

CUADRO 6. Riego Verdún según antecedentes temporada 1999-2000.

Fecha	Minutos	lts/Planta	m³/Planta	m³/ha
Dic-1999	195	237	0,237	296,25
Ene - Mar 2000	195	237	0,237	296,25
Abr - May 2000	315	385	0,385	481,25

Fuente: Ingeniero Agrónomo Rodrigo Venegas. Forestal MININCO S.A.

CUADRO 7. Riego Verdún según antecedentes temporada 2000-2001.

Fecha	Minutos	lts/Planta	m³/Planta	m³/ha
Dic-2000	195	237	0,237	296,25
05-Ene-01	204	247	0,247	308,75
12-Ene-01	409	497	0,497	621,25
Feb-2001	384	466	0,466	582,5
Mar-2001	636	773	0,773	966,25
Abr-2001	450	545	0,545	681,25

Fuente: Ingeniero Agrónomo Rodrigo Venegas. Forestal MININCO S.A.

CUADRO 8. Riego Verdún según antecedentes temporada 2001-2002.

Fecha	Minutos	lts/Planta	m³/Planta	m³/ha
Dic 2001-Abr 2002	546	661	0,661	826,25

Fuente: Ingeniero Agrónomo Rodrigo Venegas. Forestal MININCO S.A.

CUADRO 9. Riego Verdún según antecedentes temporada 2002-2003.

Fecha	Minutos	lts/Planta	m ³ /Planta	m ³ /ha	OBSERVACIONES
Ene-2003	546	661	0,661	826,25	
Feb-2003	546	661	0,661	826,25	corresponde al último riego de Enero
15-Feb-03	546	901	0,901	1126,25	Ajuste lt/pta según gasto lt/min
22-Feb-03	546	946	0,946	1182,5	Se limpió la hojarasca
27-Feb-03	546	928	0,928	1160	
05-Mar-03	120	199	0,199	248,75	Reparación de bomba
07-Mar-03	546	889	0,889	1111,25	
14-Mar-03	210	357	0,357	446,25	Suspensión por lluvia
15-Mar-03	336	571	0,571	713,75	Continuación del riego

Fuente: Ingeniero Agrónomo Rodrigo Venegas. Forestal MININCO S.A.

Los cálculos de demanda de agua no se realizaron para la aplicación del riego, es por eso que se presentó insuficiencias de agua aplicada por agua evaporada.

El ensayo establecido tuvo un diseño de tratamientos factorial con dos niveles de régimen hídrico (con y sin riego), por dos niveles de fertilización de establecimiento, una Fertilización Operacional FORMIN (F.O.) por 32 g P₂O₅/planta, 37 g P₂O₅, 33 g K₂O, 3 g B y 200 g cal, y otra con 100 g N/planta, 100 g P₂O₅/planta, más una fertilización de complemento con otros nutrientes (F.G.C.).

CUADRO 10. Riego Verdún según antecedentes temporada 2003-2004.

FECHA	Minutos	Presión (bares)	Lts/min	Its/planta
		Promedio	Promedio	Promedio
10-Ene-04	546	2,58	1,76	961
17-Ene-04	546	2,55	1,74	950
24-Ene-00	546	2,1	1,7	928
31-Ene-04	546	2,3	1,8	965
07-Feb-04	546	2,43	1,69	920
14-Feb-04	546	2,22	1,63	894
21-Feb-04	546	2,06	1,63	892
28-Feb-04	546	1,99	1,62	883
13-Mar-04	546	2,05	1,67	910
27-Mar-04	546	2,12	1,68	916

Fuente: Ingeniero Agrónomo Rodrigo Venegas. Forestal MININCO S.A.

Los riegos fueron programados en base a la evapotranspiración normal de acuerdo al trienio 1960-1990 para el periodo seco de la zona de estudio, resumido a continuación:

CUADRO 11. Evapotranspiración mensual en el período seco de la zona de estudio según el trienio 1960-1990.

Mes	Evapotranspiración (mm)
	Diciembre
Enero	157,00
Febrero	147,60
Marzo	122,00
Abril	87,00

El número de los riegos para cada mes fueron calculados mediante la expresión (5), con una eficiencia de riego de 80% y 11.52 mm/hr por aspersor.

$$N = \frac{ETP}{(E \times Q \times n)} \quad (5)$$

Donde N : Número de horas por riego.
ETP : Evapotranspiración mensual en mm.
E : Eficiencia del riego en porcentaje.
Q : Caudal por aspersor en mm/hora.
N : Número de riegos por mes.

4.3. Mediciones.

4.3.1. Variables de crecimiento.

Para estudiar el efecto del riego sobre la productividad, se midieron las variables diámetro a la altura del pecho (cm.) y altura total (cm.). Dichas variables se analizaron individualmente para ver sus tendencias, comportamiento a través de tiempo y calculo de volumen.

Las mediciones de diámetro y altura se efectuaron con huincha diamétrica y huincha de distancia respectivamente. La medición se realizo en Septiembre del 2003.

4.3.1.1. Diámetro a la altura del Pecho (DAP): medido a 1.3 m desde la base del árbol. Medido en cm.

4.3.1.2. Altura total (Ht): medida desde el suelo hasta el ápice de la planta. Medido en cm.

4.3.1.3. Cálculo de Volumen (VOL): este se obtiene mediante una función de volumen (6) calculada especialmente para el lugar y la especie, según proyecto FONDEF D9712009. Medido en m³.

$$VOL (m^3) = 0,00046241 * Dap^2 + 0,00008042445 * H^2 \quad (6)$$

4.3.2. Estimación del crecimiento futuro.

Para la estimación del crecimiento futuro, se efectuará una proyección de este a 10, 12, y 17 años como edad de rotación a partir de los últimos datos tomados en el año 2003. El objetivo de plantación es madera pulpable para rotaciones de 10 y 12 años, y madera pulpable y aserrable para rotaciones de 17 años, esto se realizará con funciones creadas por Agrícola y Forestal Monteáguila S. A. ³.

4.3.3. Análisis estadístico.

4.3.3.1. Evaluación del riego.

Con la información obtenida se realizará un análisis descriptivo de las variables de interés.

Para analizar si existen o no diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos, se realizará un análisis de varianza de los factores e interacciones posibles (Factorial) mediante el sistema SAS ⁴.

Posteriormente, se someterán los datos a una prueba de comparación múltiple para diferenciación de las medias, luego de una depuración mediante la eliminación de datos atípicos (árboles muertos). La prueba usada será TUKEY con un nivel de confianza de 90%, con las hipótesis siguientes:

$$H_0: \mu_0 = \mu_i, \quad i= 1, 2, 3, 4.$$

$$H_1: \mu_0 \neq \mu_i, \quad i= 1, 2, 3, 4.$$

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H_0 .

Del mismo modo se realizará un análisis de riego y fertilización en forma independiente, para determinar si estos influyen en el crecimiento.

³ Ingeniero Forestal Señor Ronald Cordero.

⁴ Statistical Analysis System. Copyright (C) 1989 by SAS Institute Inc., Cary, NC USA.

4.3.4. Análisis económico

A partir de los resultados obtenidos en ambos casos, con riego y sin riego; se evaluará económicamente para determinar su rentabilidad mediante indicadores de rentabilidad; (Valor Actual Neto, VAN; Valor Potencial del Suelo, VPS; Tasa Interna de Retorno, TIR).

Las tasas de descuento utilizadas serán de un 10% y 8 %.

El análisis a través del VAN permite determinar si es o no rentable realizar el cultivo bajo régimen de riego en una sola rotación.

El análisis a través de VPS se realizará con el objetivo de contribuir a quienes pretendan replicar el ensayo a perpetuidad.

Las formulas utilizadas para cada indicador se muestran a continuación:

4.3.4.1. Valor actual neto:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

B_t = Beneficios del periodo t.

C_t = Costos del periodo t.

i = tasa de descuento o costo de oportunidad.

I_0 = inversión inicial en el momento cero de la evaluación

n = el número de años involucrados

Regla de decisión:

$VAN > 0$ la opción renta al menos lo que se exigió.

$VAN < 0$ la opción no renta lo que se exigió.

$VAN = 0$ valor de indiferencia.

4.3.4.2. Valor potencial del suelo:

$$VPS = \sum_{j=0}^r \frac{(B_j - C_j)(1+i)^{r-j}}{(1+i)^r - 1}$$

Donde VPS = Valor Potencial del Suelo.
B_j = Beneficio en un año j cualquiera.
C_j = Costo en un año j cualquiera.
r = Edad de rotación.
i = tasa alternativa del capital, valor decimal.

4.3.4.3. Tasa interna de retorno:

$$TIR = 0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} - I_0$$

La regla de decisión en el caso de la TIR es:

TIR > tasa de descuento \longrightarrow la opción renta al menos lo que se exigió.

TIR < tasa de descuento \longrightarrow la opción no renta lo que se exigió.

TIR = tasa de descuento \longrightarrow valor de indiferencia.

4.3.5. Análisis de sensibilidad para las variables: volumen, costo de riego, precio del m³ y tasa de descuento.

Con el fin de medir la variabilidad de la evaluación, ante modificaciones en los valores de las variables mencionadas y como una forma especial de incorporar el valor del factor riesgo a los resultados pronosticados del proyecto, se efectuaron un análisis de sensibilidad para las variables volumen, costo de riego, precio del m³ y tasa de descuento. De esta manera se puede contar con información acerca de las variables relevantes que podrían alterar la rentabilidad del proyecto dada alguna variación en su valor en el futuro, y así vislumbrar los posibles escenarios a los cuales se enfrentara el proyecto.

Para esto se hizo un análisis unidimensional de la sensibilidad del VAN, que consistió en modificar en ambas direcciones la variable a analizar para determinar la movilidad de la rentabilidad.

Las modificaciones para las variables volumen, costo de riego y precio del m³ serán del orden $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ del valor original propuesto, mientras que para la variable tasa de descuento las modificaciones serán de 6% y 12% además de las tasas propuestas originalmente.

5. RESULTADOS

5.1. Efecto de la precipitación en la variable DAC y DAP

Los valores de diámetro a la altura del cuello (DAC), para los periodos 1999 y 2000; y diámetro a la altura del pecho (DAP), para los periodos 2001-2003, para ambos regímenes de riego se presentan en el CUADRO 12, asimismo los valores de las precipitaciones asociadas a los periodos en cuestión.

CUADRO 12. Comparación de diámetros con precipitación.

Año	Sin riego	Con riego	Precipitación (mm)
	Diámetro (cm)		
1998*	0,0	0,0	594,8
1999*	4,1	5,8	1140,2
2000**	10,0	11,4	1101,2
2001**	10,9	11,9	1057,4
2002**	15,3	15,7	1194,0
2003**	15,3	16,4	959,2

(*) Diámetro a la altura del cuello (DAC), medido a la altura del suelo.

(**) Diámetro a la altura del pecho (DAP), medido a 1.3 m de altura.

La FIGURA 5 muestra el comportamiento del diámetro a la altura del cuello (DAC) para los dos primeros años de la plantación, y diámetro a la altura del pecho (DAP) para los siguientes periodos, con riego y sin riego; con respecto a las precipitaciones asociadas a los periodos correspondientes.

Como se presenta en la FIGURA 5, los diámetros observados aumentan con el transcurso del tiempo, asociados a las precipitaciones, quienes contribuyen en el crecimiento de los árboles.

Ambas curvas siguen la misma tendencia en donde el incremento de las precipitaciones es proporcional al aumento de los diámetros, asimismo cuando el nivel de agua disminuye, como es el caso del periodo 1999 – 2000 y 2002 - 2003, los diámetros se incrementan en menor proporción, tanto para el régimen sin riego, como con riego.

En general se puede decir que las curvas asociadas a los diámetros, para ambos regímenes de riego, se incrementan en el tiempo con el beneficio de las precipitaciones.

Se puede notar que la curva de diámetros con riego presentan un incremento más marcado en los primeros años de crecimiento, siguiendo luego la misma tendencia que la curva sin riego, pero se destaca que en los periodos que disminuyen las precipitaciones, el incremento es menor que sin riego, como ocurre al final de la evaluación, donde el descenso de la precipitación no provoca una disminución en el incremento diametral, al contrario, sigue aumentando gracias al agua aplicada artificialmente mediante el riego.

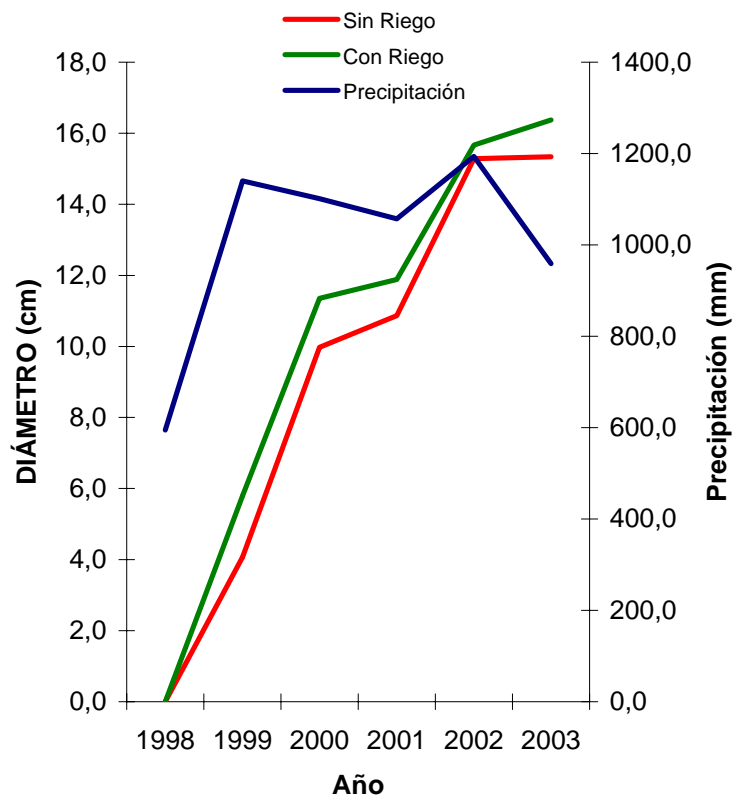


FIGURA 5. Comparación de diámetros con Precipitación.

5.2. Efecto inicial del riego y nivel de fertilización

Las humedades alcanzadas en el suelo en las dos primeras temporadas fueron insuficientes no alcanzándose en ningún momento la condición la condición de capacidad de campo en la profundidad 30 a 90 cm. Esta escasez de agua en el suelo estuvo influenciada fuertemente por las altas tasas de evapotranspiración registradas en el periodo, superiores a los 160 mm/mes (histórico en 30 años) con los cuales se estableció la frecuencia de riego.

Como fertilización de mantención, luego del primer año (Agosto de 1999), se aplicó una dosis de 150 g N/planta, 100 g P₂O₅/planta y 3 g de BNC/planta a todos los tratamientos del ensayo.

En el CUADRO 13 se presenta el efecto de los tratamientos al cabo de 12, 24 y 36 meses de crecimiento de los árboles.

CUADRO 13. Efecto de la disponibilidad de agua y de las dosis de fertilización en el crecimiento de los árboles del Valle Central Norte a los 12, 24 y 36 meses.

Tratamientos		Índice Biomasa (cm ³)			Vol (m ³ /ha)	Incremento (%)	
Riego	Fertilización	Edad árboles (meses)			36	IBIOM	VOL
		12	24	36			
Valle Central Norte		DAP					
Sin Riego	Baja	2130b	58796	126606c	47b	100	100
	Alta	2650b	66512c	135899c	53b	107	113
Con Riego	Baja	6568a	87781b	162346b	76a	100	100
	Alta	7648a	109050	186969a	75a	115	99
DMS 0,05		1100	9991	17714	17		
CV (%)		20,4	10,9	10,2	24,6		

Fuente: FONDEF D9712009

El riego produjo significativamente aumentos del crecimiento desde el inicio del experimento. Se aprecia que este efecto es significativamente mayor aún con una alta dosis de fertilización.

Llaman la atención los elevados crecimientos obtenidos en los tratamientos sin riego en un sitio representativo del Valle Central Norte, donde existe una baja disponibilidad natural de agua.

Es posible que la extensión en longitud y profundidad del sistema radicular de los árboles hayan permitido que las plantas “sin riego” hayan captado agua de las parcelas regadas. Esto estaría avalado por el hecho de que inicialmente (12 meses) las plantas sin riego crecían apenas un tercio que las regadas.

Debido a lo anterior, junto al hecho de que el riego efectivamente aplicado solo disminuyó parcialmente el déficit hídrico, es que los incrementos de crecimiento son inferiores a los esperados.

El efecto promedio del riego incremento el IBIOM en 33% y el Volumen en 52% a los 36 meses, aún así no se alcanzan niveles de crecimiento observados en sitios de secano con buena condición hídrica.

No hay respuestas a nivel de fertilización a pesar de los altos crecimientos observados en los tratamientos regados. Si bien el incremento del IBIOM alcanza a ser significativo, no lo es el incremento en Volumen. El efecto promedio de la fertilización no produjo incrementos significativos del crecimiento cuando este se expresa como IBIOM y tampoco lo hace como Volumen. La falta de respuesta a la fertilización se debe a que las demandas nutricionales no alcanzan a ser suficientemente altas. Además es posible que las raíces de las plantas hayan expresado un desarrollo que permitió una mayor capacidad de absorción de nutrientes. Sin embargo, en otros experimentos con crecimientos similares también se observa una suficiencia de la dosis menor.

Sin embargo, si se tuviese una condición de riego de alta eficiencia es muy probable que estos regímenes de fertilización serían insuficiente por lo que se recomienda retomar el tema de la fertilización en futuros estudios de riego en *Eucalyptus* (Fondef, 2002).

5.3. Análisis Estadístico en combinación de tratamientos.

5.3.1. Diámetro a la altura del pecho

La información pertinente a esta variable se presenta en el CUADRO 14.

CUADRO 14. Resumen estadístico para la variable DAP.

Tratamientos				
Régimen de Riego	Sin Riego		Con Riego	
Fertilización	F.O.	F.G.C.	F.O.	F.G.C.
Media (cm)	15,2 a	15,5 a	16,6 a	15,2 a

Diferencia Mínima significativa 0.9751
Rango estandarizado del valor crítico 2.592

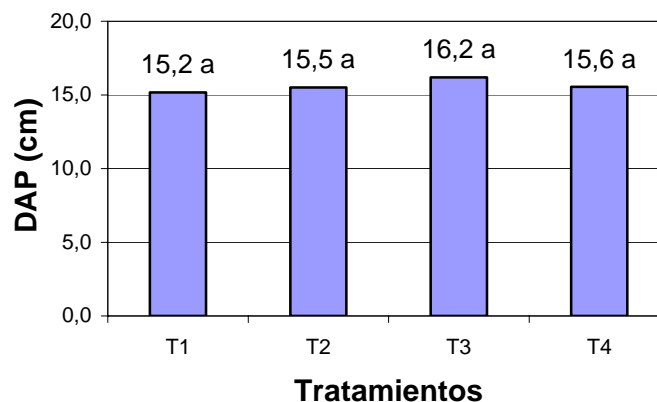


FIGURA 6: Gráfica de medias para la variable DAP (cm) por tratamientos.

Al observar los datos, podemos ver que los tratamientos con riego presentan un leve aumento en el crecimiento diametral de las plantas, con medias de 16,6 cm, y 15,2 cm en condiciones con riego, y fertilización operacional (T3) y con riego y fertilización general completa (T4), respectivamente.

Sin embargo, las diferencias no son determinantes a la hora de discriminar ya que mediante el Test de Tukey's no se encontraron diferencias significativas.

Esto se puede obtener en las letras contiguas a los valores medios de cada tratamiento. El hecho de que las medias tengan la misma letra no las hacen significativamente diferentes.

Los factores riego y fertilización no tienen un efecto significativo sobre la variable DAP con valores de probabilidad superiores a 0,05 lo que proporcionó una alta evidencia estadística para aceptar H_0 (ANEXO 1).

El análisis del modelo general lineal de sistema SAS arroja a la variable DAP como significativa ($p > 0,05$) en el estudio siendo por tanto una variable predictora en el análisis de crecimiento de los árboles.

La media para esta variable resultó ser de 15,85 cm, con un coeficiente de variación de 6.7%.

Para el DAP, los bloques del estudio no fue necesario ya que el valor p resultó ser $0,8992 > 0,05$ no existiendo diferencias entre bloques, así mismo ocurre entre tratamientos donde el valor p es $>0,05$.

De acuerdo con los resultados del Test de Tukey's si son grupos homogéneos, no existiendo entre ellos diferencias significativas (ANEXO 2).

5.3.2. Altura total (Ht).

La información pertinente a esta variable se presenta en el CUADRO 15.

CUADRO 15 Resumen estadístico para la variable Ht.

Régimen de Riego	Tratamientos			
	Sin Riego		Con Riego	
Fertilización	F.O.	F.G.C.	F.O.	F.G.C.
Media (cm)	1.518,75 a	1.543,75 a	1.691.25 a	1.637,25 a
Diferencia Mínima significativa 120.74				
Rango estandarizado del valor crítico 2.592				

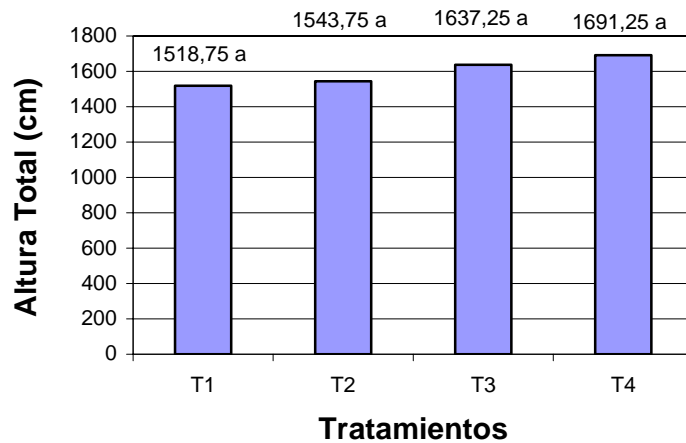


FIGURA 7: Gráfica de medias para la variable Ht (cm) por tratamientos.

La variable altura total respondió de igual manera que la variable DAP. Las medias obtenidas para cada tratamientos fueron: sin riego y fertilización operacional: 1.518,75 cm; sin riego y fertilización general completa: 1.543,75 cm; con riego y fertilización operacional: 1.691,25 cm; y, sin riego y fertilización general completa: 1.637,25 cm, como se puede apreciar esta variable también tuvo un leve aumento en los tratamientos con riego, sin llegar a ser significativamente diferente, ya que las medias no sobrepasan la mínima diferencia significativa (120,74 cm), resultando por tanto con la misma letra para el Test de Tukey's.

Resultados similares fueron obtenidos por RICHARDSON & PURSE (2001), en plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maiden sin manejo, las que alcanzaban alturas medias de 17,4 m.

Los factores riego y fertilización, no tienen un efecto significativo sobre la variable Ht con valores de probabilidad superiores a 0,05 lo que proporcionó una alta evidencia estadística para aceptar H_0 (ANEXO 2).

El análisis del modelo general lineal de sistema SAS determina a la variable Ht como significativa ($p > 0,05$) en el estudio, siendo por tanto una variable predictora en el análisis de crecimiento de los árboles.

La media para esta variable resulto ser de 1.597,75 cm, con un coeficiente de variación de 8.2%.

Para el Ht el bloqueo del estudio no fue necesario ya que el valor p resulto ser $0,38 > 0,05$ no existiendo diferencias entre bloques, así mismo ocurre entre tratamientos donde el valor p $0,5635 > 0,05$.

De acuerdo con los resultados obtenidos por el Test de Tukey's los grupos son homogéneos, no existiendo diferencias significativas entre las combinaciones de riego y fertilización para la variable altura total.

5.3.3. Volumen

La información pertinente a esta variable se presenta en el CUADRO 16.

CUADRO 16. Resumen estadístico para la variable Volumen.

Tratamientos				
Régimen de Riego	Sin Riego		Con Riego	
Fertilización	F.O.	F.G.C.	F.O.	F.G.C.
Media (m³)	0.145 a	0.149 a	0.157 a	0.163 a
Diferencia Mínima significativa 0.0089				
Rango estandarizado del valor critico 2.592				

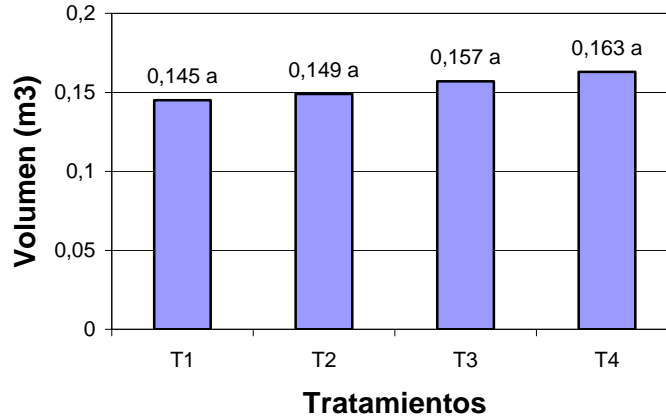


FIGURA 8: Gráfica de medias para la variable Volumen (m³) por tratamientos.

La variable volumen respondió de igual manera que la variable DAP y Altura Total. Las medias obtenidas para cada tratamientos fueron: sin riego y fertilización operacional: 0,145 m³; sin riego y fertilización general completa: 0,149 m³; con riego y fertilización operacional: 0,157 m³; y con riego y fertilización general completa: 0,163 m³, como se observa esta variable también tuvo un aumento en los tratamientos con riego, sin llegar a ser significativamente diferente, ya que las medias no sobrepasan la mínima diferencia significativa (0,0089 m³), resultando por tanto con la misma letra para el Test de Tukey's.

Los factores riego y fertilización, no tienen un efecto significativo sobre la variable volumen con valores de probabilidad superiores a 0,05, lo que proporcionó una alta evidencia estadística para aceptar Ho (ANEXO 3).

De acuerdo con los resultados obtenidos por el Test de Tukey's, los grupos son homogéneos, no existiendo diferencias significativas entre las combinaciones de riego y fertilización para la variable volumen.

El análisis del modelo general linear de sistema SAS, arroja a la variable volumen como significativa ($p > 0,05$) en el estudio, siendo por tanto una variable predictora en el análisis de crecimiento de los árboles.

La media para esta variable resulto ser de $0,154 \text{ m}^3$, con un coeficiente de variación de 6.3%, donde solo dos de los tratamientos superaron la media, T3 y T4, tratamientos con riego.

Para el volumen, el bloqueo del estudio no fue necesario ya que el valor p resulto ser $0,65 > 0,05$ no existiendo diferencias entre bloques, así mismo ocurre entre tratamientos donde el valor p es 0,90 ($p > 0,05$).

5.4. Análisis Estadístico Riego v/s Fertilización.

5.4.1. Análisis estadístico del riego para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP).

CUADRO 17. Resumen estadístico para la variable DAP, según régimen de riego.

Régimen de Riego	Tratamientos	
	Sin Riego	Con Riego
Media (cm)	15,34 b	16,38 a
Diferencia Mínima significativa 0.791		
Rango estandarizado del valor critico 2.491		

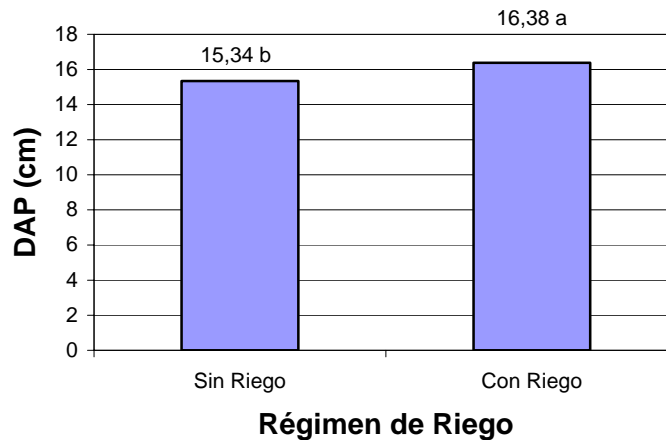


FIGURA 9: Gráfica de medias para la variable DAP (cm) por Régimen de Riego.

Las medias para esta variable son 15,34 cm para R1 (tratamiento sin riego), y 16,38 cm para R2 (tratamiento con riego).

Como se puede observar en el CUADRO 17, y en la FIGURA 9 correspondiente a la variable DAP según el régimen de riego, si existen diferencias significativas entre las medias, resultando un aumento notable para el tratamiento con riego, siendo este de 16,38 cm superando a la media con 0,52 cm, siendo que esta es de 15,86 cm. Podemos obtener también que la diferencia entre tratamientos es 1,06 veces mayor R2 que R1; con una diferencia de 1,04 cm, lo que supera la diferencia mínima significativa que es 0,791 cm. Esto se puede observar en las letras adjudicadas a las medias según el Test de Tukey's, quien afirma que si existen diferencias significativas, por lo tanto el régimen de riego en forma individual, sin considerar el tipo de fertilización, si tiene efectos sobre la variable DAP.

Lo anteriormente dicho también se puede comprobar por las diferencias entre tratamientos, las que arrojan un valor p de 0,0366, siendo este menor a 0,05, por lo tanto los tratamientos con y sin riego si muestran diferencias significativas. Esto demuestra que la probabilidad de que H_0 se cumpla es muy baja (3.6%), rechazando así esta hipótesis.

El riego como factor si tiene un efecto significativo sobre la variable DAP con un valor p inferior a 0,05 lo que proporciona una alta evidencia estadística, permitiendo así rechazar Ho.

El coeficiente de variación arrojado es de 5.66%, por lo que la variación entre datos es mínima siendo aun mas segura la información.

5.4.2. Análisis estadístico del riego para la variable Altura Total (Ht).

CUADRO 18. Resumen estadístico para la variable Ht, según régimen de riego.

Tratamientos		
Régimen de Riego	Sin Riego	Con Riego
Media (cm)	1.531,3 b	1.664,3 a
Diferencia Mínima significativa 111.15		
Rango estandarizado del valor critico 2.491		

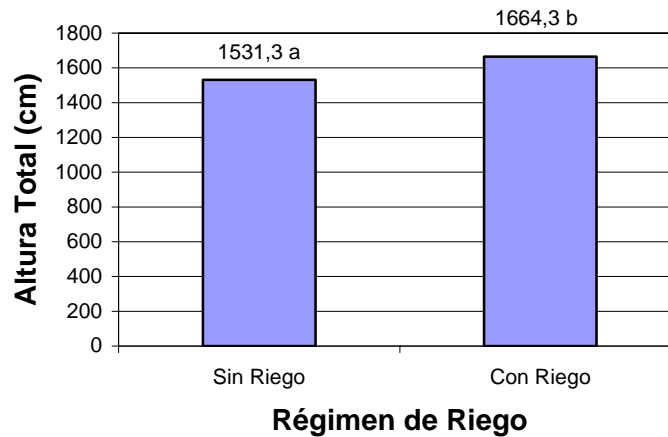


FIGURA 10: Gráfica de medias para la variable Ht (cm) por Régimen de Riego.

La variable altura total se comporta de la misma forma que la variable DAP, presentando diferencias significativas.

Las medias respectivas son 1.531,3 cm para el tratamiento sin riego y 1.664,3 cm con riego. La diferencia producida entre ambas es de 133 cm, 1,08 veces mayor R2 que R1, superando la mínima diferencia significativa (111,15 cm). La media alcanzada para esta variable es de 1.597,8 cm. El coeficiente de variación es de 7.9%.

Como se aprecia en el CUADRO 16 según el Test de Tukey's las medias presentan las letras distintas lo que las hace tener diferencias significativas entre ellas. Por lo tanto el efecto que tiene el riego independiente de la fertilización, es significativo sobre la variable altura total.

El factor riego si tiene un efecto significativo sobre la variable Ht con valores de probabilidad levemente superiores a 0,05, siendo una probabilidad baja de que se cumpla Ho, lo que permite rechazarla y aceptar H1.

5.4.3. Análisis estadístico del riego para la variable volumen.

CUADRO 19. Resumen estadístico para la variable volumen, según régimen de riego.

Régimen de Riego	Tratamientos	
	Sin Riego	Con Riego
Media (m ³)	0,147 b	0,160 a
Diferencia Mínima significativa 0,0078		
Rango estandarizado del valor critico 2.491		

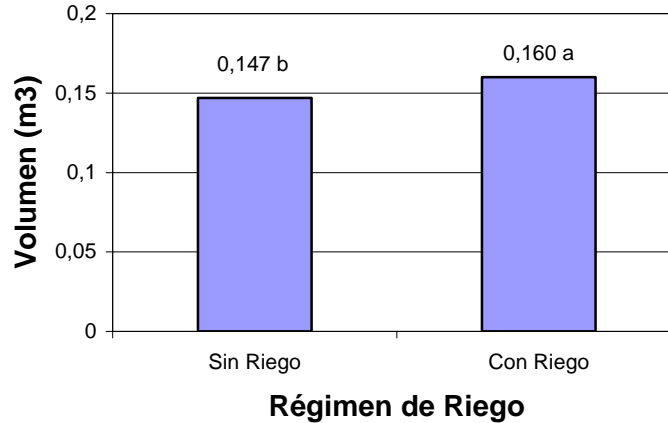


FIGURA 11: Gráfica de medias para la variable Volumen (m³) por Régimen de Riego.

Como se puede observar, los resultados para esta variable si muestran diferencias entre las medias. Los valores para el tratamiento sin riego son de 0,147 m³ y para el tratamiento con riego es de 0,160 m³, equivalentes a 184 m³/ha y 200 m³/ha respectivamente. El tratamiento con riego es 1,08 veces mayor que el tratamiento sin riego. Estos resultados se pueden comparar con los obtenidos por Alvarez J. en ensayos de Forestal MININCO, cercanos a Verdún, donde los volúmenes para *Eucalyptus nitens* Maiden a la edad de 5 años son 209,7 m³/ha a 300 m.s.n.m. y 209,9 m³/ha a 581 m.s.n.m. en un suelo trumao ubicado en la precordillera de Los Ángeles, VIII región.

La diferencia producida entre ambos tratamientos es de 0,013 m³, lo que supera la mínima diferencia significativa (0,0078 m³), así también se puede ver en el CUADRO 19, donde el Test de Tukey's muestra las diferencias 0,147 b y 0,160 a. Esto afirma que el régimen de riego independiente de la fertilización, si provoca diferencias entre tratamientos ($p = 0,010 < 0,05$).

La media para esta variable es de 0,154 m³ con un coeficiente de variación de 5,74%.

El factor riego, se puede decir que si tiene un efecto significativo sobre la variable volumen con valores de probabilidad inferiores a 0,05, lo que proporcionó una alta evidencia estadística para rechazar H_0 , ya que la probabilidad de que se cumpla H_0 es de un 1%, probabilidad demasiado baja para aceptar esta hipótesis, por lo tanto esto permite aceptar H_1 , reiterando que si se producen diferencias estadísticamente significativas.

5.4.4. Análisis estadístico de la fertilización para la variable diámetro a la altura del pecho (DAP).

CUADRO 20. Resumen estadístico para la variable DAP, según Fertilización.

Tratamientos		
Fertilización	F.O.	F.G.O.
Media (cm)	15,86 a	15,85 a
Diferencia Mínima significativa 0.9296		
Rango estandarizado del valor crítico 2.491		

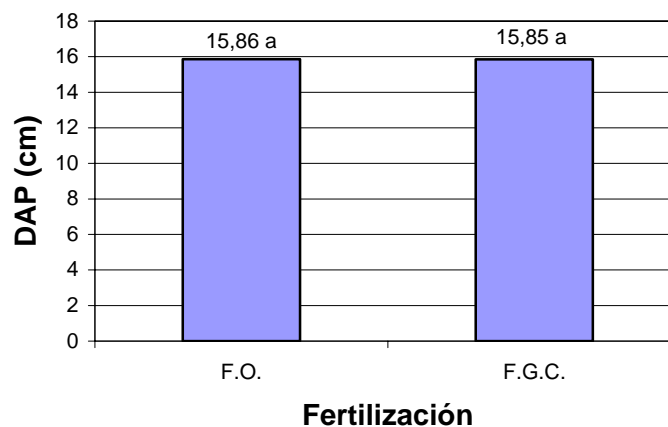


FIGURA 12: Gráfica de medias para la variable DAP (cm) por Fertilización.

Como se puede observar la variable DAP no presenta diferencias entre sus medias según el tipo de fertilización aplicada independiente del riego, esto se puede corroborar con su valor $p = 0,9814 > 0,05$, lo que determina la no existencia de diferencias significativas entre tratamientos (F.O. y F.G.C.), además de no alcanzar la mínima diferencia significativa (0,9296 cm) entre medias.

Las medias resultantes para esta variable son: F.O.: 15,86 cm y F.G.C.: 15,85 cm, como se muestra según Test de Tukey's no existen diferencias significativas entre medias para ambas fertilizaciones, comportándose de esta manera como grupos homogéneos.

La media poblacional para esta variable es de 15,85 cm, muy cercana a los valores arrojados por cada tratamiento, el coeficiente de variación es de 6,65%.

El factor fertilización presenta valores de probabilidad superiores a 0,05 teniendo un efecto significativo sobre la variable DAP, lo que permite aceptar H_0 con una alta evidencia estadística y una probabilidad de que esta se cumple de un 98%.

5.4.5. Análisis estadístico de la fertilización para la variable altura total (Ht).

CUADRO 21. Resumen estadístico para la variable Ht, según Fertilización.

Fertilización	Tratamientos	
	F.O.	F.G.O.
Media (cm)	1.605 a	1.590,5 a
Diferencia Mínima significativa 127,4		
Rango estandarizado del valor critico 2,491		

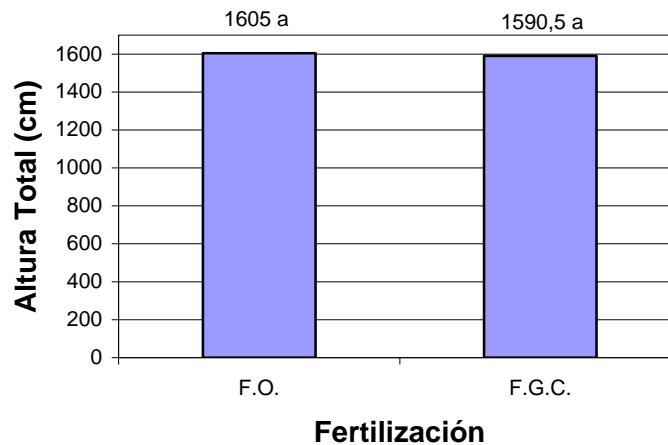


FIGURA 13: Gráfica de medias para la variable Ht (cm) por Fertilización.

La variable altura total se comporta de la misma forma que la variable DAP, en este caso las medias para cada tratamiento son: F.O.: 1.605 cm y F.G.C.: 1.590,5 cm, la diferencia entre ambas es mínima (14,5 cm), no alcanzando la mínima diferencia significativa 127,4 cm. Según el Test de Tukey's, esto se confirma al arrojar las mismas letras contiguas a las medias en el CUADRO 21, que refleja así también la homogeneidad entre grupos.

La media poblacional para esta variable es de 1.597,7 cm siendo muy cercana a las medias de cada tratamiento, con un coeficiente de variación de 9,05%.

Según el valor p para los tratamientos es $0,8440 > 0,05$ lo que comprueba que los tratamientos de fertilización (F.O. y F.G.C.) no presentan diferencias significativas en el crecimiento en altura de los árboles.

Según el valor p para la variable altura total, esta si es significativa para el estudio de fertilizaciones independiente del riego, con un valor $p = 0,844 > 0,05$.

La fertilización como factor no tiene un efecto significativo sobre la variable Ht con un valor p superior a 0,05, con una probabilidad de 84%, lo que proporciona alta evidencia estadística para aceptar H_0 .

5.4.6. Análisis estadístico de la fertilización para la variable volumen.

CUADRO 22. Resumen estadístico para la variable volumen, según Fertilización.

Tratamientos		
Fertilización	F.O.	F.G.O.
Media (m³)	0,151 a	0,156 a
Diferencia Mínima significativa 0.0097		
Rango estandarizado del valor critico 2.491		

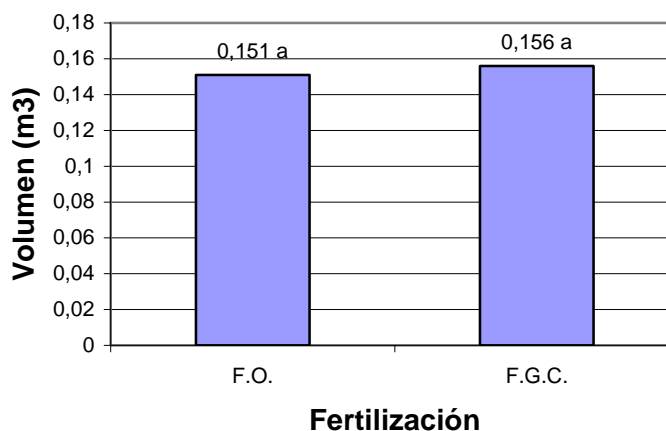


FIGURA 14: Gráfica de medias para la variable volumen (m³) por Fertilización.

Los valores medios de volumen son, para F.O.: 0,151 m³ y para F.G.C.: 0,156 m³, el incremento en volumen para los dos tratamientos no ha sido afectado por las fertilizaciones ya que la diferencia que existe entre ambos es de 0,005 m³ lo que no alcanza la mínima diferencia significativa 0,0097 m³, por lo tanto las diferentes fertilizaciones aplicadas a la población no han sido substanciales en el crecimiento de los árboles, esto se puede corroborar con el valor $p = 0,4170 > 0,05$ resultando la no influencia en los tratamientos. La media poblacional en este caso es de 0,154 m³, con un coeficiente de variación de 7,2 %, no variando sustancialmente de las medias obtenidas según tratamientos.

Como se observa en el CUADRO 22, el Test de Tukey's refleja grupos homogéneos sin diferencias entre medias, utilizando la misma letra en cada valor (0,151 a, 0,156 a).

La fertilización como factor presenta un valor de probabilidad mayor que 0,05 lo que permite aceptar Ho (probabilidad de 42%), esto permite ver que la fertilización en el volumen no influye en el aumento de esta como variable, no presentando diferencias estadísticamente significativas.

5.4.7. Comparación de medias de tratamientos para las variables DAP, altura total y volumen.

CUADRO 23. Comparación de medias de tratamientos para las variables DAP, altura total y volumen.

Tratamiento	DAP (cm)	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Volumen (m ³ /ha)
T1	15,2	1518,75	0,145	181
T2	15,2	1543,75	0,149	186
T3	16,6	1691,25	0,157	196
T4	16,2	1637,25	0,163	204
R2	16,3	1664,25	0,160	200
R1	15,3	1534,25	0,147	184
F.O.	15,8	1605,00	0,151	189
F.G.C.	15,8	1590,50	0,156	195
Media	15,8	1597,70	0,153	191

Como se puede observar en el CUADRO 23, los mejores resultados en cuanto a crecimiento se obtuvieron para los tratamientos con riego (T3, T4).

La FIGURA 15, presenta los valores obtenidos para DAP por tratamiento; como se puede observar los mejores resultados han sido obtenidos para los tratamientos con riego, obteniendo más de 16 cm en DAP, valores superiores a los 1.600 cm en altura, y volúmenes de 200 m³/ha promedio para los tres mejores tratamientos (T3-T4-R2), presentados en las FIGURAS 16 y 17 respectivamente. Esto se puede comparar con resultados obtenidos por Jobet, J (1999), donde presenta diámetros a la altura del pecho de 14,8 cm, 1.620 cm de altura y 106 m³/ha ; en plantaciones de *Eucalyptus nitens* Maiden de 5 años a una densidad de 1.215 árboles/ha en un suelo trumao, de la VIII Región. Valores menores a los obtenidos en Verdún, confirmando que la aplicación de riego junto con fertilización, si son manejos que afectan positivamente en el crecimiento de los cultivos, la comparación de estos se puede observar en las FIGURAS 15, 16 y 17 según variable.

Otros estudios han arrojado valores muy semejantes a los de Verdún, como es el caso de Muñoz, F (1999), en la provincia de Arauco de la VIII Región, en una plantación de *Eucalyptus nitens* Maiden de 6 años a una densidad de 1.100 árboles/ha y sometido al efecto de poda y raleo en un suelo franco arcillosos. Los valores para DAP fueron 15,5 cm y alturas de 1.800 cm valores relativamente semejantes, como se puede observar en las FIGURAS 15 y 16.

Según estudios de RICHARDSON and PURSE (2001) se han estimado volúmenes usando tablas de rendimiento de Richardson para rodales de *Eucalyptus nitens* Maiden en Chile, estas han indicado un factor de forma de 0,35, valor razonable para madera comerciable, con estas funciones que reflejan un incremento medio anual estimado para *Eucalyptus nitens* Maiden de 36,7 m³/ha/año a los 8 años, volúmenes de 298 m³/ha altura media de 17,4 m un diámetro medio de 22,3 cm.

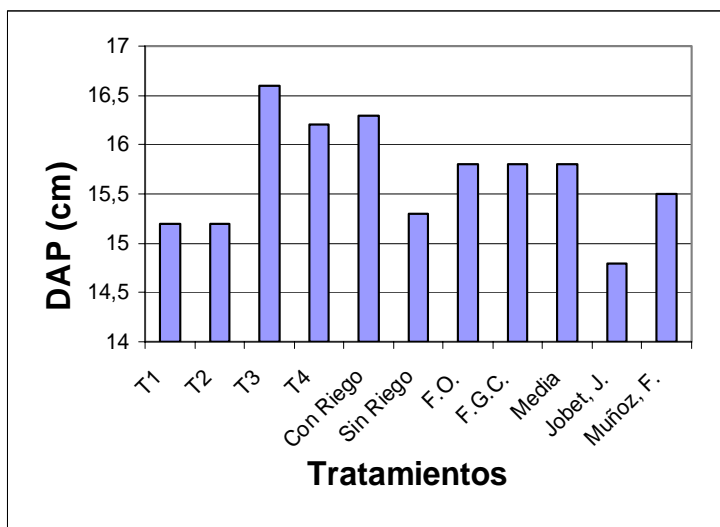


FIGURA 15. Comparación de tratamientos en Verdún con estudios de Jobet, J. y Muñoz, F., para la variable DAP.

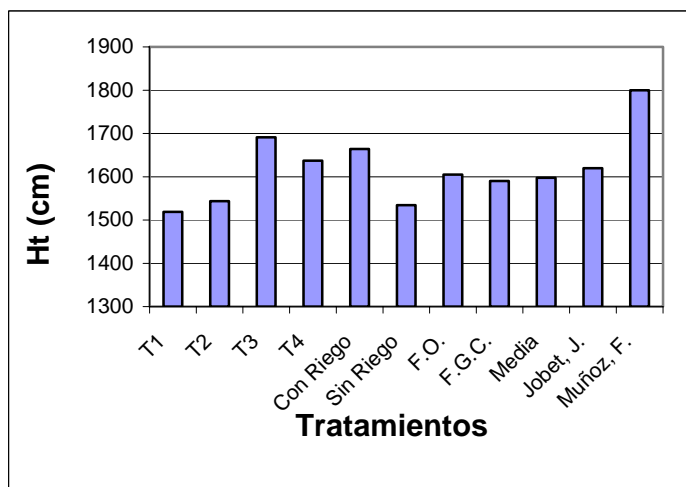


FIGURA 16. Comparación de tratamientos en Verdún con estudios de Jobet, J. y Muñoz, F., para la variable Altura Total.

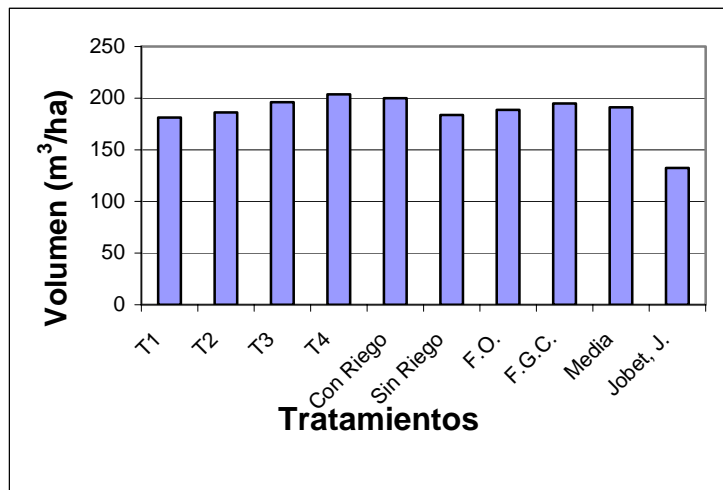


FIGURA 17. Comparación de tratamientos en Verdún con estudios de Jobet, J., para la variable Volumen.

Otros estudios realizados en *Eucalyptus nitens* Maiden, por Laffan and Naughton (2003), sobre comparación de volúmenes en cinco sitios, cuatro de ellos con bajas calidad de nutrientes a 450 msnm. y uno de alta calidad, a mayor altitud (700 msnm) en el noreste de Tasmania; lograron demostrar que después de los tres años de plantación muestran que manejos tanto para molduras como aserrado producen una tendencia a mejorar el crecimiento en los cuatros sitios de menor calidad, pero sin ser significativos. Sin embargo, después de los siete años, esta tendencia se invierte resultando en todos los sitios, de alta y baja calidad, un aumento del volumen, pero estas diferencias registradas nuevamente no son significativas.

Los sitios plantados con *Eucalyptus nitens* Maiden, muestran una marcada diferencia del crecimiento relacionada con la altitud y la calidad del sitio. Los sitios de mayor altitud, con alta calidad de los suelos, muestran un crecimiento temprano relativamente pobre, pero después de los cuatro años es variable para los otros sitios. Recíprocamente los sitios de menor altitud producen un crecimiento temprano mayor, pero después de los siete años, disminuye este aumento en términos de altura y volumen.

5.5. Análisis económico

El detalle de los flujos de cajas respectivos se muestra en los CUADROS N° 14A - 14L del ANEXO 14.

Para el análisis se ha considerado varios escenarios, donde se utilizan dos precios de m³ para pulpa: 25 US\$ y 27 US\$⁵ y Aserrable: 42 US\$⁶ de *Eucalyptus nitens* Maiden, dos tasas de descuento: 8 y 10%, y volúmenes proyectados a la edad de 10, 12 y 17 años, como edad de rotación, para ambos regímenes de riego.

El valor del dólar utilizado es de \$650, actualizado a la fecha de julio del 2004.

Los valores de precios y costos, y volúmenes proyectados se pueden observar en el ANEXO 10, 11, 12, 13, y 14.

Como se observa en los CUADROS 24 y 25, la rentabilidad para los regímenes con riego arroja valores negativos, queriendo decir que la técnica aplicada para el caso particular, no es rentablemente realizable para los casos evaluados.

La baja rentabilidad del cultivo bajo estas condiciones se explica debido a que la productividad no fue capaz de generar mayores ingresos, lo que puede deberse a un suelo en transición a trumao; y, que a pesar del riego aplicado, no presenta diferencias en crecimiento, o bien porque el precio de la materia prima como valor de mercado que tiene hoy en día *Eucalyptus nitens* Maiden no es lo suficiente para cubrir los costos de riego, por no ser una especie poco comerciable en estos días, no mantiene un valor suficientemente alto para cubrir los costos en cuestión.

El análisis de rentabilidad realizado en el caso de riego, se aplico bajo las condiciones de riego durante todos los periodos de evaluación, es decir para el caso de 10 años como edad de rotación, se aplica el riego durante los 10 años, lo mismo ocurre para una edad de rotación de 12 y 17 años.

⁵ Fuente: Ingeniero Forestal Sr. José Álvarez M.

⁶ Fuente: Boletín de Precios Forestales INFOR 2004

Lo contrario sucede cuando no se aplica riego, resultando económicamente rentable en todos los casos, excepto cuando se aplica una tasa de interés del 10%, con un precio del m³ de 25 US\$ a los 10 y 12 años. Como se observa las diferencias que se presentan entre edades de rotación varían hasta en un 50% para los cuatro casos con riego.

Para las situaciones donde no se aplicó el riego, puede observarse que la variable edad de rotación si es determinante en la rentabilidad del proyecto, ya que cuando se aumenta la edad de rotación de 12 a 17 años la rentabilidad se acrecienta notablemente, tanto para el VAN como para el VPS, sobrepasando valores de 400 US\$/ha y 2.000 US\$/ha a 10 años, 200 US\$/ha y 2.000 US\$/ha a 12 años; y, 3.000 US\$/ha y 6.000 US\$/ha a los 17 años respectivamente.

Solo se presenta una leve disminución en el valor del VAN al aumentar de 10 a 12 años en edad de rotación, para ambas tasas de descuento y precios de m³.

CUADRO 24 .Valores Actuales Netos en US\$/ha para volúmenes obtenidos según regímenes de riego.

US\$/m ³	Interés (%)	Rotación 10 años s/r	Rotación 12 años s/r	Rotación 17 años s/r	Rotación 10 años c/r	Rotación 12 años c/r	Rotación 17 años c/r
25	10	-	114	312	3.446	26.648	29.097
27	10		444	249	3.575	26.067	28.518
25	8		700	667	5.750	24.772	27.280
27	8		1.300	1.293	5.908	24.147	26.634

En el caso que se deseara replicar el ensayo a perpetuidad, podemos ver que las rentabilidades se acrecientan en el caso de no aplicar riego, mientras que con riego siguen siendo aún más negativas.

CUADRO 25 .Valor Potencial del Suelo en US\$/ha para volúmenes obtenidos según regímenes de riego.

US\$/m ³	Interés (%)	Rotación 10 años s/r	Rotación 12 años s/r	Rotación 17 años s/r	Rotación 10 años c/r	Rotación 12 años c/r	Rotación 17 años c/r
25	10	2.472	2.200	6.953	- 40.711	- 40.046	- 36.953
27	10	3.380	3.022	7.114	- 39.766	- 39.196	- 36.953
25	8	3.685	3.487	10.260	- 43.767	- 42.869	- 38.526
27	8	4.803	4.524	10.476	- 42.603	- 41.797	- 38.526

Como se observa en cualquier situación bajo régimen de riego no es rentable realizar el cultivo, obteniendo valores negativos para todas las rotaciones, ya sea 10, 12 o 17 años, con precios del m³ de 25 US\$/m³ o 27 US\$/m³ y bajo ambas tasas de descuento.

En el caso del VPS también se produce una leve disminución del valor al aumentar la edad de rotación de 10 a 12 años, pero siempre manteniendo la rentabilidad del cultivo.

La rentabilidad se produce en rotaciones permanentes a 10, 12 y 17 años sin riego, con precios de m³ de 25 US\$/m³ y 27 US\$/m³, aplicando tasas de descuento de 8% y 10%.

La mayor rentabilidad se alcanza al realizar el cultivo con rotaciones permanentes de 17 años sin riego, con un valor del m³ de 27 US\$/m³ y a una tasa de descuento del 8%, alcanzando 10.476 US\$/ha. La rentabilidad más baja, se obtiene al realizar rotaciones permanentes de 12 años sin riego, con una tasa de descuento del 10% y valor del m³ de 25 US\$/m³, obteniendo 2.200 US\$/ha.

5.6. Análisis de sensibilidad

Como se puede ver en todos los escenarios posibles de vislumbrar en un futuro cercano, bajo régimen de riego, no es económicamente rentable realizar este tipo de plantación con la especie *Eucalyptus nitens* Maiden en el sector descrito anteriormente y bajo las condiciones señaladas (CUADROS 26, 27, 28 y 29).

5.6.1. Análisis de sensibilidad para la variable Tasa de descuento.

En el CUADRO 25 da cuenta del análisis de sensibilidad del VAN dado un cambio en la tasa de descuento. Se suponen variaciones desde un 6%, 8%, 10% y 12%, para ambos regimenes de riego.

Se aprecia en forma evidente que el VAN es muy sensible a la variable tasa de descuento dado un cambio en su valor. En el caso de no aplicar riego a una edad de rotación de 10 y 12 años, el proyecto deja de ser rentable si se aumenta la tasa de descuento de 10% a 12%. En el resto de los casos analizados, la rentabilidad varía notoriamente indistintamente del régimen de riego.

Para una disminución de la tasa de descuento se manifiesta en todos los casos un aumento lineal de la rentabilidad. Así también para un aumento en la tasa de descuento ocurre una disminución lineal de la rentabilidad para todos los casos. El VAN es más sensible cuando se evalúa a menor edad de rotación bajo régimen sin riego, para la variable tasa de descuento.

En los casos con riego la sensibilidad es similar en las tres edades de rotación.

CUADRO 26. Valor Actual Neto a las edades de rotación, según distintas tasas de descuento con un valor de m³ de 25US\$/ha.

Edad de rotación	Régimen de Riego	Tasa de descuento			
		6%	8%	10%	12%
		US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha
10 años	Sin Riego	1509	700	-114	-940
12 años	Sin Riego	1678	667	-312	-1271
17 años	Sin Riego	8474	5750	3446	1462
10 años	Con Riego	-22996	-24772	-26648	-28633
12 años	Con Riego	-25555	-27280	-29097	-31016
17 años	Con Riego	-27898	-29851	-31774	-33715

5.6.2. Análisis de sensibilidad para la variable Precio del m³

El análisis de sensibilidad para la variable precio del m³, supone asimismo variaciones del orden de $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ respecto del valor 25 US\$/m³.

Los valores actuales netos resultantes de este análisis se muestran en el CUADRO 27. El cuadro sugiere que esta es una variable muy sensible mostrando fuertes cambios del VAN dada una variación en el precio del m³ para la rotación de 10 años.

A pesar de valorar con un precio 20% mas alto que el original, el proyecto bajo un sistema de riego sigue obteniendo valores actuales netos negativos, para todas las edades de rotación, no produciendo un efecto positivo en la rentabilidad.

Se puede notar la alta sensibilidad del VAN con el precio respecto de la edad de rotación, siendo negativo al evaluar con 20% y 10% menos del valor original del m³, al proyectar a 10 Y 12 años como edad de rotación, pero al aumentar esta proyección a 17 años, resulta ser mas rentable en los regimenes sin riego. Lo contrario ocurre en régimen con riego, ya que al aumentar la edad de rotación para todos los valores de m³, se hace más negativo el valor, disminuyendo aun más la rentabilidad.

CUADRO 27. Valor Actual Neto a las edades de rotación, a distintas diferencias en el precio de m³, a una tasa de descuento del 10%.

Edad de rotación	Régimen de Riego	Precio (US\$/m ³)				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
		US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha
10 años	Sin Riego	-1509	-672	-114	723	1281
12 años	Sin Riego	-1712	-872	-312	529	1089
17 años	Sin Riego	1889	2668	3446	4225	5003
10 años	Con Riego	-28099	-27229	-26648	-25777	-25197
12 años	Con Riego	-30545	-29676	-29097	-28228	-27649
17 años	Con Riego	-33401	-32588	-31774	-30960	-30147

5.6.3. Análisis de sensibilidad para la variable Costo de riego

El CUADRO 28 muestra los resultado del VAN dado un cambio en el costo de riego. Se suponen variaciones del orden de $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$.

Claramente se aprecia que el VAN prácticamente no es sensible a esta variable, mostrando cambios mínimos del orden del 10%.

En este caso también nota que no es posible aplicar riego en este tipo de cultivo, ya que a pesar de disminuir los costos en un 20% sigue resultando valores negativos, no siendo rentable esta técnica para el caso en particular.

CUADRO 28. Valor Actual Neto a las edades de rotación, a distintas diferencias en el costo de riego, a una tasa de descuento del 10%.

Edad de rotación	Régimen de Riego	Costo de Riego				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
		US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha
10 años	Con Riego	-21312	-23980	-26648	-29316	-31984
12 años	Con Riego	-23315	-26206	-29097	-31988	-34878
17 años	Con Riego	-25189	-28482	-31774	-35066	-38359

5.6.4. Análisis de sensibilidad para la variable Volumen.

El análisis de sensibilidad para la variable volumen a la cosecha, presume variaciones del orden de $\pm 10\%$ y $\pm 20\%$ respecto del valor original para cada edad de rotación.

Los resultados obtenidos pueden observarse en el CUADRO 29, donde muestra fuertes cambios el VAN dada una variación en el volumen cosechado para los regimenes sin riego.

Para un aumento en el volumen se manifiesta en todos los casos un aumento lineal de la rentabilidad, mucho mas marcado en el caso de no aplicar riego alcanzando diferencias de hasta 61% y 63% para 12 y 17 años, al variar de un 10% menos hasta un 20% más, mientras en el caso de aplicar riego las diferencias no llegan a alcanzar un 10%.

Se puede notar que al evaluar a 10 y 12 años, puede resultar un VAN negativo al disminuir el volumen en un 10% y 20%.

CUADRO 29. Valor Actual Neto a las edades de rotación, a distintas diferencias en el volumen obtenido a la cosecha, a una tasa de descuento del 10%.

Edad de rotación	Régimen de Riego	Volumen (m ³)				
		-20%	-10%	0%	10%	20%
		US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha	US\$/ha
10 años	Sin Riego	-839	-477	-114	249	611
12 años	Sin Riego	-1040	-676	-312	53	417
17 años	Sin Riego	1860	2653	3446	4239	5033
10 años	Con Riego	-27403	-27025	-26648	-26271	-25893
12 años	Con Riego	-29386	-28952	-29097	-28083	-27649
17 años	Con Riego	-32872	-32323	-31774	-31225	-30676

5.7. Discusiones

Al comparar los distintos tratamientos, no se presentan diferencias estadísticamente significativas en combinación de riego y fertilización, para las variables diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen; lo mismo sucede al comparar los tratamientos bajo fertilización, independiente del riego.

Solo en el caso de comparar los tratamientos bajo regímenes de riego independiente de la fertilización, se presentan diferencias. Esto quiere decir que técnicas de manejo como lo es el riego, son determinantes en la expresión de respuesta en crecimiento de volumen, diámetro a la altura del pecho y altura total, de acuerdo con los resultados presentados en las FIGURAS 9, 10 y 11. Estas diferencias resultan estadísticamente significativas, con un nivel de confianza del 90%.

Esto se puede comprobar en la FIGURA 5, donde se aprecia como el agua es determinante en el crecimiento, llevando la misma tendencia que el aumento en diámetro en los periodos de evaluación, ya que cuando esta disminuye, disminuye también el incremento en diámetro, situación que se hace mas marcada cuando no se aplica riego.

A pesar de estas diferencias en el crecimiento, provocadas por el riego, los volúmenes proyectados a las edades de rotación, no son los suficientes para cubrir los costos de este sistema, dando como consecuencia la no rentabilidad del ensayo. En cualquiera de los casos estudiados bajo régimen de riego, tanto para el VAN como para el VPS, resulta valores negativos.

La no rentabilidad del ensayo puede también atribuirse a los precios que tiene hoy en día *Eucalyptus nitens*, debido a que esta especie aún no esta masificada en el mercado Chileno, no llegando a tener precios competitivos suficientes para cubrir los costos asociados al riego.

Quizás bajo las mismas condiciones, pero con la variedad *Eucalyptus globulus* si resultaría económicamente viable.

También se puede atribuir la no rentabilidad, a la baja eficiencia del riego, ya que si esta técnica se pudiera realizar con una mayor eficiencia o bien modificar el sistema se pueden disminuir los costos, los que podrían originar un mejor resultado.

Al analizar la rentabilidad de los tratamientos sin riego, resultan positivos con valores que se incrementan al aumentar la edad de rotación, como se observa en los CUADROS 24 y 25, los valores actuales netos fluctúan entre los 444 US\$/ha a 10 años con una tasa del 10%, hasta los 5.908 US\$/ha a los 17 años con una tasa del 8%.

Al realizar el análisis de sensibilidad para la variable tasa de descuento; al proyectar a 10 años, resulta rentable solo hasta un 8%. Al aumentar la tasa de descuento los valores se tornan negativos.

Al proyectar a 12 años la rentabilidad se mantiene hasta con un 10% de descuento, y a 17 años es rentable para todas las tasas de descuento evaluadas.

Con respecto a la variable precio del m³ proyectado a los 10 años, solo es rentable si este aumenta en un 10% y/o 20%. Al proyectar a 12 años deja de ser rentable cuando se disminuye el valor en un 20%, y a 17 años es rentable aún al disminuir hasta en un 20% el valor.

Si se modifica la variable volumen, resulta negativo al disminuir en un 10% y 20% con una proyección de 10 años, incluso con el volumen original; todas las demás situaciones son económicamente rentables.

Al modificar el costo de riego, cualquiera sea el rango, no es rentable realizar esta operación.

6. CONCLUSIONES

No existen diferencias, estadísticamente significativas, en las respuestas de las variables diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (cm) y volumen (m^3) a los factores riego y fertilización como tratamientos.

Existen diferencias, estadísticamente significativas, en las respuestas de las variables diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (cm) y volumen (m^3) al factor riego como tratamiento.

Para las variables diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (cm), y volumen (m^3); siempre se obtuvo la mayor respuesta en el régimen de riego, con valores superiores a una unidad al régimen sin riego.

El régimen de riego aporta en 0.52 cm más en la variable diámetro a la altura del pecho, 134 cm en altura total, 0.013 m^3 para el volumen con respecto al régimen sin riego.

No se presentaron diferencias estadísticamente significativas para las variables diámetro a la altura del pecho, altura total, y volumen, al factor fertilización independiente del riego.

La fertilización general completa no presenta aportes sustanciales en crecimiento con respecto a la fertilización operacional.

En cualquier situación bajo régimen de riego no es rentable realizar el cultivo, ya que el volumen obtenido con el pertinente manejo no lo es suficiente para cubrir los costos de riego, así mismo el valor de la madera en pie, ya sea pulpable solamente, o aserrable y pulpable, no es lo competentemente alto para cubrir los costos de la plantación y riego. Esto se puede atribuir a la poca masificación que tiene *Eucalyptus nitens* Maiden en el mercado Chileno hoy en día, por no ser aún, un producto de mayor valor agregado, altamente comerciable.

Lo contrario sucede cuando no se aplica riego, resultando rentable para las tres edades de rotación según el caso. Es importante resaltar que al aumentar la edad de rotación la rentabilidad aumenta a más de 1,5 veces el valor obtenido.

La evaluación económica mostró que la plantación bajo régimen sin riego, presenta Valores Actuales Netos positivos, lo que hace que esta sean rentable por si misma según los esquemas de manejos prescritos. En cambio la plantación con riego no resulta ser rentable bajo ninguna circunstancia. Los fletes también tienen alta relevancia en suelos forestales en la medida que los predios están mas cerca de las industrias procesadoras, es posible obtener valores en pie mas alto en m³/ha.

De los casos analizados, según la proyección del crecimiento como edad de rotación, los mejores resultados fueron obtenidos cuando esta se proyecta a los 17 años sin riego, alcanzando rentabilidades del orden de los 3.446 US\$/ha a 5.908 US\$/ha llegando a alcanzar un 68% por sobre la rentabilidad a 12 años sin riego, y esta ultima a su vez obtiene rentabilidades del orden de los 249 US\$/ha a 1.293 US\$/ha, puede atribuirse a que a esa edad la mayor parte del volumen es destinado como volumen aserrable el que presenta mejor valor comercial.

El Valor Actual Neto prácticamente no es sensible a los cambios en el costo de riego, y por arrojar valores negativos en cualquiera de los casos, no resulta ser una técnica rentable para este caso particular.

El Valor Actual Neto es muy sensible a cambios en la tasa de descuento para ambos regimenes de riego, mostrando mayor sensibilidad para los tratamientos sin riego, resultando hasta negativo cuando la tasa de descuento aumenta a un 12% en proyecciones de 10 y 12 años.

El Valor Actual Neto mostró mayor sensibilidad para los tratamientos sin riego, a cambios en el volumen obtenido a la cosecha, no así para los tratamientos con riego. La mayor sensibilidad se refleja cuando se realiza la proyección a 10 años sin riego.

Se puede sugerir que en los tratamientos con riego desde el momento de la plantación no mejora la rentabilidad de esta, no siendo aconsejable realizar este tipo de técnica para la especie en cuestión bajo las condiciones particulares del lugar; esto puede deberse al precio del m³ pulpable y/o aserrable de *Eucalyptus nitens* Maiden que aún no alcanza un mercado establecido que le permita competir con otras especies, y también puede atribuirse a que el volumen obtenido con riego no es lo suficiente para cubrir los costos del riego, además se debe tener en cuenta que los costos de riego asumidos en este estudio son experimentales que los hacen aún mas altos. Al operacionalizar los costos de riego y de fertilización, éstos podrían disminuir considerablemente respecto de los experimentales.

El *Eucalyptus nitens* Maiden, dadas las características de la especie, debiese tener un precio por m³ mas alto. Las ultimas tendencias y estudios, al momento de realizar la tesis, indican que es muy probable que se alcancen precios similares al del *Eucalyptus globulus*.

De mejor manera, se recomienda tener mayor información sobre variedades mejoradas genéticamente más adaptadas con las que quiere manejar, como lo es con *Eucalyptus nitens* Maiden, para determinar el adecuado manejo y así obtener rentabilidades esperadas.

7. RESUMEN

Se realizó un ensayo en una plantación de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden en un suelo rojo arcillosos del valle central de la Octava Región (Mulchén) Chile, con el objetivo de evaluar económicamente el efecto del riego sobre el crecimiento de la plantación; para esto se medirá el crecimiento a través de variables diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen a una edad de 5 años, estimando el crecimiento a 10, 12 y 17 años, como edad de rotación, mediante dos regimenes de fertilización, una operacional y una general completa, y la aplicación de riegos por microaspersores. Las ganancias en productividad se evaluaron mediante la medición de las variables de crecimiento. Lo anterior, sumado a un análisis estadístico de las variables de crecimiento para las distintas alternativas de manejo, vale decir fertilización operacional sin riego (T1), fertilización general completa sin riego (T2), fertilización operacional con riego (T3), fertilización general completa con riego (T4), sin riego independiente de la fertilización (R1), con riego independiente de la fertilización (R2) y fertilización operacional independiente del riego (F1), fertilización general completa independiente del riego (F2), permitió determinar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tratamientos T1, T2, T3, T4, F1 y F2. En cambio si presentan diferencias estadísticamente significativas los tratamientos R1 y R2, donde las mejores respuestas, en las variables estudiadas, se obtuvieron bajo régimen de riego (R2). Las equivalencias respecto a R1 fueron $R2 = 1,03R1$, $1,08R1$ y $1,08R1$ para las variables diámetro a la altura del pecho (cm), altura total (cm), y volumen (m^3) con valores medios de 15,86 cm, 1.597,8 cm y $0,157 m^3$ respectivamente.

El resultado de dicha evaluación económica indico que el llevar acabo dicha prescripción no mejora la rentabilidad de la plantación, con relación a no realizarla. La no rentabilidad es producto del precio del m^3 , el volumen obtenido que no son lo suficiente para cubrir los costos de riego, por ser costos operacionales muy altos.

Al realizar un análisis de sensibilidad del VAN a las variables tasa de descuento, precio del m^3 , costo de riego y volumen, se determino que la variable costo de riego es una restricción para realizar el riego, indicándose las variables tasa de descuento, precio del m^3 y volumen como variables relevantes que podrían alterar la rentabilidad del proyecto de riego, dado un cambio en su valor futuro.

8. SUMMARY

A trial in a plantation was carried out of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden in a red argillaceous ground of the central valley of the Octava Region (Mulchén) Chile, with the objective to evaluate economically the effect of the irrigation on the growth of the plantation; for this will be measured the growth through variables breast height diameter, total height and volume to an age of 5 years, the estimate growth to 10, 12 and 17 years, as age of rotation, by means of two regimens of fertilization, an operational one and a complete general, and the application of irrigations by microjet.

The profits in productivity were evaluated through the measurement of the variables of growth. The previous measurer, added to a statistical analysis of the variables of growth for the different alternatives of management, is worth to say operational fertilization without irrigation (T1), complete general fertilization without irrigation (T2), operational fertilization with irrigation (T3), complete general fertilization with irrigation (T4), without independent irrigation of the fertilization (R1), with independent irrigation of the fertilization (R2) and independent operational fertilization of the irrigation (F1), independent complete general fertilization of the irrigation (F2). Permit to determine that there are not mayor statistical differences among the different existing processing T1, T2, T3, T4, F1 and F2. On the other hand there is significant statistically differences on the processing R1 and R2, where the better answers, in the variables studied were obtained on the low state of irrigation (R2). The equivalences with respect to R1 were $R2 = 1,03R1$, $1,08R1$ and $1,08R1$ for the variable breast height diameter (cm), total height (cm), and volume (m^3) with values media of 15,86 cm, 1.597,8 cm and $0,157 m^3$ respectively.

The result of economic evaluation indicates that to carry out such prescription does not improve the profit value of the plantation, in relation to not carrying it out. The not profit value is product of the price of the m³, the volume obtained that are not the sufficient to cover the costs of irrigation, by the operational costs being very high.

To carry out an analysis of sensibility of the VAN to the variable rate of discount, price of the m³, cost of irrigation and volume, its determined that the variable cost of irrigation is a restriction to carry out the irrigation, being indicated the variable rate of discount, price of the m³ and volume as variable prominent that they would be able to alter the profit value of the project of irrigation, given a change in their future value.

9. BIBLIOGRAFÍA.

ALDEA, M.A. 2002. Análisis económico de la fertilización al establecimiento, realizada en plantaciones de *Pinus radiata* D. DON. en tres sitios de la región de la Araucanía. Tesis, Ingeniero Forestal. Temuco. Universidad Católica de Temuco, Escuela de Ciencias Forestales. 62 p.

BALLARD, R. 1978. Use of fertilizers at establishment of exotics forest plantations in New Zealand. *New Zealand Journal of Forestry Science* 8(1): pp. 70-104.

BINKLEY, D. 1993. *Nutrición forestal, Prácticas de manejo*. Editorial Limusa, S.A. de C.V. 340p.

BOARDMAN, R. 1982. Use of balanced mineral fertilizers to produce acceptable growth rates in *Pinus radiata* on marginal sites in South Australia. IUFRO Symposium on Forest Site and continuous Productivity, Seattle, Washington, 323p.

CHACON, I. 1995. *Decisiones Económico-Financieras en el manejo forestal*. Universidad de Talca. Ciencia y Tecnología de la Editorial de la Universidad de Talca.

FLORENCE, R. 1984. *Eucaliptus, Sites and Silvicultura*. Proc. IUFRO Symp. Site And Productivity of Fast Growing Plantations. Pretoria and Pietermaritzburg.

FONDEF, 2002. Aumento de la productividad de plantaciones de Eucalipto a partir de técnicas Racionales de Manejo del sistema Suelo-Agua-Planta. Parte 1º: Método de la experimentación.

FONDEF, 2002b. Modelo de crecimiento para *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens* basados sobre distintos esquemas de fertilización en seis ecosistemas de la VIII y IX región proyecto fondef d97i2009.

GOBIERNO DE ARAGÓN, 2004. Departamento de Agricultura. Oficina del regante. El riego principios básicos. Disponible en internet: <http://web.eead.csic.es/oficinaregante/riego/a1/riego1.html>

HONORATO, R. 2000. Manual de edafología. Pontificia universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía, Ediciones Universidad Católica de Chile. Chile.

INFOR, 1986. Especies Forestales exóticas de interés económico para Chile. Instituto Forestal. Corporación de fomento de la producción.

INFOR, 1998. Proyecto "Desarrollo de opciones productivas de mayor valor para plantaciones de *Eucalyptus nitens* en la IX y X regiones". Disponible en internet: www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/eucanitens.htm.

INFOR, 2004. *Eucalyptus nitens* en Chile: Primera Monografía. Informe Técnico N° 165. Instituto Forestal Valdivia. Gobierno de Chile. CORFO.

JOBET, J. 1999. Efecto del espaciamiento inicial sobre el crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus nitens* plantado en un suelo trumao. Forestal MININCO S.A. Concepción. Chile. Realidad y potencialidad del Eucalipto en Chile. XII Silvotecnia.

LAFFAN AND NAUGHTON. 2003. "Comparison of the effects of spot and strip cultivation on the early growth of *Eucalyptus nitens* and *Pinus radiata* in tasmania". Forestry Tasmania. Disponible en internet: http://www.forestrytas.com.au/forestrytas/pdf_files/tasforests_may_2003/12a.pdf

MENDOZA, F. 1987. Determinación económica de alternativas de fertilización en *Pinus radiata* D. Don. Tesis Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 70p.

MILLER, G. 1981. Nutrient cycles in forest plantation their changes with age and consequence for fertilizer practice. In: proceedings of Australian Forest Nutrition Workshop, Productivity in Perpetuity, Australian Forestry Council's Research Working Group N° 3, Canberra, Aug. pp 187-199.

MONTOYA ,F. 2000. Mejoramiento de la productividad de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden, al primer año de establecimiento a través del riego y fertilización en un suelo rojo arcilloso del valle central de la VIII región. Tesis, Ingeniero Forestal. Universidad Católica de Temuco. Escuela de ciencias Forestales. 79 p.

MOORE, J., MOORE, J., HANLEY, D., CHAPPELL, H., SHUMWAY, J., WEBSTER, S. y J. MANDZAK. 1998. Fertilizing Eastern Washington Coniferous Forest, A guide for Nonindustrial private forest Landowners. WSU Cooperative Extension. 18p.

MUÑOZ, F. y ESPINOZA, M. (1999). Efecto de poda y raleo en el crecimiento de un rodal de Eucaliptos nitens. Patrimonio y manejo de Forestal MININCO. Universidad de Concepción. Chile. Realidad y potencialidad del Eucalipto en Chile. XII Silvotecnica.

RICHARDSON K. & PURSE J. (2001). "Short rotation single stem tree crops for energy in the UK – an examination with Eucalyptus" By JOHN G PURSE PriMa Information, 2 Champion Court Cottages, Newnham, Sittingbourne, Kent ME9 0JX, UK and KEITH F RICHARDSON Forestry Business Services (UK) Ltd, Ridges Green, Benhams Lane, Blackmoor, Liss. Hampshire GU33 6BE, UK Disponible en internet: <http://www.fbserv.com/docs/yorkpaper.pdf>

SAPAG, N. 1995. Preparación y Evaluación de Proyectos. 3ª Edición. Editorial Mc Graw Hill Interamericana, S.A. 404 p.

SUAREZ, D.; RODRIGUEZ, J.; PUENTES, G. 1997. Curso "Fertilización del pino", Fundamentos y aplicación. Preparado para forestal Mininco S.A. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Depto. De Ciencias de los Recursos Naturales.

TURNER, J. 1982. A review of forest fertilization programs in Australia. In: IUFRO Symposium on forest site and continuous productivity, Seattle, Washington, pp. 293-356.

WARDLAW T.J. AND NEILSEN W.A. 1999. "Decay and other defects associated with pruned branches of Eucalyptus nitens. Forestry Tasmania".
Disponibile en internet:
http://www.forestrytas.com.au/forestrytas/tasfor/tasforests_11/tasforests11_part_4.pdf.

WOOLONS, R. y P. SNOWDON. 1981. Theory and practice of forest fertilization. In: Proceedings Australian Forest Nutrition Workshop, Productivity in perpetuity, Australian Forestry Council's Research Working Group Nº 3, Canberra, Aug., pp. 219-229.

10. ANEXOS

ANEXO 1. Test Tukey's para la variable DAP (cm) por tratamientos.

$H_0: \mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

$H_0: \mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H_0 .

CUADRO 1A. Test Tukey's para la variable DAP (cm) por tratamientos.

Régimen de riego	Fertilización	Media	I
Sin Riego	FO	15,2	a
Sin Riego	FGC	15,5	a
Con Riego	FO	16,6	a
Con Riego	FGC	16.2	a

LSD = 0.9751 cm.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 2. Test Tukey's para la variable Ht (cm) por tratamientos.

$H_0: \mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

$H_0: \mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H_0 .

CUADRO 2A. Test Tukey's para la variable Ht (cm) por tratamientos.

Régimen de riego	Fertilización	Media	I
Sin Riego	FO	1518.75	a
Sin Riego	FGC	1543.75	a
Con Riego	FO	1691,25	a
Con Riego	FGC	1637,25	a

LSD = 120.74 cm.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 3. Test Tukey's para la variable Volumen (m³) por tratamientos.

H0: $\mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

H0: $\mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H0.

CUADRO 3A. Test Tukey's para la variable Volumen (m³) por tratamientos.

Régimen de riego	Fertilización	Media	I
Sin Riego	FO	0.145	a
Sin Riego	FGC	0.149	a
Con Riego	FO	0.157	a
Con Riego	FGC	0.163	a

LSD = 0.0089 m³.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 4. Test Tukey's para la variable DAP (cm) por Fertilización.

H0: $\mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

H0: $\mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H0.

CUADRO 4A. Test Tukey's para la variable DAP (cm) por Fertilización.

Fertilización	Media	L
F.O.	15,86	A
F.G.C.	15.85	A

LSD = 0.9296 cm.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 5. Test Tukey's para la variable Ht (cm) por Fertilización.

$H_0: \mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

$H_0: \mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H_0 .

CUADRO 5A. Test Tukey's para la variable Ht (cm) por Fertilización.

Fertilización	Media	I
F.O.	1605,0	a
F.G.C.	1590,5	a

LSD = 127.4 mm.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 6. Test Tukey's para la variable Volumen (m^3) por Fertilización.

$H_0: \mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

$H_0: \mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H_0 .

CUADRO 6A. Test Tukey's para la variable Volumen (m^3) por Fertilización.

Fertilización	Media	I
F.O.	0,151	a
F.G.C.	0,156	a

LSD = 0.0097 m^3 .

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 7. Test Tukey's para la variable DAP (cm) por Régimen de riego.

H0: $\mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

H0: $\mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H0.

CUADRO 7A. Test Tukey's para la variable DAP (cm) por Régimen de riego.

Régimen de Riego	Media	I
Sin Riego	15,34	b
Con Riego	16,38	a

LSD = 0.791 cm.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 8. Test Tukey's para la variable Ht (cm) por Régimen de riego.

H0: $\mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

H0: $\mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H0.

CUADRO 8A. Test Tukey's para la variable Ht (cm) por Régimen de riego.

Régimen de Riego	Media	I
Sin Riego	1531,3	b
Con Riego	1664,3	a

LSD = 111.5 cm.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 9. Test Tukey's para la variable Volumen (m³) por Régimen de riego.

H0: $\mu_0 = \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

H0: $\mu_0 \neq \mu_i$, $i = 1, 2, 3, 4$.

Si $|\mu_0 - \mu_i| > \text{LSD}$, entonces no se acepta H0.

CUADRO 9A. Test Tukey's para la variable Volumen (m³) por Régimen de riego.

Régimen de Riego	Media	I
Sin Riego	0,147	b
Con Riego	0,160	a

LSD = 0.0078 m³.

Los valores acompañados por igual letra no presentan diferencias estadísticamente significativas al 90% de confianza.

ANEXO 10. Costos de Fertilización Operacional FO (US\$/ha).

CUADRO 10A. Costos de Fertilización Operacional FO (US\$/ha).

Costo FO		
Urea	16,72	US\$/ha
SFT	24,44	US\$/ha
Muriato de Potasio	18,83	US\$/ha
Sulpomag	0,00	US\$/ha
BNC	6,35	US\$/ha
Fertiyeso	0,00	US\$/ha
Óxido de Mg	0,00	US\$/ha
Sulfato de Zinc	0,00	US\$/ha
Sulfato de Cobre	0,00	US\$/ha
Carbotato de Calcio	15,43	US\$/ha
Total FO	82	US\$/ha

ANEXO 11. Costos de Fertilización General Completa FGC (US\$/ha).

CUADRO 11A. Costos de Fertilización General Completa FGC (US\$/ha).

Costo FGC		
Urea	52,26	US\$/ha
SFT	66,05	US\$/ha
Muriato de Potasio	14,83	US\$/ha
Sulpomag	36,73	US\$/ha
BNC	6,98	US\$/ha
Fertiyeso	11,33	US\$/ha
Óxido de Mg	11,30	US\$/ha
Sulfato de Zinc	12,50	US\$/ha
Sulfato de Cobre	12,54	US\$/ha
Carbotato de Calcio	0,00	US\$/ha
Total FGC	225	US\$/ha

ANEXO 12. Costos asociados a la plantación.

CUADRO 12A. Costos asociados a la plantación.

Costos	Valor	Unidad
Transporte	5	US\$/m3
Camino	1	US\$/m3
Cosecha	6	US\$/m3
Planta	48	US\$/planta

ANEXO 13. Proyección de volumen a la edad de cosecha.

CUADRO 13A. Proyección de volumen a la edad de cosecha.

Bloque	Tratamiento	Altura Dom. (m)	Densidad (Nº/ha)	Área Basal (m ²)	Volu_IU0 (m ³ /ha)	VOL_1 (m ³ /ha)	VOL_2 (m ³ /ha)	VOL_3 (m ³ /ha)	VOL_4 (m ³ /ha)	VOL_5 (m ³ /ha)	VOL_6 (m ³ /ha)
B1	T1	16,57	1250	29,41	197	0,38	15	57	117	185	254
B1	T2	19,03	1250	27,65	193	0,29	13	54	113	181	250
B1	T3	15,99	1250	29,81	200	0,40	15	58	119	187	258
B1	T4	19,11	1250	28,79	197	0,35	15	57	117	184	253
B2	T1	19,17	1250	27,36	189	0,27	13	52	111	177	246
B2	T2	18,62	1250	26,79	184	0,24	12	50	107	172	240
B2	T3	18,27	1250	29,80	209	0,43	16	62	125	197	269
B2	T4	19,75	1250	27,87	192	0,30	14	54	113	180	249
B3	T1	18,08	1250	24,18	171	0,14	9	43	97	160	227
B3	T2	17,99	1250	27,08	187	0,26	12	51	109	175	244
B3	T3	18,21	1250	25,45	180	0,19	11	47	103	169	238
B3	T4	20,26	1250	28,82	205	0,37	15	59	122	193	264
B4	T1	19,02	1250	23,94	168	0,14	9	42	95	157	223
B4	T2	17,66	1250	26,52	181	0,23	12	49	105	170	238
B4	T3	19,38	1250	28,06	198	0,31	14	56	117	186	256
B4	T4	18,18	1250	32,01	219	0,61	19	68	134	206	278

CUADRO 13A. Proyección de volumen a la edad de cosecha.

VOL_7 (m ³ /ha)	VOL_8 (m ³ /ha)	VOL_9 (m ³ /ha)	VOL_10 (m ³ /ha)	VOL_11 (m ³ /ha)	VOL_12 (m ³ /ha)	VOL_13 (m ³ /ha)	VOL_14 (m ³ /ha)	VOL_15 (m ³ /ha)	VOL_16 (m ³ /ha)	VOL_17 (m ³ /ha)
322	387	449	506	561	612	659	704	747	750	753
319	384	445	503	558	609	657	701	743	746	749
326	392	454	513	568	619	668	713	756	759	762
321	385	445	502	555	605	651	695	736	739	742
313	377	438	496	549	600	647	691	733	736	739
307	371	432	489	543	594	641	685	727	730	733
339	406	469	528	583	635	684	729	771	774	777
316	380	441	497	551	600	647	691	732	735	738
295	360	422	482	538	590	640	687	731	734	737
312	377	439	497	552	603	651	697	739	742	745
306	372	434	494	550	602	652	698	742	745	748
334	400	463	521	576	627	674	719	761	764	767
289	353	414	472	527	578	627	673	715	718	721
305	369	431	489	543	595	643	688	731	734	737
325	391	453	511	566	617	665	710	752	755	758
348	413	475	533	587	637	684	728	769	772	775

ANEXO 14 Flujos de caja.

CUADRO 14A. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen sin Riego y valor del m³ de 25US\$.

Actividad / Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Subsolado	140										
Costo de planta	47										
Costo de plantación	70										
Desmanches		30									
aplicación de fertilizantes		55									
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas 1	197										
Control de malezas 2	197										
Costo de transporte											2460
Costo de camino											492
Costo de cosecha											2952
Costo FO		82									
Costo FGC		225									
Ingreso											12300
UAI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	6366
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1082
UDI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	5284
Terreno	-1500										
Valor residual											1500
Flujo Caja	-2151	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	6784

VAN = 700 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -114 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = 3.685 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = 2.472 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

TIR = 10%

CUADRO 14B. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen sin Riego y valor del m³ de 27US\$.

Actividad / Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Subsolado	140										
Costo de planta	47										
Costo de plantación	70										
Desmanches		30									
aplicación de fertilizantes		55									
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas 1	197										
Control de malezas 2	197										
Costo de transporte											2460
Costo de camino											492
Costo de cosecha											2952
Costo FO		82									
Costo FGC		225									
Ingreso											13284
UAI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	7350
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1250
UDI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	6101
Terreno	-1500										
Valor residual											1500
Flujo Caja	-2151	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	7601

VAN = 1.300 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = 444 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = 4.803 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = 3.380 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

TIR = 11%

CUADRO 14C. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen con Riego y valor del m³ de 25US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Subsolado	140										
Costo de planta	47										
Costo de plantación	70										
Desmanches		30									
aplicación de fertilizantes		55									
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Costo de instalación de riego		4222									
Costo riego		1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846
Control de malezas 1	197										
Control de malezas 2	197										
Costo de transporte											2560
Costo de camino											512
Costo de cosecha											3072
Costo FO		82									
Costo FGC		225									
Ingreso											12800
UAI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	4780
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	813
UDI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	3967
Terreno	-1500										
Valor residual											1500
Flujo Caja	-2151	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	5467

VAN = -24.772 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -26.648 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = -43.767 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = -40.711 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

CUADRO 14D. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 10 años bajo Régimen con Riego y valor del m³ de 27US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Subsolado	140										
Costo de planta	47										
Costo de plantación	70										
Desmanches		30									
aplicación de fertilizantes		55									
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Costo de instalación de riego		4222									
Costo riego		1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846
Control de malezas 1	197										
Control de malezas 2	197										
Costo de transporte											2560
Costo de camino											512
Costo de cosecha											3072
Costo FO		82									
Costo FGC		225									
Ingreso											13824
UAI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	5804
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	987
UDI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	4817
Terreno	-1500										
Valor residual											1500
Flujo Caja	-2151	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	6317

VAN = -24.147 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -26.067 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = -42.603 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = -39.766 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

CUADRO 14E. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen sin Riego y valor del m³ de 25US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Subsolado	140												
Costo de planta	47												
Costo de plantación	70												
Desmanches		30											
aplicación de fertilizantes		55											
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas 1	197												
Control de malezas 2	197												
Costo de transporte													2990
Costo de camino													598
Costo de cosecha													3588
Costo FO		82											
Costo FGC		225											
Ingreso													14950
UAI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	7744
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1316
UDI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	6428
Terreno	-1500												
Valor residual													1500
Flujo Caja	-2151	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	7928

VAN = 667 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -312 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = 3.487 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = 2.200 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

TIR = 9%

CUADRO 14F. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen sin Riego y valor del m³ de 27US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Subsolado	140												
Costo de planta	47												
Costo de plantación	70												
Desmanches		30											
aplicación de fertilizantes		55											
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas 1	197												
Control de malezas 2	197												
Costo de transporte													2990
Costo de camino													598
Costo de cosecha													3588
Costo FO		82											
Costo FGC		225											
Ingreso													16146
UAI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	8940
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1520
UDI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	7420
Terreno	-1500												
Valor residual													1500
Flujo Caja	-2151	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	8920

VAN = 1.293 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = 249 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = 4.524 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = 3.022 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

TIR = 10%

CUADRO 14G. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen con Riego y valor del m³ de 25US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Subsolado	140												
Costo de planta	47												
Costo de plantación	70												
Desmanches		30											
aplicación de fertilizantes		55											
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Costo de instalación de riego		4222											
Costo riego		1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846
Control de malezas 1	197												
Control de malezas 2	197												
Costo de transporte													3090
Costo de camino													618
Costo de cosecha													3708
Costo FO		82											
Costo FGC		225											
Ingreso													15450
UAI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	6158
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1047
UDI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	5111
Terreno	-1500												
Valor residual													1500
Flujo Caja	-2151	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	6611

VAN = -23.377 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -29.203 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = -43.030 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = -40.202 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

CUADRO 14H. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 12 años bajo Régimen con Riego y valor del m³ de 27US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Subsolado	140												
Costo de planta	47												
Costo de plantación	70												
Desmanches		30											
aplicación de fertilizantes		55											
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Costo de instalación de riego		4222											
Costo riego		1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846
Control de malezas 1	197												
Control de malezas 2	197												
Costo de transporte													3090
Costo de camino													618
Costo de cosecha													3708
Costo FO		82											
Costo FGC		225											
Ingreso													16686
UAI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	7394
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1257
UDI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	6137
Terreno	-1500												
Valor residual													1500
Flujo Caja	-2151	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	7637

VAN = -26.731 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -28.624 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = -41.958 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = -39.352 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

CUADRO 14I. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen sin Riego y valor del m³ de 25US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Subsolado	140																	
Costo de planta	47																	
Costo de plantación	70																	
Desmanches		30																
aplicación de fertilizantes		55																
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas 1	197																	
Control de malezas 2	197																	
Costo de transporte																		210
Costo de camino																		42
Costo de cosecha																		252
Costo FO		82																
Costo FGC		225																
Ingreso Debobinable																		21727
Ingreso Pulpable																		5543
UAI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	26735
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4545
UDI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	22190
Terreno	-1500																	
Valor residual																		1500
Flujo Caja	-2151	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	23690

VAN = 5.750 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = 3.446 US\$/ha Tasa de descuento = 10%
 VPS = 10.260 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = 6.953 US\$/ha Tasa de descuento = 10%
 TIR = 14%

CUADRO 14J. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen sin Riego y valor del m³ de 27US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Subsolado	140																	
Costo de planta	47																	
Costo de plantación	70																	
Desmanches		30																
aplicación de fertilizantes		55																
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Control de malezas 1	197																	
Control de malezas 2	197																	
Costo de transporte																		210
Costo de camino																		42
Costo de cosecha																		252
Costo FO		82																
Costo FGC		225																
Ingreso Debobinable																		21727
Ingreso Pulpable																		5986
UAI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	27179
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4620
UDI	-651	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	22558
Terreno	-1500																	
Valor residual																		1500
Flujo Caja	-2151	-421	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	-30	24058

VAN = 5.908 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = 3.575 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = 10.476 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = 7.114 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

TIR = 14%

CUADRO 14K. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen con Riego y valor del m³ de 25US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Subsolado	140																	
Costo de planta	47																	
Costo de plantación	70																	
Desmanches		30																
aplicación de fertilizantes		55																
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Costo de instalación de riego		4222																
Costo riego		1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846
Control de malezas 1	197																	
Control de malezas 2	197																	
Costo de transporte																		3790
Costo de camino																		758
Costo de cosecha																		4548
Costo FO		82																
Costo FGC		225																
Ingreso Debobinable																		22285
Ingreso Pulpable																		5685
UAI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	16998
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2890
UDI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	14108
Terreno	1500																	
Valor residual																		1500
Flujo de caja	2151	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	15608
VAN = -29.947 US\$/ha		Tasa de descuento = 8% ;							VAN = -31.880 US\$/ha		Tasa de descuento = 10%							
VPS = -38.659 US\$/ha		Tasa de descuento = 8% ;							VPS = -37.086 US\$/ha		Tasa de descuento = 10%							

CUADRO 14L. Flujo de Caja obtenido a la edad de Cosecha de 17 años bajo Régimen con Riego y valor del m³ de 27US\$.

Actividad/Periodo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Subsolado	140																		
Costo de planta	47																		
Costo de plantación	70																		
Desmanches aplicación de fertilizantes		30																	
Costo de administración		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Costo de instalación de riego		4222																	
Costo riego		1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	1846	
Control de malezas 1	197																		
Control de malezas 2	197																		
Costo de transporte																		3790	
Costo de camino																		758	
Costo de cosecha																		4548	
Costo FO		82																	
Costo FGC		225																	
Ingreso Debobinable																		22285	
Ingreso Pulpable																		6140	
UAI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	17453
Impuesto 17%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2967
UDI	-651	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	14486
Terreno	-1500																		
Valor residual																			1500
Flujo de caja	-2151	-6489	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	-1876	15986

VAN = -29.786 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VAN = -31.748 US\$/ha Tasa de descuento = 10%

VPS = -38.437 US\$/ha Tasa de descuento = 8% ; VPS = -36.921 US\$/ha Tasa de descuento = 10%