

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

**EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN DE
QUILLAY (*Quillaja saponaria* Mol.), EN LA COMUNA DE SAN
PEDRO, PROVINCIA DE MELIPILLA, REGIÓN METROPOLITANA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

LIZZIE MARCELA VALENZUELA DÍAZ

Profesor Guía: Ing. Forestal, Sr. Antonio Vita Alonso

SANTIAGO – CHILE

2007

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

**EVALUACIÓN DE UN ENSAYO DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN DE
QUILLAY (*Quillaja saponaria* Mol.), EN LA COMUNA DE SAN
PEDRO, PROVINCIA DE MELIPILLA, REGIÓN METROPOLITANA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

LIZZIE MARCELA VALENZUELA DÍAZ

Profesor Guía:	Calificación	Firma
Sr. Antonio Vita A.	7,0
Profesores Consejeros:		
Sr. Juan Caldentey P.	6,5
Sr. Gustavo Cruz M.	6,5

SANTIAGO – CHILE
2007

A mi papá Guido y mi mamá Angélica.

A mi tía Quena.

Al amor de mi vida, Sergio Cannobbio.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a todas las personas que hicieron posible la realización de esta memoria.

A mi profesor Guía Sr. Ing. For. Antonio Vita, por haberme contactado con las personas gestoras de este estudio, por sus consejos, constante incentivo, buena disponibilidad, orientación, dedicación y compromiso, a usted especialmente mis más sinceros agradecimientos.

A mis profesores consejeros Sres. Gustavo Cruz y Juan Caldentey, por su dedicación, orientación en la resolución de problemas y apoyo para el término de esta memoria.

Al profesor Sr. Sergio Mora quien generosamente revisó y corrigió la parte estadística desde el comienzo de este proyecto.

A la Corporación Nacional Forestal Región Metropolitana, en especial Sr. Jorge Marín, por haberme entregado el ensayo para el estudio, por su buena disposición, orientación, apoyo constante, confianza y material bibliográfico muy valioso para el término de esta memoria. Al Sr. Manuel Negrete de CONAF Melipilla, por su disponibilidad, ayuda en la información y antecedentes del ensayo.

A mis compañeras Deborah, Carola, Tamara, Karen, María Antonieta, Fabiola y Vivi, por su apoyo, amistad durante todos estos años y por los gratos momentos vividos.

Finalmente, pero no menos importante agradecer a mi familia. A mis padres por su preocupación, apoyo e incentivo en la realización de este trabajo. A mi hermano Ronald por su ayuda en la toma de mediciones y término de este estudio. A la tía Quena, Luís y Gabriel por su constante apoyo en toda circunstancia. A Sergio por su paciencia y motivación para terminar este estudio, por entenderme y ayudarme, por esperarme cada vez que me iba a terreno y por todo su amor.

A todos ustedes MUCHAS GRACIAS.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	
SUMMARY	
1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 ANTECEDENTES GENERALES DE <i>Quillaja saponaria</i> Mol.....	2
2.1.1 Descripción botánica de la especie.....	2
2.1.2 Distribución natural.....	2
2.1.3 Requerimientos climáticos, edáficos y topográficos.....	3
2.1.4 Crecimiento y desarrollo de las plantas.....	4
2.1.5 Importancia forestal.....	5
2.2 REQUERIMIENTOS DE LA ESPECIE AL ESTABLECER UNA PLANTACIÓN.....	6
2.2.1 Tipo y producción de plantas.....	6
2.2.1.1 Calidad de la planta.....	7
2.2.2 Control de malezas.....	8
2.2.3 Establecimiento.....	8
2.2.3.1 Preparación del suelo.....	8
2.2.3.2 Época de plantación.....	9
2.2.3.3 Densidad de plantación.....	9
2.2.3.4 Protección y mantención de la plantación.....	9
2.2.3.5 Replante.....	10
2.3 RIEGO.....	10
2.4 APORTE NUTRITIVO Y FERTILIZACIÓN.....	11
2.4.1 Nutrición.....	11
2.4.1.1 Nitrógeno.....	12
2.4.1.2 Fósforo.....	13
2.4.1.3 Potasio.....	13
2.4.1.4 Boro.....	14
2.4.2 Importancia de la fertilización.....	14
2.4.3 Fertilización al establecimiento.....	16
2.4.4 Fertilizantes y contenido nutritivo.....	17
2.4.4.1 Urea.....	17
2.4.4.2 Superfosfatos.....	17
2.4.4.3 Sulfato Potásico.....	18
2.4.4.4 Productos Boratados.....	18
2.4.5 Fertilización recomendada para la especie.....	18
2.5 ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE RIEGO Y FERTILIZACIÓN EN QUILLAY.....	18

3	OBJETIVOS.....	24
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	24
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
4	MATERIAL Y MÉTODO.....	25
4.1	MATERIAL.....	25
4.1.1	Antecedentes generales de la comuna.....	25
4.1.1.1	Ubicación geográfica.....	25
4.1.1.2	Clima.....	25
4.1.1.3	Topografía.....	26
4.1.1.4	Suelo.....	26
4.1.1.5	Vegetación.....	26
4.1.2	Ubicación del ensayo y características de la plantación.....	27
4.1.3	Aplicación de riego.....	28
4.1.4	Aplicación de fertilizantes.....	29
4.1.5	Diseño experimental.....	29
4.2	MÉTODO.....	31
4.2.1	Periodicidad de las mediciones.....	31
4.2.2	Variables dependientes evaluadas.....	31
4.2.3	Análisis estadístico.....	33
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
5.1	RESULTADOS GENERALES OBTENIDOS EN SOBREVIVENCIA Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.....	35
5.1.1	Sobrevivencia.....	35
5.1.1.1	Factor riego.....	35
5.1.1.2	Factor fertilización.....	38
5.1.1.3	Interacción de factores.....	39
5.1.2	Altura.....	41
5.1.2.1	Factor riego.....	41
5.1.2.2	Factor fertilización.....	42
5.1.2.3	Interacción de factores.....	44
5.1.3	Diámetro a la altura del cuello (DAC).....	46
5.1.3.1	Factor riego.....	47
5.1.3.2	Factor fertilización.....	47
5.1.3.3	Interacción de factores.....	48
5.1.4	Calidad de la planta.....	50
5.1.4.1	Calidad de la planta según escala de medición.....	51
5.1.4.2	Calidad de la planta mediante las variables DAC y altura.....	52
6	CONCLUSIONES.....	54
7	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	APÉNDICES.....	62
	ANEXOS.....	65

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos producidos en la sobrevivencia y crecimiento en una plantación de quillay, por diferentes tratamientos de riego y fertilización aplicados en el primer año de establecimiento. Se analizó la aplicación de seis tratamientos que combinaban dos dosis de riego y tres dosis de fertilizante (basados en N, P, K y B), a 18 parcelas, ubicadas en la localidad de Alto Loica, en la Comuna de San Pedro, Región Metropolitana.

Las variables dependientes evaluadas correspondieron a sobrevivencia, altura, diámetro a la altura del cuello y calidad de la planta, las cuales fueron sometidas a un análisis de varianza con diseño completamente al azar de arreglo factorial. Los resultados obtenidos indicaron que:

- 🌲 La sobrevivencia de las plantas fue favorecida con la aplicación de riego. Sin embargo, la fertilización afectó en forma positiva a la sobrevivencia, pero no aseguró por sí sola la obtención de buenos resultados.
- 🌲 Las variables altura y DAC (diámetro a la altura del cuello), fueron favorecidas con el riego y la fertilización. Sin embargo, al realizar un suministro excesivo de nutrientes estos perdieron su eficacia.
- 🌲 La variable calidad de la planta al ser evaluada según escala y relación DAC/altura indicó que todas las plantas existentes tenían una buena calidad. El índice de biomasa pudo determinar el tratamiento con mayor incremento, a pesar de que las plantas aún no poseían dimensiones como para obtener una diferencia estadísticamente significativa.

En general el riego tuvo la mayor influencia en el crecimiento de las plantas, ya que por sí solo mejoró los resultados, en cambio, la fertilización es dependiente de este factor. Además, se pudo determinar que el tratamiento más adecuado es con riego de 5 litros/planta/mensual en período estival y fertilización en dosis de 110 g, presentando los mayores incrementos en altura, DAC y calidad de la planta.

Palabras clave: *Quillaja saponaria*, plantación, riego, fertilización, Comuna de San Pedro.

SUMMARY

The objective of this study was to evaluate the effects produced in the survival and growth in a plantation of quillay, by different treatments from applied irrigation and fertilization in the first year of establishment. The application of six treatments were analyzed that combined two doses of irrigation and three doses of fertilizer (based on N, P, K and B), in 18 parcels, in the locality of Alto Loica, in the Commune of San Pedro, Metropolitan Region.

The evaluated dependent variables corresponded to survival, height, diameter to the height of the neck and quality of the plant, which were put under an analysis of variance with design completely at random of factorial adjustment. The obtained results indicated that:

- 🌲 The survival of the plants was favored with the application of irrigation. Nevertheless, the fertilization affected in positive form the survival, but it did not assure in case single the obtaining good results.
- 🌲 The variables height and DAC (diameter to the height of the neck) was favored with the irrigation and the fertilization. Nevertheless, when making an excessive provision of nutrients these lose their effectiveness.
- 🌲 The variable quality of the plant to the being evaluated according to scale and DAC/ height relation indicated that all the existing plants had a good quality. The biomass index could determine the treatment with greater increase, although the plants not yet had dimensions like obtaining a statistically significant difference.

In general the irrigation had the greater influence in the growth of the plants, since in case single it improved the results, however, the fertilization is employee of this factor. In addition, it was possible to be determined that the most suitable treatment is with irrigation of 5 liters/plants/monthly in summer period and fertilization in doses 110 g, presenting the greater increases in height, DAC and quality of the plant.

Key words: *Quillaja saponaria*, irrigation, fertilization, Commune of San Pedro.

1 INTRODUCCIÓN

La Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, se encuentra afectada por severos procesos de erosión, originados por la deforestación, sobreutilización del suelo sin considerar su aptitud y los incendios forestales. Estas malas prácticas han provocado degradación del suelo, con una notable disminución de la cubierta vegetal y una fuerte disminución de su productividad (Francke *et al.*, 2001). Debido a esto, se ha hecho necesario investigar alternativas de protección y recuperación de estas áreas, estableciendo plantaciones que restituyan una adecuada cobertura protectora, utilizando las especies nativas mejor adaptadas a las condiciones de clima y suelo presentes (Donoso y Ghio, 1986).

Con el objetivo de promover el desarrollo sostenible basado en sistemas de producción y protección forestal integral, se desarrolló entre los años 1993 y 2002 el proyecto “Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas en la Zona Semiárida de Chile”, de la Corporación Nacional Forestal y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón. El proyecto se localizó en la Región Metropolitana, Provincia de Melipilla, y en la IV Región, generando valiosos antecedentes en técnicas de recuperación de suelos, forestación y viverización. Esto permitió la adaptación de especies como *Quillaja saponaria*, *Maytenus boaria*, *Pinus thumbergii* y *Eucalyptus camaldulensis*, entre otras forestales y arbustivas en condiciones de semiaridez extrema (Francke *et al.*, 2001).

De acuerdo a estos antecedentes, el quillay es una buena alternativa en procesos de forestación y recuperación de zonas degradadas. Esto se debe a su gran capacidad para establecerse en suelos pobres y erosionados. Además, es una especie con gran potencial económico por la variedad de productos que de él se pueden obtener, siendo la obtención de saponina la de mayor relevancia, hoy extraíble no solo de la corteza, sino de la totalidad de su masa arbórea.

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el desarrollo que puede alcanzar el quillay bajo distintos niveles de riego y fertilización. Además, aportar al incentivo de la actividad forestal en la zona, proponiendo otras opciones de cultivo para los habitantes, especialmente los pequeños propietarios, quienes pueden ser beneficiados por el D.L. 701, siendo ésta una alternativa económica muy atractiva.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes generales de *Quillaja saponaria* Mol.

2.1.1 Descripción botánica de la especie

El quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) es un árbol siempreverde polígamo-monoico o hermafrodita perteneciente a la familia Rosaceae (Hoffmann, 1978; Rodríguez *et al.*, 1983). Alcanza hasta 15 m de altura y un metro de diámetro (Rodríguez *et al.*, 1983). Sin embargo, según Vita (1966), es posible encontrar individuos de 27 m de altura y hasta 141 cm de diámetro. Su tronco presenta buena forma y es casi cilíndrico, con ramificaciones que comienzan a los 2 m sin presentar un ápice muy notorio (Benedetti *et al.*, 2000). Las hojas están dispuestas alternamente en el tallo, de 3 a 4 cm de largo y 1,3 a 3 cm de ancho, son cortamente pecioladas, coriáceas, simples, con forma redondeada y borde liso a regularmente dentado (Hoffmann, 1978; Benedetti *et al.*, 2000). Su color varía de un verde intenso brillante a amarillento en otoño, (Benedetti *et al.*, 2000). Presenta flores blancas y hermafroditas, en forma solitaria o dispuesta en corimbos terminales cortos. Su fruto es un polifolículo de forma estrellada que persiste abierto y seco en el árbol por largo tiempo con numerosas semillas aladas en su interior. Según Donoso y Cabello (1978), la floración puede producirse desde diciembre a enero y sus frutos maduran entre marzo y abril. Sin embargo, Rodríguez *et al.* (1983), indican que la floración puede producirse desde octubre hasta enero.

2.1.2 Distribución natural

Según Vita (1993), el quillay es una de las especies esclerófilas arbóreas más abundantes y de más amplia distribución del país. Se encuentra desde el Norte de Ovalle hasta el Sur de Angol, desde la vertiente este de la Cordillera de la Costa hasta la Cordillera de los Andes (Vita, 1974). Según Rodríguez *et al.* (1983), es posible encontrarlo desde la Provincia de Limarí (IV Región) hasta la de Bío-Bío (VIII Región), en la zona litoral, central y andina, desde los 15 a 1.600 m.s.n.m. Sin embargo, recientes estudios, (Proyecto FONDEF D03/1012, 2004), permitieron descubrir poblaciones creciendo a más de 2.000 m.s.n.m., en la Cordillera de los Andes de la IV Región (Cruz *et al.*, 2006).

Según la Clasificación de la Vegetación Natural de Chile (Gajardo, 1993), la especie participaría en las comunidades de la Región del Matorral y Bosques Esclerófilos y la Región de Bosques Caducifolios. En la primera, está presente en la Subregión del Matorral Estepario sólo como especie acompañante, mientras que en la Subregión del Matorral y del Bosque espinoso, la especie pasa a ser representativa junto a *Colliguaya odorifera*, *Flourenzia thurifera*, *Porlieria chilensis* y *Acacia caven*, en las serranías transversales y áreas de la Cordillera de la Costa. En la Subregión del Bosque Esclerófilo en las áreas de la precordillera Andina, llega a formar asociaciones *Quillaja saponaria* – *Lithraea caustica*, *Quillaja saponaria* – *Colliguaya odorifera*, *Cryptocarya alba* – *Quillaja saponaria*. En la Región Bosques Caducifolios, se encuentra en la Subregión Bosques Caducifolio Montano, donde *Quillaja saponaria* es una especie acompañante o común.

Según Benedetti *et al.* (2000), la utilización del quillay se caracteriza por una sobreexplotación del recurso debido a la habilitación de terrenos agrícolas, obtención de su corteza y material combustible, entre otras razones. Así, hoy las formaciones de quillay son cada día más escasas, presentando baja cobertura y densidad, con no más de 30 individuos por hectárea.

2.1.3 Requerimientos climáticos, edáficos y topográficos

El quillay es un árbol adaptado a climas secos y cálidos, pero también se encuentra en sitios más frescos y húmedos e incluso soporta nieves y heladas (Rodríguez *et al.*, 1983). Es capaz de desarrollarse en condiciones de temperaturas moderadas, soportando calores en verano e intensos períodos de frío en invierno (Vita, 1974). Su mejor desarrollo lo logra en zonas con clima mediterráneo, de temperaturas medias cercanas a los 14°C y precipitaciones que varían entre los 150 y los 1.500 mm (Benedetti *et al.*, 2000). En general, no crece en lugares expuestos directamente al mar; es por ello que en la Cordillera de la Costa se desarrolla en pendientes que van hacia el interior del valle central (Vita, 1974). Según Prado *et al.* (1983), se mantiene principalmente en la vertiente este y en sectores abrigados de la influencia del mar. En el valle central crece en lugares soleados y en los faldeos de los cerros más o menos secos y con escasa vegetación (Lagos, 1998).

Puede crecer en suelos pobres, degradados y con pendiente, aunque su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos, no acepta excesos de agua. Por esto no es recomendable para suelos arcillosos, con mal drenaje o exceso de salinidad (Benedetti *et al.*, 2000). Sin embargo, Ruiz de Gamboa (1986), indica que en la Provincia del Choapa, es posible encontrarlo en suelos arcillosos en los sectores más altos de las laderas, ya que estos suelos pueden retener la humedad por más tiempo.

Es posible encontrarlo en distintas posiciones topográficas, partes altas, medias, bajas y también se adapta a diferentes exposiciones al sol (Benedetti *et al.*, 2000). Soporta bastante bien los asoleamientos fuertes cuando se encuentra en condiciones topográficas favorables, como son quebradas o bajos de laderas, donde cuenta con mayor humedad (Ruiz de Gamboa, 1986).

El quillay es capaz de desarrollarse en zonas semiáridas mediterráneas que no tienen uso alternativo, excepto el pastoral en algunos casos, y que son marginales para *Pinus radiata* y el *Eucalyptus globulus* (Vita, 1974).

2.1.4 Crecimiento y desarrollo de las plantas

Estudios en la VII Región, muestran incrementos en altura en etapas juveniles (5 a 25 años) de 0,1 a 0,3 m/año, disminuyendo en edades más avanzadas (60 años) a 0,20 m/año (Benedetti *et al.*, 2000). Cruz *et al.* (2006), indican que una evaluación realizada en el proyecto FONDEF D03/1012 (2004) desde la IV a la VIII Región, entregó valores de incremento medio anual en altura con rangos que fluctúan entre 0,61 y 0,07 m, concentrándose la mayor cantidad entre 0,1 y 0,4 m, y presentando una media de 0,26 m.

Estudios de Benedetti *et al.* (2000), en la VII Región, indicaron que el desarrollo en diámetro fluctúa entre 0,4 a 0,6 cm/año durante toda la vida del individuo. Cruz *et al.* (2006), evaluaron árboles originados de monte alto y monte bajo y con una edad media de 32 años, los cuales generaron un incremento medio anual de 0,49 cm con un valor máximo de 0,95 cm y mínimo de 0,20 cm, concentrándose los incrementos entre 0,3 y 0,7 cm en todas las clases de edad. Según Vita (1974), específicamente, para la zona de Valparaíso y Santiago el crecimiento medio anual en diámetro aumenta a 0,8 cm.

En condiciones de riego puede alcanzar crecimiento en altura de 0,88 m/año y en diámetro de 1,20 cm/año. En condiciones de secano, con una buena preparación del suelo antes de plantar (subsulado y rastraje), la especie puede crecer 0,34 m/año en altura y 0,5 cm/año en diámetro. Sin embargo, otros estudios de la zona indican que se ha monitoreado un crecimiento entre 0,6-0,9 cm de diámetro/año y en base a mediciones experimentales realizadas en bosque nativo, se sabe que el crecimiento silvestre de la especie es de 0,6 cm de diámetro al año. En sitios muy marginales, secos y poco cuidados de la plantación, la especie presenta crecimientos iniciales de 0,24 cm/año en altura y 0,10 cm/año en DAP (Benedetti *et al.*, 2000).

Los estudios de la especie estiman que el nivel medio de biomasa por hectárea alcanza las 22 toneladas, con una producción de corteza de 2.230 k/ha, a la edad de 35 años (Benedetti *et al.*, 2000).

2.1.5 Importancia forestal

El quillay tiene gran importancia económica debido a la variedad de productos que se obtienen de este árbol, destacando su alta concentración de saponina. Si bien la corteza contiene las mayores cantidades de saponina (11,6%), este compuesto se encuentra también distribuido en todos los órganos del vegetal, con contenidos de 6,1% en las hojas, 8,8% en la madera y 10% en las ramillas. Entre las aplicaciones industriales donde se utiliza saponina se encuentran: champú, dentríficos, jabón líquido, cosméticos, agente espumante de bebidas, aditivos para alimentos de animales, formulación de pesticidas, agregado en películas fotográficas, tratamiento de aguas residuales, mejoramiento en la calidad de efluentes, en procesos de electro obtención, para el control de la neblina ácida, adyuvante en vacunas y aplicaciones farmacéuticas misceláneas (Viel, 1999 y Reyes, 2006).

Según Cruz (2001), del aprovechamiento tradicional de extracción de corteza del árbol hasta el año 1996 se estima que anualmente se cosechaban alrededor de 50.000 árboles de entre 30 y 50 años para extraer alrededor de 1.000 t de corteza y cada año se pierden o se sub-utilizan para carbón cerca de 20.000 t de biomasa. Para evitar esto, en 1995 se desarrolló un proceso industrial que utiliza de manera más eficiente el árbol, incluyendo fustes y ramas, con esto la materia prima leñosa puede obtenerse de raleos y

podas de fustes y ramas de bosques naturales, disminuyendo en cerca de 10 veces la cantidad de árboles necesarios para cosechar y con períodos de rotación menores para la extracción de corteza.

Asimismo, la especie tiene otros usos tradicionales como son: fabricación de leña y carbón, confección de utensilios tradicionales, producción apícola, protección del ganado contra efectos climáticos negativos, utilización como árbol urbano, producción de tierra de hoja, uso medicinal y estabilizador de suelos (Lagos, 1998; Benedetti *et al.*, 2000; Navarro y Bravo, 2001; Reyes, 2006).

2.2 Requerimientos de la especie al establecer una plantación

En el éxito de la forestación interactúan diversos factores, entre los cuales destacan: la especie, el sitio, y el método de plantación. Además, otro factor preponderante es contar con plantas de buena calidad considerando su condición fisiológica y morfológica (Viel, 1999; Benedetti *et al.*, 2000).

Según Prado *et al.* (1980), una parte esencial en la primera fase de un ensayo es investigar sobre las características de la especie, como: almacenamiento y tratamiento de semillas, tipo de viverización, preparación del sitio de plantación, tipo y tamaño ideal de plantas, etc. Todos estos antecedentes son fundamentales para asegurar un buen tratamiento a la especie y deben ser organizados para asegurar la mayor uniformidad de tratamiento posible.

2.2.1 Tipo y producción de plantas

INFOR *et al.* (2000), recomiendan utilizar plantas producidas en macetas, ya que tienen un mayor porcentaje de prendimiento y desarrollo en altura, especialmente durante el primer año. Estas plantas alcanzan el tamaño adecuado para la plantación en 6 a 12 meses. Cruz y Duchens (2000), indican como adecuada una planta de 25 a 30 cm de altura, con un diámetro de cuello mayor a 5 mm, y un sistema radicular bien desarrollado.

La época de siembra tiene efecto determinante en la germinación y desarrollo final en las plantas de quillay. Con las siembras efectuadas en los meses de Junio, Julio y

Agosto se obtienen las capacidades germinativas más elevadas. Se deben descartar las siembras de primavera (Septiembre, Octubre), ya que tanto los resultados en germinación como el desarrollo posterior de las plantas son muy inferiores (Wiberg, 1991). Mientras que Benedetti *et al.* (2000), recomienda como época de siembra los meses de Agosto a Octubre. De esta manera, en primavera la plántula tendrá un sistema radicular suficientemente profundo para obtener el agua necesaria para su desarrollo.

Además, Wiberg (1991), menciona la importancia de la fecha de repique en la sobrevivencia de las plántulas, debiendo realizarse con fecha tope en el mes de Octubre, así más adelante la tasa de mortalidad llega a valores que varían entre 20 y 30%.

2.2.1.1 Calidad de la planta

El principio fundamental en el que se basan los parámetros de calidad hasta hoy desarrollados, es el de la posibilidad de predicción de la supervivencia de la planta y su potencial para desarrollarse rápidamente durante los primeros meses o años de crecimiento en la plantación (Sánchez y Murillo, 2004).

La calidad de la planta en la mayoría de las publicaciones se refiere a ésta en condiciones de vivero. Sin embargo, una planta de buena calidad en vivero responde manifestando los mismos atributos físicos o morfológicos en terreno.

Toral (1997), indica que las variables morfológicas de una planta predicen su comportamiento, unido a algunas variables de tipo fisiológico como sería su estado nutricional. De esta forma, son los mejores indicadores de calidad de plantas; además de ser las características más fáciles de medir.

Ramírez y Rodríguez (2004), indican que diversos autores coinciden en que la altura es la característica morfológica más fácil de determinar. Sin embargo, tiene poco valor como indicador único, pero combinado con el diámetro y arquitectura del tallo adquiere mayor importancia. Además, una planta grande no es siempre mejor. Esto debido a que las plantas altas presentan mayor dificultad para ser plantadas, son más susceptibles a sufrir daños mecánicos, y su proporción entre biomasa aérea y subterránea puede estar fuera de balance.

El diámetro a la altura del cuello, puede reflejar el tamaño del sistema radical y la resistencia de la planta. Además, las plantas que presentan mayor diámetro, usualmente tienen un abundante sistema radical. También, encontraron que hay una fuerte correlación entre las variables diámetro y supervivencia después de la plantación (Ramírez y Rodríguez, 2004).

2.2.2 Control de malezas

El control de malezas es un factor muy importante para asegurar la supervivencia y permitir un buen desarrollo inicial de una plantación (Benedetti *et al.*, 2000). Es una práctica vital para eliminar la competencia por agua, nutrientes y luz, de malezas anuales durante la primavera y verano siguientes a la plantación (Cruz y Duchens, 2000). Esto puede realizarse previo a la plantación, idealmente abarcando la superficie total de ésta, en forma manual o por medio de herbicidas (Benedetti *et al.*, 2000). Según Cerda (2006), es vital para las plantas realizar labor de desmalezado si se desean utilizar posteriormente fertilizantes, ya que si no se realiza se produce una relación inversa con la sobrevivencia.

2.2.3 Establecimiento

En el establecimiento de los ensayos deberán emplearse técnicas adecuadas para superar las dificultades que enfrenta la forestación en las zonas semiáridas. A través de técnicas como el subsolado profundo en curvas de nivel, se puede mejorar la estructura y descompactar el suelo, produciendo infiltración del agua precipitada y disminuyendo la escorrentía superficial. También se recomienda el empleo de zanjas de infiltración para aumentar la capacidad de aguas lluvias y disminuir la escorrentía (Prado *et al.*, 1980 y Francke *et al.*, 2001).

2.2.3.1 Preparación del suelo

Según INFOR *et al.* (2000), la preparación del suelo otorga una mayor profundidad y superficie útil de perfil, aumentando la capacidad de retención de agua y la velocidad de infiltración. Esto facilita la absorción de los elementos nutritivos por la raíz y otorga un rápido desarrollo radicular, tanto en profundidad como lateralmente (Benedetti *et al.*, 2000; Navarro y Bravo, 2001).

El lugar de plantación debe ser preparado de acuerdo a los métodos frecuentemente utilizados en la zona, tales como, plantar en un sitio libre de vegetación, en casillas o fajas si las condiciones del suelo o del sitio así lo requieren (Prado *et al.*, 1980). En suelos compactos o con escasa precipitación, se recomienda utilizar un arado de discos tirado por un tractor agrícola. Para suelos muy compactados, se recomienda el subsolado en curvas de nivel, a 40 cm de profundidad con arado subsolador tirado por un tractor agrícola. En zonas en las que no se puede introducir maquinaria, el método más aconsejable es dejar la tierra en barbecho y luego preparar surcos en curvas de nivel con un arado tirado por bueyes o caballos (Benedetti *et al.*, 2000).

2.2.3.2 Época de plantación

En general, se recomienda plantar después de las primeras lluvias; esto es entre mayo y julio, de manera de asegurar que la plantación contará con aportes de agua posteriores (Benedetti *et al.*, 2000).

2.2.3.3 Densidad de plantación

Dependiendo de los objetivos de producción la densidad de plantación puede variar (Cruz y Duchens, 2000). Las densidades recomendables según el objetivo de la plantación se entregan en el cuadro N° 1.

Cuadro 1. Densidades de plantación según objetivo de producción.

Objetivo de Producción	N° de plantas/ha	Distanciamiento (m)
Biomasa	1.600 - 2.500	3 x 2; 2 x 2
Melífera y Silvopastoral	400 - 625	5 x 5; 4 x 4
Revegetación y enriquecimiento	830 - 1.100	3 x 4; 3 x 3
Ornamental en superficie	400	5 x 5
Ornamental en hileras		cada 4 metros
Setos vivos		cada 1 metros

Fuente: Cruz y Duchens, 2000.

2.2.3.4 Protección y mantenimiento de la plantación

Vita (1990), indica que para el establecimiento del quillay, en caso de no existir vegetación natural arbustiva, ramas o rocas, que proporcionen protección a las plántulas,

es necesario protegerlas primeramente por el ataque de lagomorfos y posteriormente del ramoneo por ganadería, al menos durante la etapa de brinzal (1,5 m de altura). Aunque según Cruz y Duchens (2000), esta protección debe ser por un período mínimo de 3 años o hasta que las plantas alcancen una altura mínima de 3 m. Benedetti *et al.* (2000) y Cruz y Duchens (2000), también recomiendan realizar un control de cacería y trampeo permanente antes, durante y después de plantar. Si esto no se realiza, las plantas deben ser protegidas en forma individual con corrumet, tubos protectores o ramas de espino. Si la presencia de lagomorfos es alta, puede recurrirse a algún tipo de producto repelente para conejos, liebres o roedores.

2.2.3.5 Replante

Si por alguna causa, se produce daño o mortalidad en las plantas, estas deberán ser reemplazadas tan pronto como sea posible. Si este daño se detecta con posterioridad a la época de plantación, puede hacerse necesario el replante en la temporada siguiente. No obstante, si se produce una mortalidad general o un daño generalizado, lo más acertado será repetir completamente el ensayo (Prado *et al.*, 1980).

2.3 Riego

El agua es imprescindible para el desarrollo de las plantas, constituye uno de los componentes principales de la savia y de los tejidos verdes de las plantas, además de constituir un solvente vital para la absorción de los nutrientes a través de las raíces (Benedetti y Perret, 1995). El aumento del recurso agua, incrementa las tasas de crecimiento e indirectamente aumenta el uso de la luz y el nitrógeno, como consecuencia de un incremento del índice de área foliar y la eficiencia en la absorción de nitrógeno (Pozo, 2005).

Según Vita (1990) y Benedetti *et al.* (2000), la sobrevivencia durante el primer período vegetativo es muy dependiente del monto y distribución de las precipitaciones caídas durante el año, esto debido a que las plantas de quillay son muy sensibles a la sequía. En este período, junto con aumentar la temperatura en primavera, se produce un descenso de la humedad disponible en la porción de agua del suelo que está en condiciones de ser absorbida por las plantas en desarrollo (Santelices, 2005). Es por ello

que, necesariamente, debe considerarse el riego como un factor indispensable en las plantaciones, para asegurar el crecimiento y la sobrevivencia (Benedetti y Perret, 1995).

Según Benedetti *et al.* (2000), para el quillay se debe considerar un riego inicial en los dos primeros años, aplicando 5 litros/planta en el período estival, debido a que las plantas son sensibles a la sequía.

Para aquellos terrenos de secano, que no tienen posibilidad alguna de riego, pueden aplicarse algunas medidas para paliar los efectos de la sequía, por ejemplo, para retener humedad del suelo y evitar la evaporación del agua del suelo es posible utilizar cubiertas de plástico, de paja de trigo, tubos protectores o ramas de espino (Cruz y Duchens, 2000). Benedetti y Valdebenito, (1997), mencionan que otra forma de utilizar pequeñas fuentes de agua es mediante el aprovechamiento del agua de escorrentía, producto de las lluvias torrenciales. Esta técnica de cosecha de aguas lluvias, utiliza la escorrentía como un proceso de riego natural que se colecta en las superficies de plantación, y consiste en concentrar la escorrentía en superficies pequeñas, colectores, donde se remueve el suelo modificando la pendiente, de modo de favorecer la infiltración para establecer la plantación.

2.4 Aporte nutritivo y fertilización

2.4.1 Nutrición

Para que las plantas presenten un desarrollo y crecimiento adecuado, requieren de una serie de elementos minerales, los que son absorbidos por las raíces pasando a formar parte de sustancias sintetizadas por el vegetal (Von Marees, 1988).

En conjunto con el carbono, hidrógeno y oxígeno, hay otros elementos esenciales, necesarios para el funcionamiento y normal desarrollo de la planta, es decir, sin estos no puede completar su ciclo de vida. Entre estos elementos esenciales se encuentran los macronutrientes, que son absorbidos y ocupados en cantidades relativamente grandes por la planta, donde se encuentra el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. También hay otro grupo conocido como micronutrientes, los cuales son requeridos en muy pequeñas cantidades, donde se encuentra el hierro, manganeso, boro, molibdeno, cobre, zinc y cloro (González, 1994; Von Marees, 1988).

A continuación se detalla el rol que cumplen en las plantas, los principales nutrientes empleados de acuerdo a Fuentes (1994).

2.4.1.1 Nitrógeno

El nitrógeno es un elemento primordial para las plantas, ya que forma parte de las proteínas y de otros compuestos orgánicos esenciales. En menor proporción también se encuentra en formas inorgánicas de nitrógeno (amónicos, nitratos y nitritos), aumentando esta proporción cuando se presentan anomalías en el metabolismo que dificultan la síntesis de proteínas. Este elemento constituye un 2%, aproximadamente, del peso total seco de la planta, concentrándose en los tejidos jóvenes. A medida que avanza la edad de la planta disminuye el porcentaje de nitrógeno, a la vez que aumenta el contenido de celulosa. Las hojas suelen ser las partes de la planta más ricas en nitrógeno, disminuyendo su contenido a partir de la floración.

El nitrógeno es esencial para procesos vitales de la planta, la deficiencia de este elemento afecta a su crecimiento, produciendo una vegetación raquílica; con poco desarrollo, hojas pequeñas y de color verde amarillento. Estas anomalías producen en primer lugar en las hojas más viejas, debido a que este elemento se mueve con facilidad en la planta y se desplaza hacia las hojas más jóvenes. Además, se puede producir una maduración acelerada, con frutos pequeños y de poca calidad, lo que se traduce en un rendimiento escaso.

El exceso de nitrógeno provoca signos contrarios a los originados por la deficiencia. Las plantas adquieren gran desarrollo aéreo, las hojas toman una coloración verdosa muy oscura y se retrasa la maduración. La calidad de los frutos desciende notablemente. El rápido y vigoroso crecimiento que adquieren las plantas causa una demanda extraordinaria de otros elementos, lo que produciría su deficiencia si no se encuentran disponibles en cantidad suficiente para satisfacer estas demandas. Un exceso de nitrógeno origina una mayor susceptibilidad de la planta a condiciones meteorológicas adversas y enfermedades.

2.4.1.2 Fósforo

El fósforo forma parte de todos los tejidos de la planta, es un constituyente de muchas coenzimas, participa ampliamente en la construcción de los compuestos fosforilados encargados del transporte y almacenamiento de la energía precisa para realizar procesos vitales. Al igual que el nitrógeno, es un elemento que interviene prácticamente en todos los procesos importantes del metabolismo.

Su deficiencia ocasiona un desarrollo débil, tanto del sistema radicular como de la parte aérea. Las hojas son de menor tamaño que en circunstancias normales, siendo las más viejas las que presentan mayores síntomas de deficiencia. Esto debido a que el elemento se mueve con rapidez dentro de la planta y emigra de las hojas más viejas a las más jóvenes. Además, la madurez del fruto se retrasa y disminuye el rendimiento de la cosecha.

Las alteraciones por exceso no suelen darse en la práctica, únicamente en caso de aplicaciones masivas y reiteradas de fertilizantes fosfóricos, presentándose deficiencias de hierro por insolubilidad de este último elemento en el suelo.

2.4.1.3 Potasio

El potasio, aunque no forma parte de los principios esenciales (glúcidos, lípidos y prótidos), es absorbido por la planta en cantidades importantes. Junto con el calcio constituye la mayor parte de las materias minerales de los vegetales, por lo que sus cenizas contienen una gran proporción de este elemento. Forma parte de un gran número de enzimas, por lo que regula muchas funciones de la planta, interviene en la fotosíntesis favoreciendo la síntesis de carbohidratos, así como el movimiento de estos compuestos y su acumulación en los órganos de reserva.

El potasio favorece el mejor aprovechamiento del agua por la planta debido a que contribuye a mantener la turgencia celular, lo que trae como consecuencia una disminución de la transpiración cuando el agua escasea. Tiene también efectos favorables en la existencia de las plantas al frío y a las heladas e incrementa su resistencia a la salinidad y a los parásitos.

La deficiencia se manifiesta por un retraso en el crecimiento de la planta, siendo las partes más afectadas aquellas que acumulan sustancias de reserva. Cuando la deficiencia se agudiza aparecen en las hojas manchas cloróticas, seguidas de necrosis en la punta y en los bordes. Además, produce un alargamiento del período vegetativo, un retraso en la maduración de frutos y semillas, una menor resistencia al frío y a las sequías. El potasio es muy móvil dentro de la planta y se acumula con facilidad en las zonas con mayor actividad vegetativa, por eso cuando hay escasez se traslada con facilidad a las hojas jóvenes, por cuyo motivo las deficiencias se manifiestan en primer lugar en las hojas más viejas.

Una cantidad excesiva de potasio asimilable hace que las plantas absorban mayor cantidad de la que necesitan, sin que ello repercuta en un aumento de la producción, por otra parte un exceso de potasio origina deficiencias de magnesio, calcio, hierro y zinc.

2.4.1.4 Boro

Es un microelemento que la planta consume en muy pequeña cantidad. Es esencial para el desarrollo de la planta, debido a la influencia que ejerce en diferentes procesos fisiológicos, especialmente en la formación de la pared celular. El boro tiene muy poca movilidad dentro de la planta; se acumula en los tejidos viejos y su traslado hacia los tejidos jóvenes se hace con dificultad.

Los síntomas de carencia se manifiestan en primer lugar en los brotes, yemas y hojas jóvenes, que se atrofian y deforman por la falta de crecimiento, posteriormente se produce la muerte de zonas meristemáticas.

2.4.2 Importancia de la fertilización

La fertilización forestal tiene como objetivo ayudar a obtener una mayor productividad al futuro bosque, aportando al suelo los nutrientes requeridos por la planta en la cantidad, proporción, forma química y en la zona precisa para evitar desequilibrios nutricionales que alteren el metabolismo de la planta y lograr así el crecimiento adecuado de ella (SOQUIMICH y Fundación Chile, 1991).

En general, la fertilización permite acelerar todos los procesos de crecimiento, y a la vez, puede modificar la edad de rotación o permitir la obtención de un producto determinado, que antes, por limitación de disponibilidad nutritiva, no fue posible lograr. El cultivo de las plantaciones se intensifica (SOQUIMICH y Fundación Chile, 1991).

La fertilización es importante, sobre todo en suelos que han perdido sus nutrientes debido a una sobreexplotación del suelo. La aplicación de fertilizantes debe realizarse en las situaciones más propicias, del punto de vista fisiológico, para lograr respuestas que económicamente sean rentables (SOQUIMICH y Fundación Chile, 1991). Sin embargo, solo se recomienda cuando se han aplicado todas las técnicas de establecimiento con una buena preparación del suelo y control de la competencia. Es observable una mayor efectividad de la aplicación conjunta con herbicida, aumentando la sobrevivencia de las plantas, al disminuir el desarrollo de la competencia (Benedetti *et al.*, 2000; INFOR *et al.*, 2000).

El efecto de una determinada cantidad de fertilizante sobre el crecimiento, es menor mientras la calidad del régimen de agua en el suelo sea más ineficiente. En sitios muy secos es posible lograr significativos efectos de la fertilización solamente cuando existen severas deficiencias nutricionales. En suelos sobresaturados de agua, las fertilizaciones tienen a menudo, solo un bajo efecto debido a que deficiencias de oxígeno impiden la absorción nutritiva (Francke, 1998).

La fertilización estimula el desarrollo radicular y permite a la planta hacer una rápida ocupación del suelo, aprovechando de forma más eficiente el agua y los nutrientes disponibles. De esta forma, se logra mayor sobrevivencia, rápido crecimiento inicial y mejor adaptación al sitio (Mery, 2000; INFOR *et al.*, 2000). Según SOQUIMICH y Fundación Chile (1991), las plantas liberadas de malezas y fertilizadas al ser establecidas en terreno pueden lograr una ventaja considerable en el crecimiento. La fertilización estimula el crecimiento del follaje y raíces, la planta acorta así todas las etapas de su desarrollo (SOQUIMICH y Fundación Chile, 1991). Según Francke (1998), una mayor disponibilidad de nutrientes, además de aumentar la productividad, aporta más resistencia contra emisiones, daños, heladas y/o sequías.

SOQUIMICH y Fundación Chile (1991), indican que dentro del ciclo de vida de las plantaciones, existen tres fases bien definidas, las cuales varían en duración según las características de las especies.

En la primera fase, que se inicia al establecer la plantación y finaliza con el cierre de copas, existe una fuerte demanda de nutrientes que el suelo debe proporcionar para construir la biomasa, especialmente en el área foliar. Durante este período se encuentra el momento más apropiado para fertilizar las plantaciones.

La segunda fase se inicia una vez cerradas las copas y finaliza cuando se acumula en el suelo un horizonte que inmoviliza los nutrientes. En este lapso, se disminuyen las demandas de nutrientes hacia el suelo y gran parte de la actividad fisiológica se concentra en los procesos de redistribución interna. Si se efectúa alguna actividad que abra el dosel, como un raleo, la planta fisiológicamente vuelve a la fase inicial y es allí donde pueden lograrse incrementos en crecimiento al combinar raleo y fertilización.

La tercera fase se inicia cuando en el suelo se encuentra un horizonte acumulado que inmoviliza los nutrientes y se mantiene hasta el envejecimiento de la planta. Esta fase puede ser la última oportunidad de fertilizar si se ralea el bosque y se liberan los nutrientes acumulados en la hojarasca. En este caso, la aplicación de N activa las poblaciones de microorganismos y acelera los procesos de mineralización de la materia orgánica, liberando nutrientes. Esta práctica genera la formación de tejidos altamente demandantes en elementos nutritivos, causando así, un repunte en la demanda desde el suelo, de efecto temporal. La magnitud de este efecto depende de la edad del raleo y de su intensidad. Mientras más intenso y a menor edad del rodal, mayor es el efecto de la demanda nutritiva.

2.4.3 Fertilización al establecimiento

La fertilización al establecimiento en plantaciones forestales ha sido una de las más ampliamente experimentadas y en general ha tenido un efecto positivo en la producción forestal (SOQUIMICH y Fundación Chile, 1991).

Según Francke (1998), realizar una fertilización en el primer año de establecimiento tiene los siguientes objetivos:

- 🌲 Asegurar el establecimiento de la plantación.
- 🌲 Disminuir la caída de plantas y aumento de la resistencia contra agentes dañinos.
- 🌲 Aceleración del crecimiento en altura, especialmente favorables en áreas con susceptibilidad a las heladas, vegetación invasora y fauna dañina.

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 interceptación de agua, mejor supervivencia, cierre de copas en forma precoz, mayor control de malezas, disminución del tiempo de establecimiento y mayor rendimiento de madera (SOQUIMICH y Fundación Chile, 1991).

2.4.4 Fertilizantes y contenido nutritivo

2.4.4.1 Urea

La urea es un producto que concentra 46% de nitrógeno orgánico. Se disuelve en agua con mucha facilidad, con lo cual penetra en el suelo rápidamente. Esto tiene la ventaja de que no se queda en la parte superficial, pero tiene el inconveniente de que puede ser arrastrado en profundidad en el caso de lluvias copiosas después de la plantación (Fuentes, 1994).

2.4.4.2 Superfosfatos

El superfosfato concentra 18% de P_2O_5 y 46% en superfosfato triple donde también contiene una apreciable cantidad de calcio y azufre. Se presentan generalmente granulados, por ser más fácil su manejo. No conviene mezclarlos con otros productos que lleven cal activa, como nitrato cálcico o cianamida cálcica, sí se puede mezclar con urea y nitrato amónico. Los mejores resultados de los superfosfatos se obtienen en suelos neutros o ligeramente ácidos (Fuentes, 1994).

2.4.4.3 Sulfato Potásico

El sulfato potásico concentra 50% de K_2O y 18% de azufre. Produce una reacción ácida, por lo que puede provocar una cierta acidificación del suelo cuando se usa reiterativamente (Fuentes, 1994).

2.4.4.4 Productos Boratados

Cuando se aprecian síntomas de carencia, conviene hacer aplicaciones con algún fertilizante boratado. El boro debe manejarse con prudencia, porque resulta tóxico para las plantas a partir de una cierta concentración en el suelo. Cuando se aplica en años sucesivos es preciso analizar el contenido de boro en las hojas, con el fin de interrumpir su uso en el momento preciso (Fuentes, 1994).

2.4.5 Fertilización recomendada para la especie

Cruz y Duchens (2000), recomiendan para quillay la aplicación de un régimen uniforme de fertilización, de acuerdo a las deficiencias de nutrientes detectadas en los análisis de suelos. La aplicación debe efectuarse post-plantación, en forma ahoyada alrededor de cada planta, a unos 20 cm de ésta en el caso de terrenos planos y en un semicírculo sobre la planta en caso de terrenos inclinados. De no contar con un análisis de suelo para el área del secano interior, se recomienda utilizar la mezcla desarrollada para las plantaciones de eucalipto por los laboratorios o una fertilización con NPK, mediante una mezcla de Superfosfato triple, Sulf-K y Urea.

2.5 Estudios realizados sobre riego y fertilización en quillay

Cruz (2001), realizó un ensayo de riego en secano interior de la Comuna de Pumanque VI Región, donde se evaluaron cuatro niveles de humedad. El primer nivel corresponde a la producción de biomasa en ausencia de riego total. El segundo, tercer y cuarto nivel consideró respectivamente un suministro de 16, 32 y 64 litros/planta/mes, correspondiendo este último al 100% de las necesidades hídricas de la plantación. Para el suministro de agua se instaló un sistema de riego por goteo y una red de tensiómetros en el suelo para determinar las necesidades hídricas de la plantación. El efecto de los

diferentes regimenes hídricos se evaluó a través de la medición mensual de diámetro, altura y el índice de productividad de cada planta. La preparación del sitio fue con arado simple y casilla de plantación de 20x30 cm, se realizó control químico de malezas post plantación, fertilización post plantación (Supernitro), y protección contra ganado y lagomorfos.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que los crecimientos anuales presentaron una alta variabilidad individual para los distintos parámetros, obteniendo resultados de: diámetro basal entre 0,9 - 1,9 cm, altura entre 41,5 - 72,7 cm e índice de productividad entre 645,9 – 3.611,3 cm³. El mínimo aporte de agua a la planta (16 litros/planta/mes), originó crecimientos en diámetro basa, altura y fitomasa que superaron en un 55%, 30% y 132% respectivamente al testigo. Los crecimientos medios en diámetro, altura y fitomasa son mayores en el cuarto nivel, ya que estos superaron en un 111%, 75% y 459% respectivamente al testigo. Estas altas tasas de crecimiento son un indicador de la potencialidad de la especie frente a condiciones adecuadas de suministro hídrico.

Ezquerria (2003), estudió un ensayo de quillay establecido en el año 2001 en el sector de LLancay, Comuna de San Pedro, Región Metropolitana. Las plantas utilizadas fueron producidas en macetas y la preparación del suelo consistió en subsolado. En el ensayo sólo se realizaron trabajos de limpieza ya que trabajos permanentes de control de malezas implicaban un alto costo.

Los factores ensayados fueron: métodos de plantación, fertilización y riego. Para cada factor los niveles de estudio se definieron de la siguiente forma: métodos de plantación P₁(plantación tradicional) y P₂(plantación en conjunto); fertilización F₀ (sin fertilizante), F₁ (dosis de 30 g Urea, 30 g Superfosfato triple, 30 g Sulfato de potasio, 20 g Boronato calcita) y F₂ (dosis de 60 g Urea, 60 g Superfosfato triple, 30 g Sulfato de potasio y 20 g Boronato calcita) y riego R₀ (sin riego), R₁ (riego cada 15 días) y R₂ (riego mensual), donde la dosis establecida en cada riego fue de 5 litros por casilla para ambos casos. Las variables evaluadas fueron: diámetro de cuello, altura y sobrevivencia.

Los resultados obtenidos indicaron que el riego insidió directamente en el incremento en altura, incremento en diámetro y sobrevivencia. Además, se consideró

imprescindible el riego en el establecimiento, donde una dosis de 5 litros por casilla cada 15 días durante la estación seca permite mejores crecimientos. En cuanto al método de plantación, no se encontró que afectara a ninguna de las variables. No obstante, se puede observar algún tipo de efecto en sobrevivencia, obteniendo mejor resultado la plantación en conjunto. Lo contrario ocurre en las variables incremento en altura y diámetro, ya que el método más recomendado es la plantación tradicional. Para el factor fertilización no se logró comprobar su efecto. Esto debido a que no se encontró efecto en ninguna de las variables evaluadas y no se realizaron trabajos permanentes para la eliminación de la competencia.

Malfanti (2004), realizó un estudio de quillay en Alto Loica, Comuna de San Pedro, Región Metropolitana. La plantación se realizó en el año 2001, utilizando una planta por casilla, hechas con pala y chuzo a un espaciamiento de 2x2 m. Para realizar la plantación se extrajeron especies del lugar, sin embargo no se desmalezó.

Los factores estudiados fueron riego y fertilización, evaluados a través de las variables diámetro de cuello, altura total y sobrevivencia. El factor riego estuvo definido por los niveles R_0 (sin riego), R_1 (5 litros cada 15 días) y R_2 (5 litros al mes) y el factor fertilización por los niveles F_0 (sin fertilizante), F_1 (dosis compuesta por 30 g Urea, 30 g Superfosfato triple, 30 g Sulfato de potasio y 20 g Boronato de calcita), F_2 (dosis compuesta por 60g Urea, 60 g Superfosfato triple, 30 g Sulfato de potasio y 20 g Boronato de calcita).

Los resultados de este estudio indicaron que los mejores efectos en las variables evaluadas fueron obtenidos por los tratamiento F_0R_1 (sin fertilización y riego cada 15 días) y F_2R_2 (dosis 2 de fertilización y riego cada un mes). El caso de la sobrevivencia fue el único que arrojó diferencias significativas, indicando que el nivel F_0 (sin fertilizar) obtuvo mejores resultados. Esto debido a que la fertilización solo se recomienda realizando las técnicas de establecimiento adecuadas, de lo contrario tiene un efecto negativo, como en este caso, donde no se realizó un control de la competencia.

Cerda (2006), realizó un estudio de fertilización en la Comuna de San Pedro, Melipilla, evaluando las variables incremento de altura y sobrevivencia de las plantas bajo cuatro dosis de fertilización. Las dosis correspondieron a una mezcla de los productos

Urea, Superfosfato triple, Sulfato potásico y Boronato calcita, en las siguientes cantidades respectivamente: T₀ (testigo), T₁ (27, 21, 10 y 5 gramos), T₂ (54, 42, 20 y 10 gramos), T₃ (81, 63, 30 y 15 gramos). Además, para una adecuada efectividad de los fertilizantes se programó un riego mensual de cinco litros por planta.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que el tratamiento testigo es el que presenta la mejor sobrevivencia promedio. Sin embargo, los tratamientos en que se aplicó fertilizante alcanzaron una sobrevivencia menor, siendo el tratamiento con mayor dosis (T₃) el que presenta el valor más bajo. Estos resultados fueron atribuidos a un crecimiento acrecentado de las malezas por la fertilización. Para la variable altura, el mayor incremento se obtuvo con el tratamiento T₁ y el testigo alcanzó el menor valor en incremento en altura. Estos resultados indicaron que las plantas que logran sobrevivir responden a la fertilización y no es necesario agregar grandes cantidades de fertilizante para obtener efectos positivos de altura.

También es posible encontrar otras experiencias realizadas en quillay, que si bien los tratamientos no son directamente de riego ni fertilización, estas prácticas si son consideradas y en el momento de discutir los resultados se menciona su influencia e importancia.

INFOR *et al.* (2000), menciona una experiencia realizada por Wrann e Infante en 1988, para determinar los métodos de plantación más recomendados para quillay en la IV Región. La plantación se efectuó en julio y fue inmediatamente regada con 2 litros/planta, posteriormente se regó en septiembre, enero, febrero, noviembre y enero nuevamente, cada vez con 4 litros/planta. La metodología empleada incluía tratamientos de preparación de suelo como hoyo, surco y subsolado. Se efectuó control de malezas y en la misma época se realizó fertilización, dos a cuatro semanas después de la plantación, a fines de invierno. A cada planta se le aplicaron 210 gramos de fertilizante (50 gramos de Superfosfato triple, 50 gramos de sulfato de potasio y 110 gramos de Urea), su aplicación fue en dos zanjas a los lados de la planta en el mismo sentido de la pendiente y se repitió al año siguiente. La conclusión obtenida indica que el control de la competencia es el factor más importante para asegurar la sobrevivencia y permitir un buen desarrollo inicial en el establecimiento de quillay, destacándose como mejor tratamiento aquel que

presenta la combinación de preparación de suelo con subsolado, control de maleza y aplicación de fertilizante.

Miralles (2001), realizó un estudio entre los años 1999 y 2000 en la comuna de Pumanque, VI Región, para ver el efecto de tubos protectores, en la sobrevivencia y crecimiento de las plantas. Previo a la plantación se realizó preparación del sitio aplicando subsolado, rastraje, control de malezas y fertilización. La plantación se realizó en casillas y en cada casilla de plantación se realizó una fertilización pre-plantación a fines de 1998, con Superfosfato triple, Boronato calcita y Sulfato de calcio. Además, se aplicó una fertilización nitrogenada por planta (post-plantación) en base de Supernitro. Los tratamientos analizados fueron: testigo (T_0), planta sólo con el desmalezado y la fertilización; planta con tubo protector sin aireación (T_5) y planta con tubo protector con aireación (T_6). Los tubos utilizados eran tubulares plegables de 40cm de alto, de poliéster color celeste con y sin orificios.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que el efecto de la sobrevivencia de los árboles con el uso de tubos protectores no es significativo, con respecto a la sobrevivencia alcanzada por los testigos. Esto se pudo producir por la intensiva preparación del sitio (desmalezado, fertilización) y el cercado, dos importantes factores para la protección y reducción de competencia. La otra razón que explicaría estos resultados se debe a que durante el período estudiado las precipitaciones fueron mayores a las de un año normal. Con respecto a la altura los tubos tienen un efecto muy significativo en el crecimiento comparado al testigo. Esto se reflejó especialmente durante el primer período del primer año de establecimiento, pero una vez que el árbol sobresale del tubo se igualan los crecimientos con los árboles no protegidos. Para el análisis del diámetro, el tratamiento de tubo protector sin aireación, tuvo el menor diámetro, los crecimientos dentro del tubo sin aireación eran durante el período en que la planta no sobrepasa la altura del tubo protector. Una vez que la planta sobrepasó la altura del tubo, el crecimiento en diámetro del tubo protector sin aireación se normaliza, debido a que las plantas quedan expuestas a las mismas condiciones ambientales del medio (viento, frío, contenido de CO_2). La mayor biomasa se obtuvo en los tubos protectores con aireación, los cuales lograron una altura mayor con respecto al testigo y no retardaron el crecimiento en diámetro, como los tubos protectores tradicionales. Finalmente Miralles (2001), indica que una intensiva preparación de sitio resulta fundamental para el establecimiento de una

plantación con alta sobrevivencia y crecimiento. En cuanto al uso de los tubos protectores con aireación, se podrían limitar a aquellas situaciones en que la preparación del sitio no resulta posible.

Navarro y Bravo (2001), mencionan dos módulos experimentales ubicados en las comunas de Pumanque y Lolol respectivamente en la VI Región. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto en sobrevivencia y desarrollo de la planta, debido a la modificación en las técnicas de plantación. Para evaluar las respuestas a los objetivos se consideraron los factores de tratamientos: estructura del suelo (suelo normal, suelo con sustrato de corteza y suelo con carbón vegetal), hidratantes (sin gel y con gel) y mulchen (sin mulchen y con mulchen). La evaluación se realizó en base a variables de altura, diámetro y número de plantas vivas. La plantación consideró preparación de suelo mediante aradura tipo barbecho, fertilización de 20 gramos de superfosfato triple en hoyo de plantación y 80 gramos de mezcla forestal por planta post-plantación, el control de malezas utilizó el ingrediente Simazina y la protección de las plantas consistió en malla corrumet.

Los resultados obtenidos de este estudio indicaron que la sobrevivencia de plantas en ambos ensayos está directamente relacionada con la intensidad de las actividades de plantación, siendo de vital importancia el manejo hídrico (preparación de suelo para captación e infiltración de aguas lluvias y rápido arraigamiento de la planta). El índice de productividad en ambos ensayos señala la relevancia de actividades de plantación, destacando la importancia de la fertilización en el crecimiento de las plantas. Este efecto solo se puede lograr luego de un adecuado manejo hídrico de la plantación, realizado por eliminación de la competencia y labores de preparación de suelo. En aumento de biomasa se obtuvieron variaciones de crecimiento, directamente relacionado con la disponibilidad de agua útil en el período con déficit hídrico. En este sentido, el estudio determinó que: el uso de manta plástica mejora el régimen hídrico; la modificación de la estructura del suelo con la adición enmienda sijo de carbón vegetal, mejora las condiciones de suelo desde el punto de vista hídrico favoreciendo el arraigamiento y generando un aumento del índice de productividad; el uso de hidratantes en suelos de secano sin el uso de riego, presenta tendencias negativas en cuanto a sobrevivencia e índice de productividad.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

- 🌲 Evaluar la respuesta en el desarrollo de *Quillaja saponaria* Mol., bajo diferentes tratamientos de riego y fertilizante.

3.2 Objetivos Específicos

- 🌲 Evaluar el efecto de la aplicación de dosis de riego en la sobrevivencia y crecimiento de quillay.
- 🌲 Evaluar el efecto de la aplicación de dosis de fertilizante en la sobrevivencia y crecimiento de quillay.
- 🌲 Analizar si existe interacción entre las dosis de fertilizante y riego, sobre la sobrevivencia y desarrollo de las plantas.

4 MATERIAL Y MÉTODO

4.1 Material

4.1.1 Antecedentes generales de la Comuna

4.1.1.1 Ubicación geográfica

La Comuna de San Pedro se encuentra ubicada en el Sur Oeste de la Provincia de Melipilla, entre los 33°53' S y 71°26' O. Su distancia aproximada a Melipilla es de 40 km y a Santiago 100 km. La superficie de la comuna corresponde a 78.841,8 hectáreas (Omegna, 1987).



Figura 1. Mapa del sector San Pedro, Región Metropolitana.

4.1.1.2 Clima

La Comuna de San Pedro posee un tipo de clima correspondiente a templado mesotermal superior estenotérmico mediterráneo semiárido, en posición de cuenca protegida en serranía de interior.

El régimen térmico se caracteriza por la variación de sus temperaturas, entre una máxima promedio de enero de 31,3°C y una mínima promedio en julio de 4,4°C. El período libre de heladas es de 244 días, presentando una media de ocho heladas al año.

El régimen hídrico observa una precipitación media anual de 383 mm y su déficit hídrico de 1.017 mm, con un período seco de ocho meses (Santibáñez y Uribe, 1993).

4.1.1.3 Topografía

La topografía predominante es de cerros cuyas altitudes no superan los 500 m y sucesión de lomajes suavemente ondulados con pendientes variables de alrededor de un 30% y partes bajas relativamente planas, debido a la depositación de material erosionado. Las pendientes son suficientes para producir escurrimiento superficial de las aguas y lograr que éstas adquieran la energía suficiente para erodar. Es necesario destacar que el 38% de la comuna sufre un severo proceso erosivo. En la comuna se encuentran numerosas quebradas y esteros de gran importancia como: Loica, El Prado y Yali (Donoso y Ghio, 1986; Omegna, 1987).

4.1.1.4 Suelo

Los suelos se ubican en general en la denominada zona del secano interior. Están formados de materiales variables, pero existe una clara predominancia de los materiales granitoides. Esto da como resultado un suelo de alta erodabilidad, propenso a la erosión hídrica. Las texturas de los horizontes superiores son livianos a medios, con abundante grava de cuarzo, posteriormente presentan horizontes arcillosos más densos y compactados, también con abundante grava y cuarzo, descansando en material granitoide altamente intemperizados. Son suelos altamente susceptibles a la erosión de manto y zanjas, generalmente de baja fertilidad, ligera a moderadamente ácidos, que sufren encostramientos superficiales. Poseen un drenaje interno moderadamente lento y externo rápido (Peralta, 1976).

4.1.1.5 Vegetación

De acuerdo a Gajardo (1983), el área de estudio está inserta dentro de la región de los matorrales y bosques esclerófilos, en la formación de los matorrales espinosos de los lomajes costeros, donde se desarrolla un paisaje vegetal homogéneo constituido por un matorral disperso.

El clima favorece la formación de estepa, cuya especie principal es el espino (*Acacia caven*). Además, existen otras especies como el litre (*Lithraea caustica*), quillay (*Quillaja saponaria*) y el boldo (*Peumus boldus*) (Omegna, 1987). Sin embargo, según Donoso y Ghio (1986), la mayor parte del matorral espinoso está altamente degradado.

En el secano interior, el 38% de la superficie presenta una sobre explotación, se trata de terrenos de aptitud preferentemente forestal ganadera, que actualmente se encuentran dedicados a la ganadería y eventualmente a la agricultura, cuya explotación se ha caracterizado por una corta indiscriminada de la vegetación arbórea para la producción de leña, carbón y sobrepastoreo excesivo (Omegna, 1987).

4.1.2 Ubicación del ensayo y características de la plantación

El ensayo está ubicado en la localidad de Alto Loica, Comuna de San Pedro, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. El terreno está situado en un predio particular de pequeño propietario y su uso anterior corresponde a forraje para ganado.

El establecimiento del ensayo se realizó en Junio del año 2004 y las plantas utilizadas provenían del vivero de CONAF ubicado en San Pedro, donde su producción se realizó con semillas colectadas en la zona.

La producción de plantas se realizó con la preparación previa de un almácigo, del cual se hizo luego un repique a macetas en bolsas de plástico de 10x20 cm, donde permanecieron durante un año en vivero. Al momento de la plantación se seleccionaron plantas homogéneas respecto a su tamaño y vitalidad.

Antes de realizar la plantación se hizo un control de malezas por medio de herbicida. Posteriormente la preparación del suelo consistió en realizar una casilla de plantación en forma manual de dimensiones 30x30x30 cm, a un distanciamiento de 2x1,5 metros.

Para la protección del ensayo contra el ataque de animales mayores se cercó todo su perímetro con una malla y además se protegió cada una de las plantas con malla tipo corrumet contra el daño de lagomorfos.

El lugar donde se encuentra el ensayo posee una topografía de lomaje suave, con pendiente de 8%. Para cosechar el agua de escurrimiento superficial se realizaron colectores en forma diagonal hacia los hoyos donde fueron colocadas las plantas. Según Marín¹, esto se realizó de forma que el colector que tiene cada individuo capte la misma o similar cantidad de agua que las plantas a su alrededor. La figura N° 2, muestra una vista general del sitio del ensayo.



Figura 2. Vista general del ensayo, predio en Alto Loica, Abril de 2006.

4.1.3 Aplicación de riego

La aplicación de riego se realizó durante el período estival, una vez al mes, posterior al establecimiento, en los meses de diciembre, enero y febrero, recibiendo cada planta la cantidad de cinco litros en cada oportunidad. Según Marín y Negrete², la dosis de riego se determinó de acuerdo a buenos resultados obtenidos en ensayos realizados anteriormente en el mismo sector. Además, la aplicación de esta dosis es muy práctica y es posible realizarla con un menor costo.

¹ Marín, J. CONAF Región Metropolitana. Comunicación personal. Octubre, 2006.

² Negrete, M. CONAF Melipilla. Comunicación personal. Septiembre, 2006.

Además del riego realizado, en el análisis de resultados se consideró el monto y distribución de las precipitaciones caídas durante el período del estudio (Ver anexo N° 1). Esto para ver si tienen alguna influencia mayor, debido a las variaciones que pudo presentar el clima durante el transcurso del análisis.

4.1.4 Aplicación de fertilizantes

Se realizó una fertilización con Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Boro (B). Ésta se aplicó directo en la casilla de plantación, al fondo, y se cubrió con una capa de tierra para que no quedara en contacto con las raíces. Se utilizaron dos dosis de fertilizantes, las cuales contenían los mismos productos, pero variaban en su cantidad.

Según Marín³, los productos y cantidad utilizada se establecieron de acuerdo a las deficiencias nutricionales determinadas por un análisis de suelo realizado en el sector (Ver anexo N° 2). Las dosis de fertilizantes y sus productos se detallan en el cuadro N° 2.

Cuadro 2. Cantidad de dosis y productos utilizados.

DOSIS FERTILIZANTE	CANTIDAD DOSIS (gramos)	PRODUCTO	CANTIDAD PRODUCTO (gramos)
Dosis 1	110	Urea	30
		Superfosfato Triple	30
		Sulfato de Potasio	30
		Boronato de Calcita	20
Dosis 2	170	Urea	60
		Superfosfato Triple	60
		Sulfato de Potasio	30
		Boronato de Calcita	20

4.1.5 Diseño experimental

Para el análisis del ensayo se planteó un diseño completamente al azar bifactorial de efectos fijos, con tres repeticiones y seis tratamientos distribuidos aleatoriamente ($2 \times 3 = 6$ tratamientos \times 3 repeticiones = 18 unidades muestrales), donde se evaluaron los tratamientos que combinan los testigos con dos niveles de fertilización y uno de riego. La combinación de los factores se muestra en el cuadro N° 3 y su distribución en la figura N° 3.

³ Marín, J. CONAF Región Metropolitana. Comunicación personal. Octubre, 2006.

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos utilizados para el ensayo de Riego y Fertilización de quillay.

TRATAMIENTOS	COMBINACIÓN DE FACTORES	FACTORES		
		RIEGO		FERTILIZACIÓN
		Frecuencia (días)	Cantidad (litros)	Producto/Dosis (gramos)
T ₀	R ₀ F ₀	Sin Riego	0	Sin Fertilizantes
T ₁	R ₁ F ₀	Cada 30	5	Sin Fertilizantes
T ₂	R ₀ F ₂	Sin Riego	0	Urea 60g Superfosfato Triple 60g Sulfato de Potasio 30g Boronato de Calcita 20g
T ₃	R ₁ F ₁	Cada 30	5	Urea 30g Superfosfato Triple 30g Sulfato de Potasio 30g Boronato de Calcita 20g
T ₄	R ₀ F ₁	Sin Riego	0	Urea 30g Superfosfato Triple 30g Sulfato de Potasio 30g Boronato de Calcita 20g
T ₅	R ₁ F ₂	Cada 30	5	Urea 60g Superfosfato Triple 60g Sulfato de Potasio 30g Boronato de Calcita 20g

Tratamientos en cada unidad muestral

(T ₀) R ₀ F ₀	(T ₅) R ₁ F ₂	(T ₂) R ₀ F ₂
(T ₁) R ₁ F ₀	(T ₄) R ₀ F ₁	(T ₄) R ₀ F ₁
(T ₂) R ₀ F ₂	(T ₃) R ₁ F ₁	(T ₀) R ₀ F ₀
(T ₃) R ₁ F ₁	(T ₀) R ₀ F ₀	(T ₅) R ₁ F ₂
(T ₄) R ₀ F ₁	(T ₂) R ₀ F ₂	(T ₃) R ₁ F ₁
(T ₅) R ₁ F ₂	(T ₁) R ₁ F ₀	(T ₁) R ₁ F ₀

Distribución espacial de las plantas

49	36	35	22	21	8	7
48	37	34	23	20	9	6
47	38	33	24	19	10	5
46	39	32	25	18	11	4
45	40	31	26	17	12	3
44	41	30	27	16	13	2
43	42	29	28	15	14	1

Plantas borde,
no medidas

Plantas medidas

Figura 3. Distribución espacial de los tratamientos y las plantas en cada uno de ellos.

Cada unidad muestral o parcela experimental tenía forma de cuadrado y estaba compuesta por 49 plantas, distribuidas en siete hileras, cada una con siete plantas, cubriendo una superficie aproximada de 108 metros cuadrados. De las 49 plantas solo se midieron 25, que corresponden a las plantas centrales de cada unidad muestral, dejando la hilera de los costados para posibles efectos de borde entre los tratamientos (Prado *et al.*, 1980).

El diseño estuvo formado por 18 unidades muestrales, obtenidas de la combinación de los testigos, los dos niveles de fertilización y uno de riego, además para cada uno de estos tratamientos se realizaron tres repeticiones.

4.2 Método

4.2.1 Periodicidad de las mediciones

Para la evaluación del estudio se realizaron tres mediciones, a partir de diciembre del año 2005 hasta septiembre del año 2006. Una inicial antes del período estival; la segunda después del período crítico de sobrevivencia y, una tercera después del período invernal.

Además de realizar controles de medición, se realizaron inspecciones con el fin de hacer una evaluación visual del estado en que se encontraba el ensayo, de modo de detectar oportunamente cualquier anomalía o causa de daño y mortalidad. Estos controles se realizaron antes del período de mediciones y entre cada uno de ellas.

4.2.2 Variables dependientes evaluadas

- 🌲 Sobrevivencia de las plantas: Se registraron las plantas visualmente muertas y se realizó una relación entre número de plantas vivas sobre el número total de plantas establecidas inicialmente en cada unidad muestral.
- 🌲 Altura de las plantas: Se determinó desde el suelo hasta el ápice a través del tallo principal, utilizando una vara metálica graduada en centímetros.

- 🌲 Diámetro a la altura del cuello de la planta (DAC): Se midió a nivel del suelo utilizando un pie de metro graduado en décimas de milímetro.
- 🌲 Calidad de la planta: Se utilizó el método efectuado por Lewin (2003), donde se registró a simple vista, dependiendo de características de color, estado fitosanitario y vigor que presenta la planta. Estas características se analizaron bajo una escala de cero a dos, siendo el cero una planta muerta (Figura 4a y 4b), el uno una planta de mala calidad, con escaso desarrollo del follaje, marchita y con aparente daño (Figura 4c y 4d), y el dos una planta de buena calidad que no presenta daño, posee abundante follaje y de color verde intenso (Figura 4e). Además de los atributos físicos medidos en la escala propuesta, se consideraron las variables altura y DAC para efectuar el análisis de su relación, asimismo se realizó el cálculo índice de biomasa para determinar el volumen de las plantas. Esto debido a que las variables morfológicas de una planta son un buen predictor de su comportamiento.

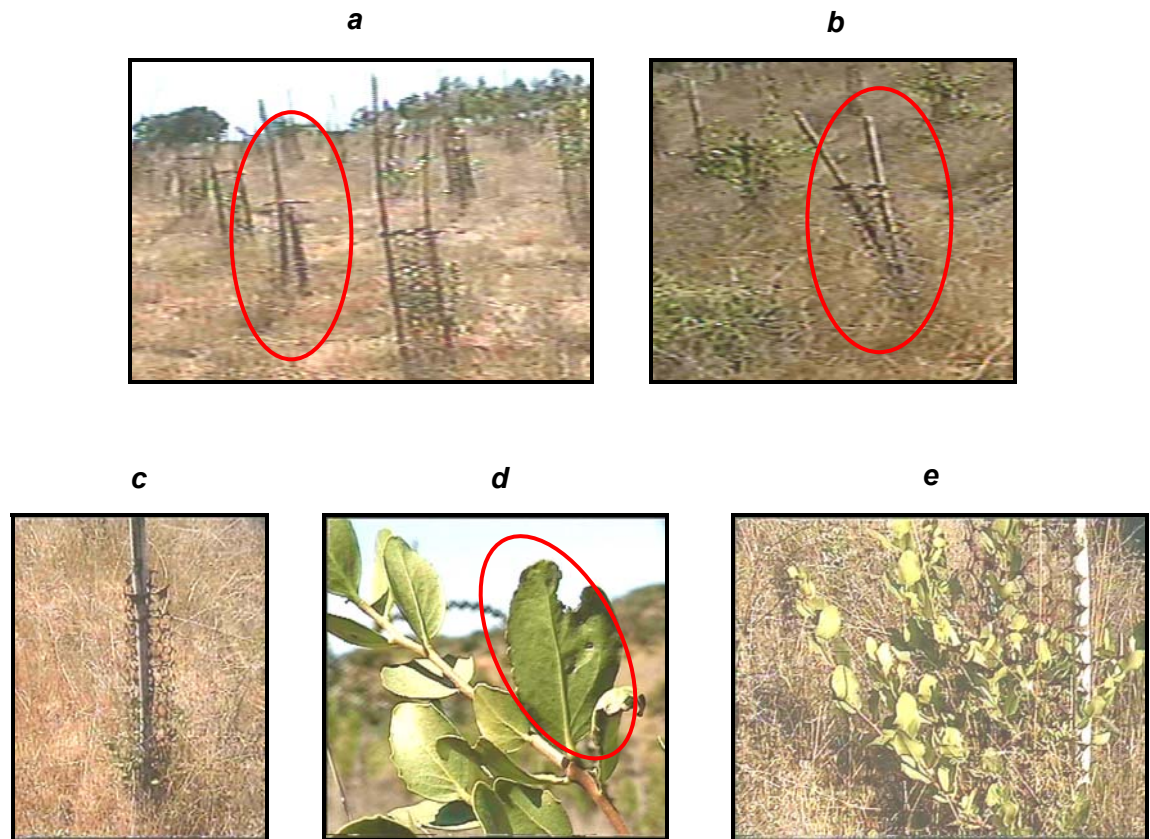


Figura 4. Calidad de la planta. *a* y *b*: Plantas muertas, calidad 0. *c* y *d*: Plantas con escaso desarrollo de follaje y aparente daño, calidad 1. *e*: Planta con abundante follaje, calidad 2.

4.2.3 Análisis estadístico

Para analizar el efecto de los factores de fertilización y riego sobre las distintas variables a medir y su interacción se utilizó el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 2x3 factores de efectos fijos. El parámetro de efectos fijos se considera debido a que los niveles de cada factor se seleccionaron de antemano y no al azar^{4 5}.

Este tipo de análisis permite un estudio de la interacción entre los factores, todas las observaciones pueden ser usadas para investigar los efectos de cada uno de los factores y las conclusiones alcanzadas tienen una aplicación más amplia debido a que el comportamiento de cada factor es estudiado variando las combinaciones de los niveles de los otros factores (Canavos, 1988).

El modelo estadístico Diseño completamente al azar bifactorial de efectos fijos con tres repeticiones es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde,

Y_{ijk} = es una observación cualquiera de la respuesta para el tratamiento.

i = corresponde al nivel de dosis de riego, $i = 1, 2$.

j = corresponde al nivel de dosis de fertilizante, $j = 1, 2, 3$.

k = corresponde a la repetición de la combinación de los tratamientos, $k = 1, 2, 3$.

μ = es la media global.

α_i = es el efecto principal causado por el i -ésimo nivel de dosis de riego.

β_j = es el efecto principal causado por el j -ésimo nivel de dosis de fertilizante.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = es la interacción del i -ésimo nivel de riego y el j -ésimo nivel de fertilizante.

ε_{ijk} = es el error aleatorio para los tratamientos.

Para poder determinar cual de los tratamientos es el que obtiene mejores resultados, a las variables registradas en cada una de las mediciones se les calculó el

⁴ Mora, S. Académico Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Comunicación personal. Septiembre, 2006.

⁵ Mansilla, A. Académico Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Producción Animal. Comunicación personal. Noviembre, 2005.

incremento y los promedios por tratamientos fueron sometidos a un Análisis de Varianza (ANDEVA), con nivel de significación del 5%. A los tratamientos que presentaron diferencias significativas entre las medias se les aplicó el procedimiento de prueba de comparaciones múltiples de Scheffé, para un 95% de confianza (Canavos, 1988).

Para el caso de las variables sobrevivencia y calidad de la planta, que por presentarse en términos porcentuales se debió realizar previo al análisis de varianza la transformación del arco seno o angular.

La selección de las plantas utilizadas en el ensayo se realizó buscando la mayor homogeneidad respecto a su tamaño y vitalidad. Sin embargo, no existe un registro de estas mediciones iniciales⁶⁷. Es por esta razón, que no es posible realizar un análisis de covarianza para ver la existencia de una relación entre el tamaño inicial de las plantas y la respuesta a los tratamientos. No obstante, considerando la homogeneidad de selección, no se deberían obtener diferencias significativas de crecimiento, producto de los tamaños iniciales de las plantas que puedan afectar los resultados obtenidos en este estudio.

⁶ Marín, J. CONAF Región Metropolitana. Comunicación personal. Octubre, 2006.

⁷ Negrete, M. CONAF Melipilla. Comunicación personal. Septiembre, 2006.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Resultados generales obtenidos en sobrevivencia y crecimiento de las plantas

La sobrevivencia, incrementos medios en altura y diámetro a la altura del cuello, alcanzados en el período de estudio debido al riego y fertilización realizados, se entregan en el cuadro N° 4.

Cuadro 4. Sobrevivencia e incrementos medios en altura y diámetro a la altura del cuello.

TRATAMIENTO	COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS		SOBREVIVENCIA (%) MEDIA	INCREMENTOS MEDIOS	
	RIEGO	FERTILIZACIÓN		ALTURA (cm/período)	DAC (mm/período)
T ₀	R ₀	F ₀	97,3	13,5	4,2
T ₄	R ₀	F ₁	91,1	18,9	4,0
T ₂	R ₀	F ₂	88,9	16,2	3,5
T ₁	R ₁	F ₀	97,8	22,0	3,9
T ₃	R ₁	F ₁	97,8	23,9	4,9
T ₅	R ₁	F ₂	97,8	19,9	3,6
Promedio total para cada variable			95,1	19,1	4,0

5.1.1 Sobrevivencia

Los resultados obtenidos del análisis de varianza entre los niveles de cada factor y combinación de tratamientos para el ensayo se entregan en el apéndice N° 1.1.

5.1.1.1 Factor Riego

Al analizar el factor riego, según el análisis de varianza, se determinó que entre R₀ y R₁, existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos que afectarían la sobrevivencia del quillay. Los resultados del análisis de contrastes múltiples de media se entregan en el apéndice N° 1.2. La figura N° 5, presenta la sobrevivencia media obtenida en el período para el factor riego propuesto.

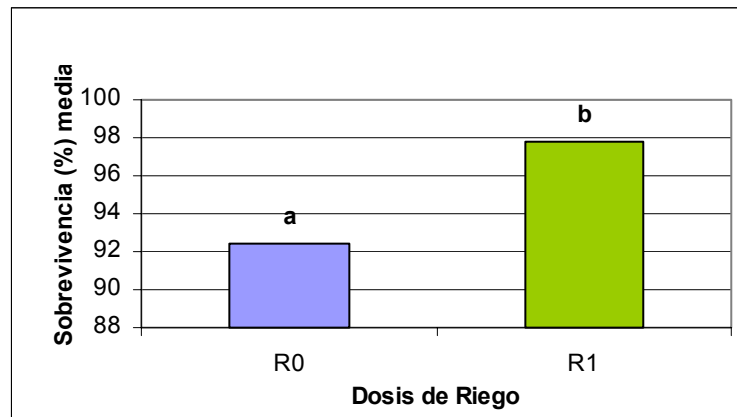


Figura 5. Sobrevivencia (%) media para el factor riego. Las letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

En la figura N° 5, se observa una diferencia entre las opciones de aplicar o no riego. De acuerdo a estos resultados, el menor valor de sobrevivencia se obtuvo sin riego con un 92,4%, en cambio el mayor porcentaje se obtuvo aplicando riego con un 97,8%.

En general, se puede considerar que la sobrevivencia es bastante alta, debido a que se obtuvieron valores sin riego superiores al 90%. Esto indica que la especie puede sobrevivir sin necesidad de recibir riego. Además, se pudo determinar una relación entre sobrevivencia y la distribución de las precipitaciones, observándose que a medida que disminuyen las precipitaciones la mortalidad de las plantas aumenta intensificándose en el período de sequía y haciéndose más efectiva en aquellos tratamientos que no recibieron riego (ver figura N° 6).

En relación con estos resultados, Ezquerria (2003), indica que la sobrevivencia se ve claramente influenciada según las cantidades de agua recibida por planta, por lo tanto a mayor cantidad de agua, mayor porcentaje de sobrevivencia, o al menos, al aplicar riego, se obtienen mejores porcentajes que al no aplicar.

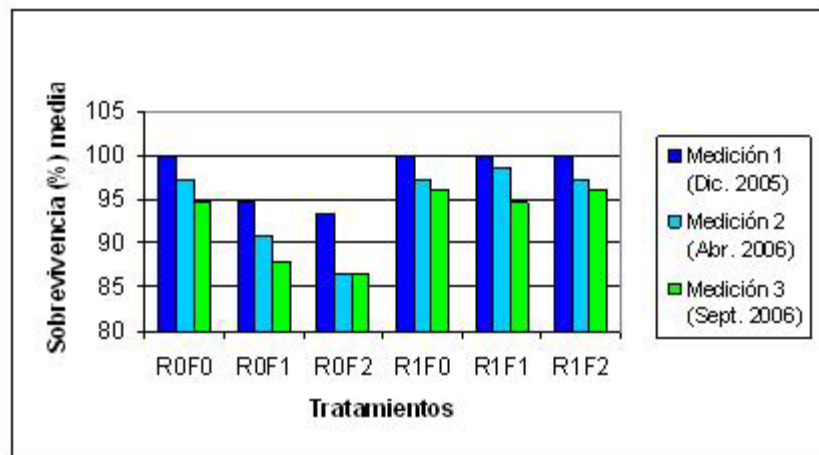


Figura 6. Sobrevivencia (%) media en cada medición según tratamiento.

Los resultados observados en la figura N° 6 indican que en ausencia de riego a mayor dosis de fertilizante la sobrevivencia disminuye. En cambio, al existir riego los niveles de sobrevivencia permanecen relativamente constantes en todas las dosis de fertilización.

Si bien, con este ensayo se pudo establecer que al aplicar riego se obtienen mejores resultados de sobrevivencia, de acuerdo a la dosis de 5 litros/planta establecida por Benedetti *et al.* (2000), en período estival para los primeros años, no se puede establecer si realmente es la dosis necesaria, ya que esto va a depender del comportamiento lluvioso del año. Tampoco se puede establecer hasta qué nivel de dosis de riego se mantendría el aumento en el porcentaje de sobrevivencia. De acuerdo a esto, Cruz (2001), evaluó distintos niveles de riego en la VI Región, utilizando una cantidad de riego máxima de 64 litros/planta/mes, indicada para satisfacer el 100% de los requerimientos hídricos de la planta.

Sin embargo, según Marín⁸ se han realizado estudios de riego que indican un aumento de sobrevivencia al aplicar un riego de hasta 6 litros/planta/mes en período seco. Sin embargo, al evaluar entre 6 y 10 litros no hay una diferencia significativa. Esto indica que 6 litros/planta/mes podría ser una dosis adecuada para obtener buenos resultados en condiciones en que no es posible por razones económicas aplicar una dosis mayor.

⁸ Marín, J. 2007. CONAF Metropolitana. Comunicación personal. Agosto 2007.

5.1.1.2 Factor Fertilización

Al analizar el factor fertilización, según el análisis de varianza, se determinó que entre F_0 , F_1 y F_2 , no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos que afectaran la sobrevivencia del quillay. La figura N° 7, entrega el análisis de los resultados obtenidos en sobrevivencia según las dosis de fertilizantes aplicadas.

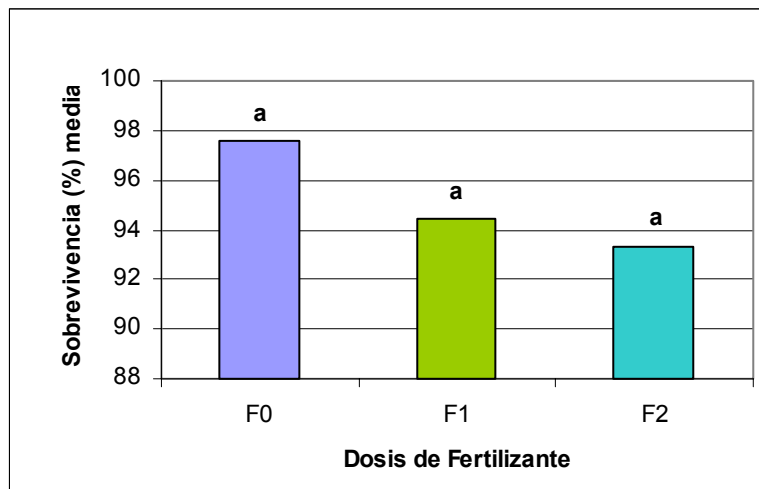


Figura 7. Sobrevivencia (%) media para el factor fertilización. Las letras iguales indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

Según la figura anterior, a pesar de no existir una diferencia estadísticamente significativa, sí existen variaciones entre las diferentes dosis de fertilizante. De acuerdo a esto, aquellos tratamientos sin fertilización, obtuvieron mayor sobrevivencia, con un máximo de 97,6%, en cambio, los tratamientos donde se aplicó la mayor dosis, presentaron el valor más bajo de sobrevivencia, con un mínimo de 93,3% para F_2 .

Para este caso, si bien se realizó un control de malezas antes de la plantación, este no volvió a repetirse, alcanzando las malezas un gran desarrollo, que incluso dificultó la medición de las plantas. Esto, explica la disminución de la sobrevivencia a mayor dosis de fertilizante. Según estos resultados, la fertilización no afecta positivamente a la sobrevivencia, si no es aplicada con un constante control en la competencia.

Estos mismos resultados presentaron Ezquerria (2003), Malfanti (2004) y Cerda (2006), para quillay en la Comuna de San Pedro, donde el testigo obtuvo la mayor

sobrevivencia. Esto se atribuyó a la falta de un control permanente de la competencia, la cual tuvo un mayor crecimiento producto de la fertilización. Por esta razón, es necesario realizar trabajos de control de competencia permanentemente, ya que de lo contrario se dificulta o impide determinar el efecto de fertilización.

5.1.1.3 Interacción de Factores

Los resultados que entregó el análisis de varianza indican, que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos de riego y fertilización que afectaran la sobrevivencia del quillay. Esto indica, que no existió interacción entre los factores de riego y fertilización, y el efecto de un factor no fue diferente para los distintos niveles del otro factor. A continuación se entrega el análisis de los resultados obtenidos según los tratamientos aplicados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro N° 4, se puede observar que el mayor porcentaje de sobrevivencia se obtuvo con las combinaciones que presentan riego. Esto indica la importancia de su aplicación, obteniéndose un máximo de 97,8% de sobrevivencia, y un mínimo de 88,9% con el tratamiento que posee el mayor nivel de fertilizante y sin riego.

Los resultados indican que las menores sobrevivencias la obtuvieron los tratamientos R_0F_2 y R_0F_1 , ambos sin riego y con fertilización. Según esto, la sobrevivencia y la eficiencia de la fertilización están condicionadas por el riego y cada nivel de fertilización requiere un nivel de riego adecuado para obtener buenos resultados. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Ezquerro (2003), donde al aplicar fertilización, en ausencia de riego, se obtuvieron los menores porcentajes de sobrevivencia. Esto indica que si se aplica fertilización y no se riega, se obtendrán malos resultados en sobrevivencia y, al seguir aumentando la dosis de fertilizante, el porcentaje disminuye aún más. Esto explica una posible toxicidad del fertilizante, afectando la sobrevivencia cuando no existe riego. Igualmente, Cerda (2006), establece que, en quillay la mejor sobrevivencia se produce con el tratamiento que no aplica fertilizante, mientras que la peor, se obtiene con el tratamiento de mayor dosis de fertilizante.

En general estos efectos son los mismos que se han obtenido en otras especies. González (1994) y Salamé (2001), evaluaron *Eucalyptus globulus* en la VII Región, y establecieron que la sobrevivencia de las plantas, si bien es cierto se ve favorecida con la aplicación de fertilizantes, no es la práctica que asegure por si sola la obtención de un alto valor en sobrevivencia y se obtienen mejores resultados si se aplica riego.

Los resultados mencionados se pueden observar gráficamente en la figura N° 8.

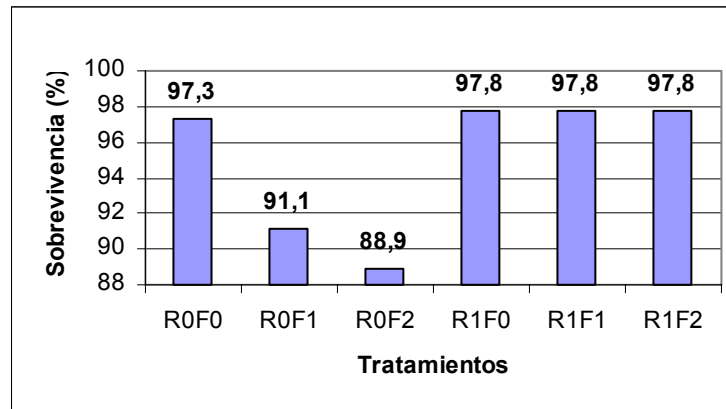


Figura 8. Sobrevivencia (%) media según los tratamientos aplicados.

En la figura N° 9, se muestra el comportamiento de la sobrevivencia para cada dosis de riego bajo las diferentes dosis de fertilizante.

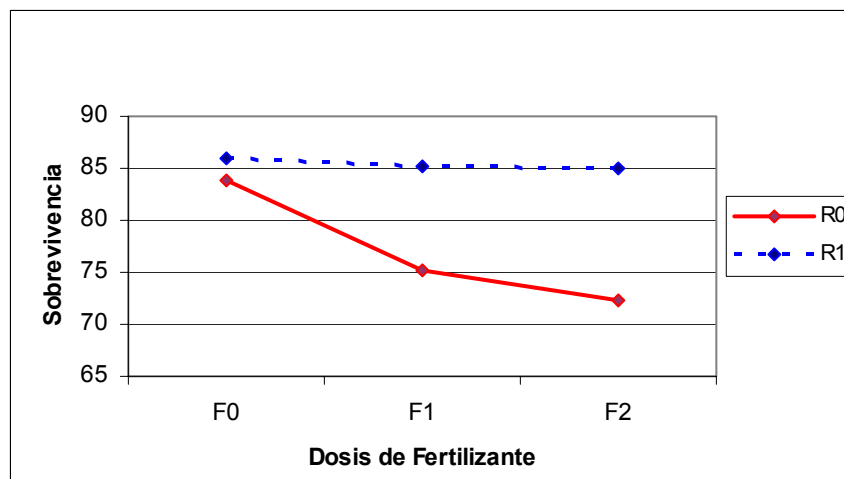


Figura 9. Sobrevivencia media obtenida para la interacción de factores.

En la figura N° 9, se observa que la curva R₀ tiene una fuerte disminución de la sobrevivencia al aumentar la fertilización, indicando que los tratamientos que solo se

fertilizaron presentaron las sobrevivencias más bajas y aquel que no recibió fertilización obtuvo el mayor nivel de sobrevivencia. Sin embargo, los resultados obtenidos sin riego, están por debajo de los conseguidos al aplicar riego (R_1), donde se mantiene relativamente constante el nivel de sobrevivencia en los distintos niveles de fertilización. No obstante, se puede observar un mínimo descenso en la curva, lo que podría indicar que para estos niveles de fertilización es necesario aumentar el nivel de riego. En la figura N° 10, se muestra la sobrevivencia media para cada nivel de fertilización bajo las dosis de riego.

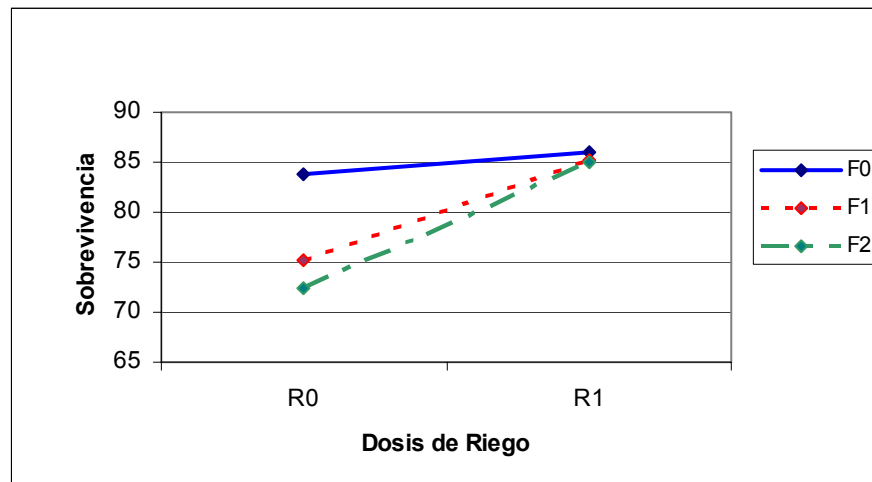


Figura 10. Sobrevivencia media obtenida para la interacción de factores.

En la figura N° 10, se observa que en las tres curvas aumentan su porcentaje de sobrevivencia al aplicar riego. Sin embargo, a pesar de llegar a un nivel similar, la curva F_0 aumenta en forma menos considerable que las otras dos, las cuales se incrementan en forma más rápida.

5.1.2 Altura

Los resultados obtenidos del análisis de varianza entre los niveles de cada factor y combinación de tratamientos para el ensayo se entregan en el apéndice N° 2.1.

5.1.2.1 Factor Riego

Al analizar el factor riego, según el análisis de varianza, se determinó que entre R_0 y R_1 , existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de

los tratamientos que afectaran el incremento en altura del quillay. Los resultados del análisis de contrastes múltiples de media se entregan en el apéndice N° 2.2. La figura N° 11, muestra el incremento en altura de cada dosis de riego.

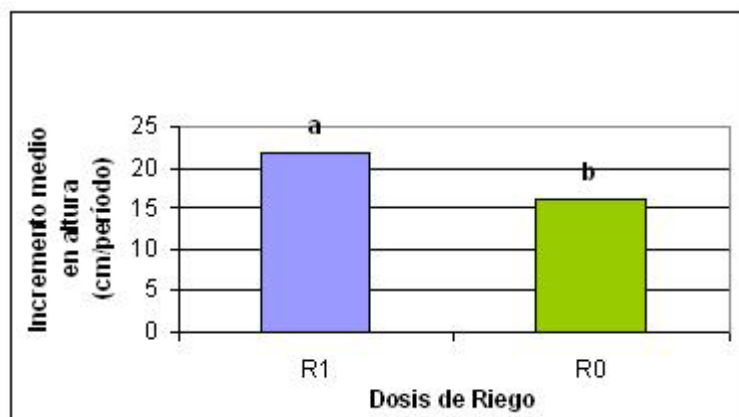


Figura 11. Incremento medio en altura para el factor riego. Las letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

En la figura N° 11, se observa entre las dosis de riego una diferencia entre las opciones de aplicar o no riego. De acuerdo a esto, las unidades experimentales que se regaron, obtuvieron un mayor incremento en altura, alcanzando un máximo de 22 cm. Lo contrario ocurre con aquellas unidades que no recibieron riego, obteniéndose un mínimo de 16,2 cm, demostrándose así, que el riego produjo un efecto positivo en el incremento de la altura. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Ezquerra (2003), donde los tratamientos sometidos a riego se situaron dentro de la media superior de incremento en altura. En cambio, los que no fueron sometidos a riego se situaron dentro de la media inferior. Malfanti (2004), indica que a pesar de no tener diferencias significativas, si se obtuvieron diferencias relativas, donde los tratamientos con riego obtuvieron los mayores resultados de incremento en altura.

5.1.2.2 Factor Fertilización

Al analizar el factor fertilización, según el análisis de varianza, se determinó que entre F_0 , F_1 y F_2 , existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos que afectaran el incremento en altura del quillay. Los resultados del análisis de contrastes múltiples de media se entregan en el apéndice N° 2.3. La figura N° 12, muestra el incremento medio en altura para el factor fertilización diferenciándose significativamente los niveles de dosis propuestos.

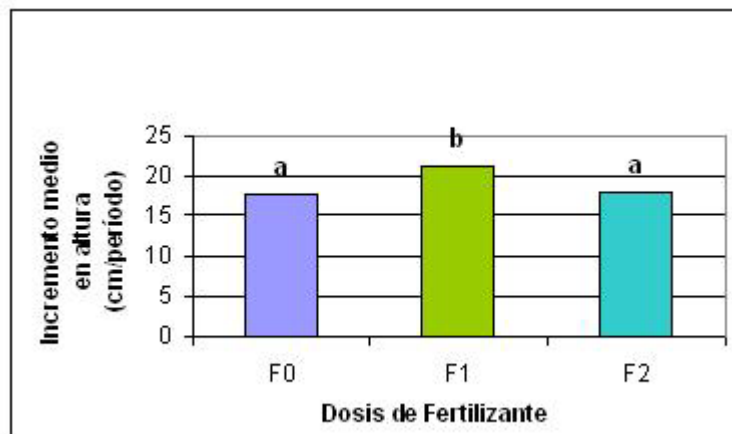


Figura 12. Incremento medio en altura para el factor fertilización. Las letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

En la figura anterior, se observa que el menor incremento se obtuvo al no aplicar fertilización, con un valor de 17,7 cm, diferenciándose significativamente con el mayor incremento medio de la dosis 1, la cual alcanzó 21,4 cm de altura. Sin embargo, entre aplicar dosis 2 y no aplicar no hay diferencia significativa. Además, es posible observar una respuesta decreciente entre la dosis 1 y dosis 2, indicando que la dosis 2 es demasiado alta para la planta, ya que reduce su eficacia disminuyendo el crecimiento en altura.

Estos resultados concuerdan con los encontrados por Cerda (2006). Este autor explica que en quillay el máximo incremento medio en altura no se consigue con la dosis máxima de fertilizante, sino con la mínima, la cual era similar a la dosis 1. Sin embargo, también obtuvo un menor incremento medio de altura con el tratamiento testigo, al cual no se le aplicó fertilizante.

Ezquerria (2003) y Malfanti (2004), no tuvieron una tendencia clara para la fertilización, por lo que no pudieron realizar un análisis de sus resultados. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio coinciden con los registrados por otras especies. De acuerdo a esto, Salamé (2001), observó una disminución en el incremento promedio en la altura al aumentar la dosis de fertilizante en *Eucalyptus globulus* en la VII Región, concluyendo que este resultado fue provocado por un abastecimiento excesivo de nutrientes con consecuencias tóxicas. Estos mismos resultados obtuvo Vergara (2004), en *Eucalyptus gunnii*, donde observa que a medida que disminuyó la dosis de fertilizante,

aumentó el incremento promedio en la altura, lo que indica que las dosis fueron mayores a las requeridas por las plantas. Además, el mayor incremento medio en altura lo obtuvo al fertilizar con la menor dosis y el menor incremento al no fertilizar. Esto indica que el incremento medio en altura respondió positivamente a la fertilización.

5.1.2.3 Interacción de Factores

Los resultados que entregó el análisis de varianza indican, que existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos de riego y fertilización que afectaran el incremento en altura del quillay. Esto indica, que existió interacción entre los factores de riego y fertilización, y el efecto de un factor fue diferente para los distintos niveles del otro factor. Los resultados del análisis de contrastes múltiples de media se entregan en el apéndice N° 2.4.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro N° 4, se puede observar que el mayor incremento medio en altura se obtuvo con aquellos tratamientos que presentan riego, indicando la importancia de su aplicación. De acuerdo a estos resultados, el mayor incremento medio de altura se obtuvo con el tratamiento R_1F_1 , con un valor de 23,9 cm, y el menor incremento medio se obtuvo en el tratamiento R_0F_0 , obteniéndose como resultado un incremento medio en altura de 13,5 cm.

Estos mismos resultados obtuvo Ezquerria (2003), donde los mejores tratamientos fueron F_1R_1 , seguido por F_0R_1 . Sin embargo, sus valores de incremento en altura eran menores que los obtenidos en este ensayo, esta diferencia pudo deberse a que el estudio mencionado además tenía un factor adicional de técnicas de plantación, lo que podría haber condicionado su crecimiento.

Por otro lado, también se observó que todos los tratamientos que recibieron riego presentaron los valores más altos en incremento de altura, esto independiente del nivel de fertilizante. Sin embargo, cabe destacar que el mayor incremento lo obtuvo aquel con dosis 1 de fertilización. Los resultados mencionados se pueden observar gráficamente en la figura N° 13.

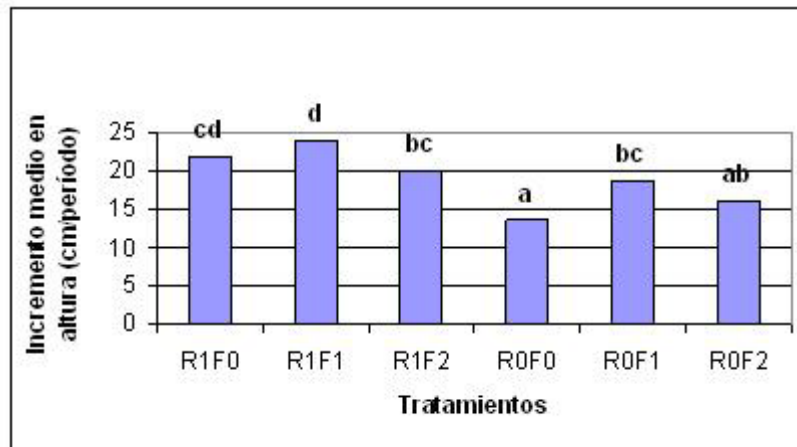


Figura 13. Incremento medio en altura según los tratamientos aplicados. Las letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

En la figura N° 14, se muestra el comportamiento del incremento medio en altura para cada dosis de riego bajo las diferentes dosis de fertilizante.

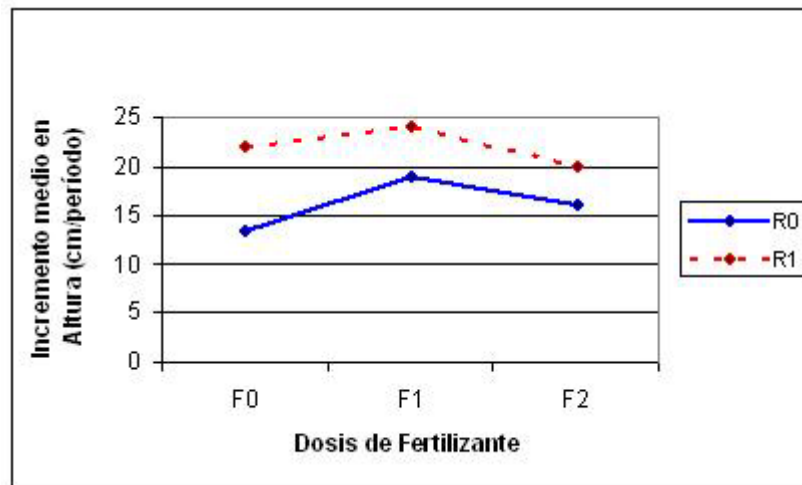


Figura 14. Incremento medio en altura para la interacción de factores.

En la figura N° 14, la curva R_0 muestra un aumento en el incremento medio en altura en forma considerable al aumentar la fertilización, en relación al tratamiento donde no se aplicó y alcanza su nivel más alto con la dosis 1 de fertilizante. Sin embargo, a medida que sigue aumentando la fertilización, los incrementos en altura disminuyen, indicando que esta dosis es demasiado alta para las necesidades de las plantas. La curva R_1 , en todo momento es superior a R_0 , y obtuvo el mismo comportamiento a medida que aumenta el nivel de fertilizante. En la figura N° 15, se muestra el comportamiento del

incremento medio en altura para cada dosis de fertilizante bajo las diferentes dosis de riego.

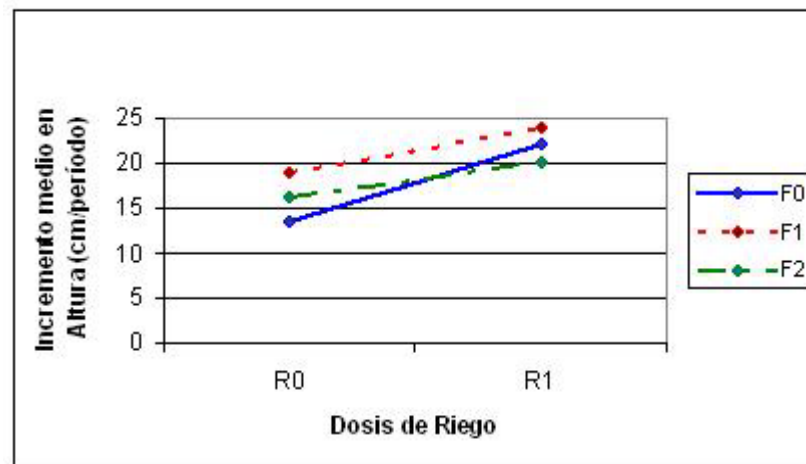


Figura 15. Incremento medio en altura para la interacción de factores.

Según la figura N° 15, todas las dosis de fertilizante incrementan el crecimiento en altura a medida que se aplica riego. Sin embargo, llega un momento en que la dosis 2, es superada por aquella sin fertilización. Según esto, se podría pensar que al aumentar aún más el nivel de riego no sería necesario aplicar fertilización para obtener mejores incrementos en altura.

Sin embargo, con las dosis presentes en este estudio, se puede decir que la fertilización es un factor importante en el incremento de altura de las plantas. Esto, debido a que los resultados obtenidos al aplicar fertilización están por sobre los alcanzados al no aplicar ningún tipo de dosis. Sin embargo, si la dosis es excesiva los resultados son desfavorables. Estos mismos resultados se observaron en los estudios realizados por Vergara (2004), en *Eucalyptus gunnii* y por Salamé (2001), en *Eucalyptus globulus*, donde señalan que al aplicar una dosis mayor a la requerida por la planta, ésta disminuye su crecimiento o causa su muerte.

5.1.3 Diámetro a la altura del cuello (DAC)

Los resultados obtenidos del análisis de varianza entre los niveles de cada factor y combinación de tratamientos para el ensayo se entregan en el apéndice N° 3.1.

5.1.3.1 Factor Riego

Al analizar el factor riego, según el análisis de varianza, se determinó que entre R_0 y R_1 , no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos que afectaran el incremento del DAC del quillay. A continuación se entrega el análisis de los resultados obtenidos según las dosis de riego aplicadas. La figura N° 16, muestra el incremento medio en DAC para cada nivel de riego.

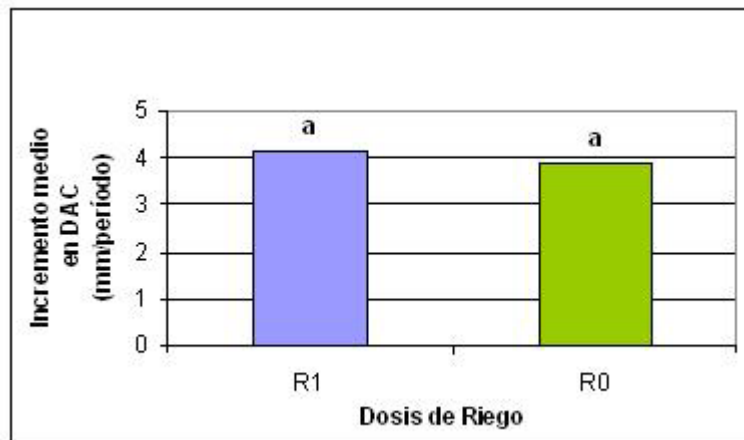


Figura 16. Incremento medio en DAC para el factor riego. Las letras iguales indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

Según la figura N° 16, si bien las diferencias son mínimas, ocurre un mayor incremento medio en DAC al aplicar riego, obteniéndose un máximo de 4,1 mm, lo contrario sin riego con un mínimo de 3,9 mm. Esto indica una relación positiva entre el riego y el crecimiento en el diámetro de cuello. Ezquerra (2003), obtuvo resultados similares, indicando que aquellas unidades experimentales que recibieron riego alcanzaron valores superiores a las no regadas.

5.1.3.2 Factor Fertilización

Al analizar el factor fertilización, según el análisis de varianza, se determinó que entre F_0 , F_1 y F_2 , no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos que afectaran el incremento en DAC del quillay. A continuación se entrega el análisis de los resultados obtenidos según las dosis de fertilizante aplicadas. La figura N° 17, muestra el incremento medio en DAC para cada nivel de fertilizante.

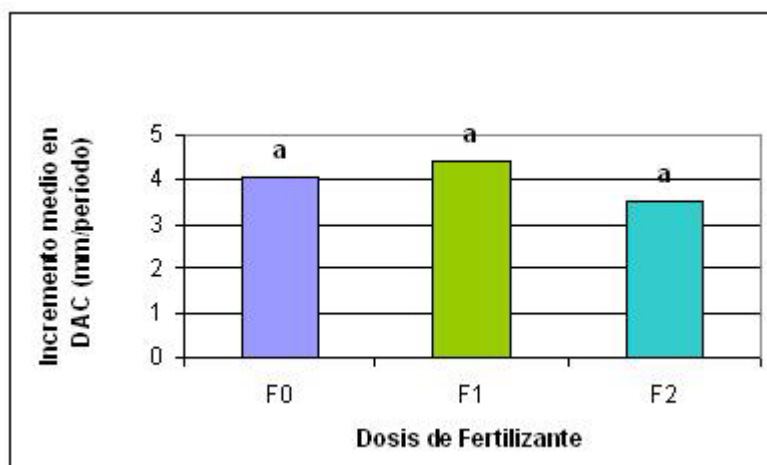


Figura 17. Incremento medio en DAC para el factor fertilizante. Las letras iguales indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

De acuerdo a la figura N° 17, si bien las diferencias son mínimas ocurre un mayor incremento medio en DAC al aplicar fertilizante dosis 1, obteniéndose un máximo de 4,4 mm, lo contrario ocurre al aplicar dosis 2 obteniéndose un mínimo de 3,5 mm. Esto indica que al aplicar fertilizante se produce un efecto positivo en el incremento de DAC, pero solo hasta cierto nivel, siendo la dosis 2 muy elevada y otorgando efectos negativos al crecimiento de las plantas.

La bibliografía consultada tampoco hace referencia a diferencias significativas en los tratamientos de fertilización. Sin embargo, los resultados obtenidos en este estudio coincide con los de otras especies como es el caso de Salamé (2001), con *Eucalyptus globulus* y Vergara (2004), con *Eucalyptus gunnii*, donde las plantas fertilizadas superaron en incremento a las no fertilizadas, observándose un aumento del incremento a medida que aumentó la dosis. Sin embargo, éste disminuyó al aumentar la dosis de cierto nivel.

5.1.3.3 Interacción de Factores

Los resultados que entregó el análisis de varianza indican, que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), entre las medias de los tratamientos de riego y fertilización que afectarían el incremento en DAC del quillay. Esto indica, que no existió interacción entre los factores de riego y fertilización, y el efecto de un factor no fue diferente para los distintos niveles del otro factor. A continuación se entrega el análisis de los resultados obtenidos según los tratamientos aplicados.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el cuadro N° 4, se puede observar que el mayor porcentaje de incremento medio en DAC se obtuvo con la combinación que presenta riego y fertilizante dosis 1, alcanzando un incremento de 4,9 mm, en cambio el menor incremento medio lo obtuvo la combinación sin riego y fertilizante dosis 2, con un incremento de 3,5 mm. La figura N° 18, presenta el incremento medio en DAC para cada tratamiento.

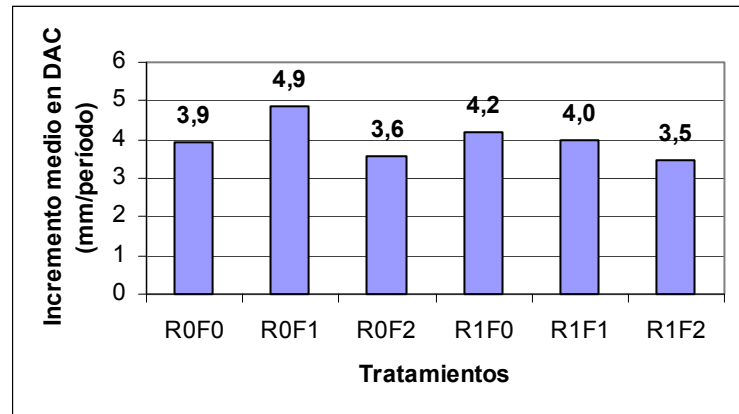


Figura 18. Incremento medio en DAC según los tratamientos aplicados.

De la figura N° 18 se puede concluir que, la mayor dosis de fertilizante hace disminuir el incremento medio en DAC, inclusive al aplicar riego. Esto de acuerdo a los tratamientos que obtuvieron menor incremento tales como R_0F_2 y R_1F_2 , con resultados incluso menores al testigo. En cambio, al aplicar riego con la fertilización dosis 1 los incrementos aumentan considerablemente obteniendo los mejores resultados en R_1F_1 . En la figura N° 19, se muestra el comportamiento del incremento en DAC para cada dosis de riego bajo las diferentes dosis de fertilizante.

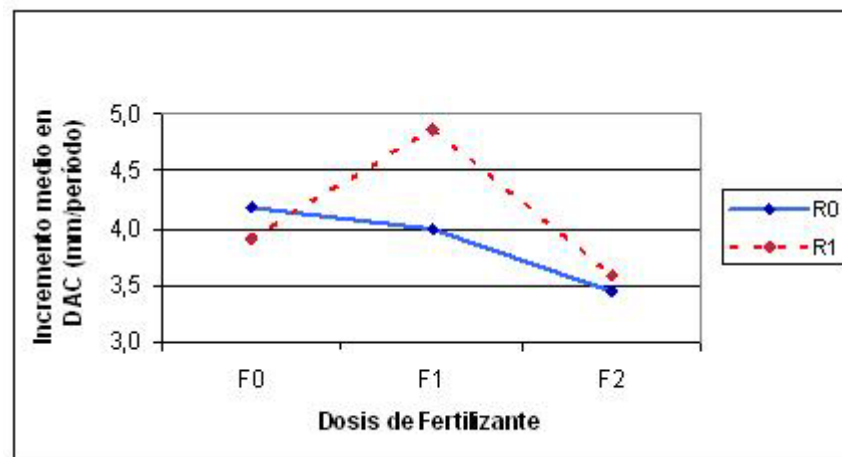


Figura 19. Incremento medio en DAC obtenido para la interacción de factores.

En la figura N° 19, la curva R₀ muestra que cualquier dosis de fertilización que se emplee es perjudicial para el incremento en DAC si no se aplica conjuntamente con riego. En cambio, para la curva R₁, se obtiene un notable incremento en del DAC al aplicar fertilizante dosis 1. Sin embargo, esta eficacia disminuye casi al mismo nivel que sin riego al aumentar a la dosis 2 de fertilización

En general, se observó que los tratamientos donde sólo se fertilizó con la menor dosis, presentaron los incrementos medios de DAC más altos. En cambio, para la curva R₁, se observó un notorio descenso en el incremento a medida que aumentó a dosis 2 de fertilizante. En la figura N° 20, se muestra el comportamiento del incremento en DAC para cada dosis de fertilización bajo las diferentes dosis de riego.

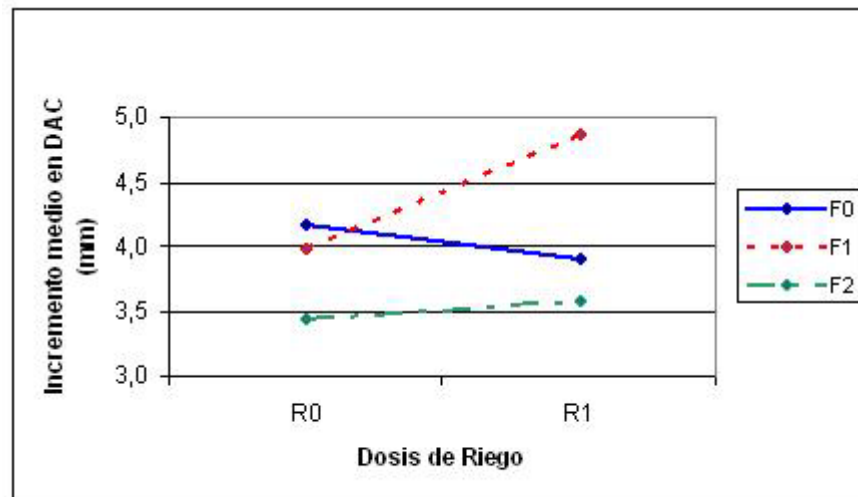


Figura 20. Incremento medio en DAC obtenido para la interacción de factores.

Según la figura N° 20, al no aplicar fertilizante F₀ el incremento en DAC disminuye a medida que se aplica riego, lo contrario ocurre con la curva F₁, donde si aplicamos riego el incremento en DAC aumenta. La curva de fertilizante dosis 2 en todo momento es inferior en relación a las otras. Además, se observó que, para F₀ y F₂ el incremento medio del DAC fue notablemente menor en comparación a F₁.

5.1.4 Calidad de la planta

La evaluación de la variable calidad de la planta se realizó de acuerdo a la escala de medición ya definida (0, 1 y 2), a través de la relación DAC/altura y el cálculo del índice de biomasa.

5.1.4.1 Calidad de la planta según escala de medición

A continuación se entregan los resultados obtenidos al realizar el análisis de calidad de la planta según la escala de medición.

Cuadro 5. Porcentaje de plantas obtenido para cada tratamiento según la escala de medición.

Tratamiento	Escala	% de plantas Medición 1	% de plantas Medición 2	% de plantas Medición 3
R ₀ F ₀	0	0,0	2,7	5,3
	1	81,3	33,3	24,0
	2	18,7	65,3	70,7
R ₀ F ₁	0	5,3	9,3	12,0
	1	69,3	25,3	18,7
	2	25,3	65,3	69,3
R ₀ F ₂	0	8,0	13,3	13,3
	1	85,3	48,0	22,7
	2	6,7	38,7	64,0
R ₁ F ₀	0	0,0	2,7	4,0
	1	56,0	58,7	38,7
	2	44,0	38,7	57,3
R ₁ F ₁	0	0,0	1,3	5,3
	1	85,3	41,3	24,0
	2	14,7	57,3	70,7
R ₁ F ₂	0	0,0	2,7	5,3
	1	76,0	46,7	36,0
	2	24,0	50,7	58,7

El análisis del cuadro N° 5, indica que en la primera medición todos los tratamientos tuvieron un alto porcentaje de plantas correspondientes a la calidad 1. Sin embargo, el tratamiento R₀F₂ presentó un 8,0% de mortalidad, esto ocurrió porque la primera medición no se realizó inmediatamente después de la plantación. Durante la segunda y tercera medición, todos los tratamientos aumentaron su calidad a 2, debido al incremento obtenido en diámetro y en biomasa. A pesar que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos es posible observar que los mejores resultados lo obtuvieron los tratamientos R₀F₀ y R₁F₁. (Ver análisis de varianza en apéndice N° 4.1).

5.1.4.2 Calidad de la planta mediante las variables DAC y altura

En el cuadro N° 6 se entregan los resultados de la relación DAC/altura para el período de medición.

Cuadro 6. Relación DAC/altura para cada tratamiento en el período de medición.

Tratamiento	Variable	Medición		
		1 ^a	2 ^a	3 ^a
R ₀ F ₀	DAC (mm)	5,5	7,6	9,6
	Altura (cm)	62,3	68,0	75,8
	Relación DAC/Altura	0,1	0,1	0,1
R ₀ F ₁	DAC (mm)	5,6	7,5	9,6
	Altura (cm)	57,6	67,1	76,5
	Relación DAC/Altura	0,1	0,1	0,1
R ₀ F ₂	DAC (mm)	5,1	7,2	8,6
	Altura (cm)	51,2	59,5	67,4
	Relación DAC/Altura	0,1	0,1	0,1
R ₁ F ₀	DAC (mm)	4,4	6,3	8,3
	Altura (cm)	63,0	74,0	84,9
	Relación DAC/Altura	0,1	0,1	0,1
R ₁ F ₁	DAC (mm)	5,0	7,5	9,9
	Altura (cm)	60,4	71,6	84,4
	Relación DAC/Altura	0,1	0,1	0,1
R ₁ F ₂	DAC (mm)	5,0	6,6	8,6
	Altura (cm)	61,7	71,3	81,7
	Relación DAC/Altura	0,1	0,1	0,1

Según el cuadro N° 6 los resultados obtenidos de la relación DAC/altura, indican que si bien existen algunas diferencias en el crecimiento de altura y DAC para los distintos tratamientos, estas no son suficientes para establecer distintas calidades de plantas por lo que todas quedan clasificadas en el mismo rango. De acuerdo a esto, Viel (1999), analizó la calidad de plantas de quillay en vivero en la VIII Región, ocupando la relación diámetro de cuello/altura, indicando que aquellas plantas que presentan menor razón son más altas y delgadas. Según estos resultados, el tener una mayor altura no es un indicador de buena calidad, ya que una planta alta no necesariamente es mejor si no existe una relación de ésta con el DAC.

En el cuadro N° 7 se muestran los resultados obtenidos en calidad de planta, en función del índice de biomasa para cada medición y en incremento total del período.

Cuadro 7. Índice de biomasa total y en incremento para cada uno de los tratamientos en el período de medición.

Tratamiento	Medición (cm ³ /período)			Incremento (cm ³ /período) (1 ^a - 3 ^a)
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	
R₀F₀	23,5	48,6	90,0	66,5
R₀F₁	19,8	41,8	77,2	57,3
R₀F₂	15,1	37,5	58,7	43,6
R₁F₀	13,1	31,9	65,3	52,2
R₁F₁	17,6	50,8	107,1	89,5
R₁F₂	17,2	36,9	72,4	55,2

Según los resultados del cuadro N° 7, los mayores índices de biomasa tanto en total como para su incremento se obtuvieron en el tratamiento R₁F₁, donde se alcanzaron 107,1 cm³ y 89,5 cm³ respectivamente, lo contrario ocurrió con el tratamiento R₀F₂ el que presenta los valores más bajos con 58,7 cm³ y 43,6 cm³. Estos resultados se pueden explicar ya que el índice de biomasa es una variable derivada en función del DAC y la altura, donde para el análisis de ambas variables éste tratamiento fue el que obtuvo los mejores resultados.

Entre la primera y segunda medición todos los tratamientos tuvieron un índice de biomasa similar. Sin embargo, es en la tercera medición donde el tratamiento R₁F₁ incrementa su diferencia. Esto podría explicarse porque los tratamientos que presentaban plantas más pequeñas fueron principalmente afectados por las bajas temperaturas del período invernal. Lo contrario ocurrió con las plantas de mayor desarrollo, las que no recibieron mayor influencia producto de las heladas y pudieron obtener un mayor beneficio del aporte hídrico recibido en período invernal.

El análisis de varianza (apéndice N° 4.2) determinó que, tanto para los factores de riego y fertilización como para la interacción de éstos, no existieron diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) entre las medias de los tratamientos que afectan al índice de biomasa del quillay. Según estos resultados se puede deducir que, si bien entre los tratamientos se obtuvieron valores distintos, las plantas aún no han alcanzado dimensiones, en DAC y altura considerables como para obtener una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

6 CONCLUSIONES

La sobrevivencia de las plantas fue favorecida con la aplicación de riego, puesto que todos los tratamientos que lo presentaron obtuvieron los mayores porcentajes de sobrevivencia. La fertilización solo es efectiva si además se aplica riego. Es decir, la aplicación de fertilizantes afecta en forma positiva a la sobrevivencia, pero no asegura por si sola la obtención de mejores resultados.

La altura y el DAC tuvieron el mismo comportamiento frente a la aplicación de ambos factores. Sin embargo, solo la altura obtuvo resultados estadísticamente significativos. Ambas variables se ven favorecidas con la fertilización, debido a que su incremento aumenta a medida que se adiciona fertilizante. El riego por si solo produce un efecto positivo mucho más evidente para la variable altura. Sin embargo, al evaluarlo en combinación con la fertilización, es el DAC el que obtiene un mayor incremento a pesar de no tener diferencia significativa entre los tratamientos.

La calidad de la planta al ser evaluada según escala indica que, todos los tratamientos lograron alcanzar un mayor porcentaje de sus plantas en calidad 2 durante la segunda y tercera medición. Al evaluar esta variable por medio de la relación DAC/altura, esta indicó que no hay diferencia entre la calidad de los distintos tratamientos ya que todas quedaron catalogadas dentro del mismo rango. Con respecto al índice de biomasa el mayor incremento se obtuvo con el tratamiento R_1F_1 (riego de 5 litros/planta/mensual en periodo estival y fertilización dosis de 110 g), a pesar de que las plantas aún no han alcanzado dimensiones como para obtener una diferencia estadísticamente significativa.

En general se puede concluir que el riego tiene la mayor influencia en el crecimiento de las plantas. Esto debido a que por si solo mejora los resultados en crecimiento, en cambio, la fertilización es dependiente de este factor, ya que por si sola no entrega resultados favorables, siendo incluso negativos si no es aplicado con la dosis de riego adecuada. Además, se puede determinar que el tratamiento más adecuado es R_1F_1 , porque presenta los mayores incrementos en altura, DAC y calidad de la planta. En cuanto a la sobrevivencia, si bien todos los tratamientos con riego obtuvieron los mismos resultados (97,8%), este es el tratamiento que mejor se combina con las otras variables.

7 BIBLIOGRAFÍA

- BENEDETTI, S. y PERRET, S. 1995. Manual de Forestación. Zonas Áridas y Semiáridas. Manual N° 21. Santiago, Chile. 135 p.
- BENEDETTI, S. y VALDEBENITO, G. 1997. Forestación y Silvicultura en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. Proyecto marco Investigación silvícola para el desarrollo forestal del secano interior. Publicación correspondiente al seminario internacional Forestación y silvicultura en zonas áridas y semiáridas. INFOR. La Serena, Chile. 350 p.
- BENEDETTI, S.; DELARD, C. y ROACH, F. 2000. Quillay: Una alternativa multipropósito para la zona central. INFOR. Santiago, Chile. 14 p.
- CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y estadística, aplicaciones y métodos. Editorial McGraw-Hill. México. 651 p.
- CERDA, C. 2006. Ensayos de métodos de plantación y fertilización en la comuna de San Pedro, Región Metropolitana. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 46 p.
- CRUZ, G. 2001. Silvicultura para el uso industrial del Quillay. In: Documento Técnico. Proyecto FONDEF D971 – 2010. Ensayos de Campo. CONAF VI Región. Colchagua, Chile. pp. 26-38.
- CRUZ, G. y DUCHENS, L. 2000. Seminario-Taller. El Quillay nueva alternativa económica: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. Resultados más importantes obtenidos por el proyecto “Manejo Forestal y Uso industrial del Quillay”. FONDEF-CONICYT. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- CRUZ, P.; SCHULZE, C.; HONEYMAN, P. y CABELLO, A. 2006. *Quillaja saponaria*. In: Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina.

- Autoecología. Donoso, C. (Ed), Marisa Cuneo Ediciones. Valdivia, Chile. Pp. 545-555.
- DONOSO, C. y CABELLO, A. 1978. Antecedentes fonológicos y de germinación de las especies leñosas chilenas. *Revista Ciencias Forestales*. 1 (2): 31 - 41.
- DONOSO, C. y GHIO, A. 1986. Proceso de erosión en la Cordillera de la Costa. Comuna de San Pedro. Estero Loica. Memoria de Título. Universidad de Chile. Departamento de Geografía. Santiago, Chile. 64 p.
- EZQUERRA, M. 2003. Evaluación de técnicas de establecimiento de plantación con Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en el secano interior de la Región Metropolitana. Proyecto para optar al Título de Ingeniero Forestal. Universidad Mayor. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 73 p.
- FRANCKE, S. 1998. Fertilización Forestal. Chile Forestal. Documento Técnico N° 31. Santiago, Chile. 8 p.
- FRANCKE, S.; MARÍN, J. y VARGAS, R. 2001. Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas de la Zona Semiárida de Chile. En: Experiencias internacionales en la rehabilitación de espacios degradados. Proyecto FONDEF D9811036. Publicaciones Misceláneas Forestales N° 3. Santiago, Chile. 57 – 65.
- FUENTES, J. L. 1994. El suelo y sus fertilizantes. Ministerio de Agricultura, pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Reforma Agraria. Ediciones Mundi-Prensa. 4ª Edición. Madrid. España. 352 p.
- GAJARDO, R. 1983. Sistema básico de clasificación de la vegetación nativa chilena. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Departamento de Silvicultura y Manejo – Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 319 p.

- GAJARDO, R. 1993. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria – Corporación Nacional Forestal. Santiago, Chile. 165 p.
- GONZALEZ, C. 1994. Evaluación de un ensayo de fertilización en *Eucalyptus globulus* Labill. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 91 p.
- HOFFMANN, A. 1978. Flora Silvestre de Chile: Zona Central: una guía para la identificación de las especies vegetales más frecuentes. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile. 255 p.
- INFOR; INDAP y FIA. 2000. Monografía de Quillay. Diversificación de alternativas de producción forestal y agroforestal para pequeños propietarios en el secano. Proyecto de Desarrollo de las Comunas Pobres de la Zona de Secano (Prodecop-Secano). Santiago, Chile. 70 p.
- LAGOS, J. 1998. Antecedentes bibliográficos de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y estudio de un bosque natural ubicado en la Provincia del Bío-Bío. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 86 p.
- LEWIN, P. 2003. Ensayos de fertilización para el establecimiento de Palma chilena (*Jubaea chilensis* (Mol.) Baillon). Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 52 p.
- MALFANTI, O. 2004. Evaluación de diferentes técnicas de establecimiento en un ensayo de *Quillaja saponaria* Mol. (Quillay), en la zona semiárida de la Región Metropolitana. Memoria de Título. Universidad Santo Tomás. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 97 p.
- MERY, I. 2000. Fertilización Forestal en Chile. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 75 p.

- MIRALLES, B. 2001. Evaluación de dos tipos de tubos protectores en el establecimiento de *Quillaja saponaria* Mol. en el secano de la VI Región. Memoria de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 58 p.
- NAVARRO, G. y BRAVO, R. 2001. Establecimiento y crecimiento inicial de plantaciones de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) secano interior, Provincia de Colchagua. In: Documento Técnico. Proyecto FONDEF D97I – 2010. Ensayos de Campo. CONAF VI Región. Colchagua, Chile. pp. 2-25.
- OMEGNA, G. 1987. Proyecto Control de erosión a través de plantaciones forestales en los caminos de Alhué y San Pedro. Fortalecimiento institucional para la gestión del proceso de inversión pública ODEPLAN/PNUD/DCTD. Proyecto CHI/85/001. Santiago, Chile. 42 p.
- PERALTA, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Departamento de Comunicaciones. Central de Divulgación Técnica. Santiago, Chile. 340 p.
- POZO, E. 2005. Efecto de la fertilización sobre plantaciones de *Eucalyptus globulus* (Labill.) y *Eucalyptus nitens* (Maiden) de siete años de edad en la comuna de Máfil, Provincia de Valdivia. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 100 p.
- PRADO, J. A.; BARROS, S.; ROJAS, R.; BARROS, D.; RUSTOM, A.; VITA, A.; COGOLLOR, G. y ALVAREZ, S. 1980. Metodología para la instalación y análisis de ensayo de introducción de especies forestales. Investigación y Desarrollo Forestal. Documento de Trabajo N° 31. Corporación Nacional Forestal, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Santiago, Chile. 68 p.
- PRADO, J. A.; BARROS, S.; ROJAS, R. y BARROS, D. 1983. Análisis del desarrollo del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en la Zona Árida y Semiárida Chilena. Revista Terra Aridae. 2 (2): 438 - 454.

- RAMÍREZ, A. y RODRÍGUEZ, D. A. 2004. Efecto de Calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente. 10 (1): 5 – 11. Universidad autónoma Chapingo. Chapingo, México [en línea].
<<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/629/62910101.pdf>> [consulta: 18 mayo 2007].
- REYES, M. 2006. Caracterización del desarrollo de rebrotes de diferentes edades, en un monte bajo clareado de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en el secano interior de la VI Región. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 63 p.
- RODRÍGUEZ, R.; MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 407 p.
- RUIZ DE GAMBOA, C. 1986. Proposición de superficies y especies para forestar con fines energéticos en la provincia de Choapa, IV Región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 104 p.
- SALAMÉ, P. 2001. Evaluación de un ensayo de fertilización, riego y protección del cuello de plantas de *Eucalyptus globulus* en las dunas de Chanco, Séptima Región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Talca. Facultad de Ciencias Forestales. Talca, Chile. 110 p.
- SÁNCHEZ, S. y MURILLO, O. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: estudio de caso con Ciprés (*Cupressus lusitanica*). Revista Agronomía Costarricense. 28 (2): 95 – 106. Gobierno de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería [en línea].
<http://www.mag.go.cr/rev_agr/v28n02_095.pdf> [consulta: 18 mayo 2007].
- SANTELICES, R. 2005. Desarrollo de una plantación de *Eucalyptus globulus* establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego. Revista Bosque. 26 (3): 105 - 112.

- SANTIBÁÑEZ, F. y URIBE, J. M. 1993. Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Quinta y Metropolitana. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago, Chile. 65 p.
- SOQUIMICH y FUNDACION CHILE. 1991. Antecedentes preliminares sobre Fertilización Forestal. Serie de Divulgación Técnica NPK – FOR N° 1. 42 p.
- TORAL, M. 1997. Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico N° 1. Programa de desarrollo forestal integral de Jalisco. PRODEFO. Guadalajara. México. 28 p.
- VERGARA, K. 2004. Evaluación de ensayos de forestación con *Eucalyptus gunnii*, Chile Chico, XI Región. Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 100 p.
- VIEL, L. 1999. Caracterización de plantas de *Quillaja saponaria* Mol. provenientes de semillas de distintas procedencias de la Octava Región. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 40 p.
- VITA, A. 1966. Reforestación por siembra directa con Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser). Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 83 p.
- VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst). Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Boletín Técnico N° 28. Santiago, Chile. 31 p.
- VITA, A. 1990. Ensayo de reforestación con Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) Illapel. IV Región. Revista Ciencias Forestales. 6 (1): 37 - 48.

- VITA, A. 1993. Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. Investigación y desarrollo de Áreas Silvestres Zonas Áridas y semi-Áridas de Chile. Proyecto CONAF. FO: DP/CHI/83/017. Documento de Trabajo N° 21. Santiago, Chile. 243 p.
- VON MAREES, A. 1988. Respuesta a la fertilización con NPK de una plantación recién establecida de *Eucalyptus delegatensis* R. T. Baker en la Precordillera Andina de la Novena Región. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 167 p.
- WIBERG, S. 1991. Factores que influyen en la germinación y producción de plantas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Memoria de Título. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 133 p.

APÉNDICES

APÉNDICE 1. Análisis estadístico para la sobrevivencia de quillay.

1.1 Cuadro de análisis de varianza para la sobrevivencia de quillay.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	COEFICIENTE f	VALOR p
Factores					
A: Fertilización	123,361	2	61,680	1,37	0,291
B: Riego	309,728	1	309,728	6,86	0,022
Interacciones					
AB	90,419	2	45,209	1,00	0,396
Residuos	541,562	12	45,130		
TOTAL	1065,07	17			

1.2 Cuadro de contraste múltiple de rangos para sobrevivencia media según dosis de riego.

MÉTODO: SCHEFFÉ 95% DE CONFIANZA		
Riego	Media LS	Grupos Homogéneos
R ₀	77,094	a
R ₁	85,391	b
Contraste	Diferencias	+/- Límites
R ₀ - R ₁	* -8,296	6,899

* indica una diferencia significativa.

APÉNDICE 2. Análisis estadístico para incremento en altura de quillay.

2.1 Cuadro de análisis de varianza para incremento en altura de quillay.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	COEFICIENTE f	VALOR p
Factores					
A: Fertilización	49,401	2	24,701	16,69	0,000342
B: Riego	150,801	1	150,801	101,882	3,237E-07
Interacciones					
AB	17,805	2	8,902	6,014	0,0155
Residuos	17,762	12	1,480		
TOTAL	235,769	17			

2.2 Cuadro de Contraste múltiple de rangos para incremento medio en altura según dosis de riego.

MÉTODO: SCHEFFÉ 95% DE CONFIANZA		
Riego	Media LS	Grupos Homogéneos
R ₀	16,16	a
R ₁	21,95	b
Contraste	Diferencias	+/- Límites
R ₀ - R ₁	* -5,79	1,249

* indica una diferencia significativa.

2.3 Cuadro de contraste múltiple de rangos para incremento medio en altura según dosis de fertilizante.

MÉTODO: SCHEFFÉ 95% DE CONFIANZA		
Fertilización	Media LS	Grupos Homogéneos
F ₀	17,73	a
F ₂	18,04	a
F ₁	21,39	b
Contraste	Diferencias	+/- Límites
F ₀ - F ₁	*-3,66	1,958
F ₀ - F ₂	-0,31	1,958
F ₁ - F ₂	*3,35	1,958

* indica una diferencia significativa.

2.4 Cuadro de contraste múltiple de rangos para incremento medio en altura según interacción de factores dosis de fertilizante y dosis de riego según los distintos tratamientos.

MÉTODO: SCHEFFÉ 95% DE CONFIANZA		
Tratamiento	Media LS	Grupos Homogéneos
R ₀ F ₀	13,483	a
R ₀ F ₂	16,150	a b
R ₀ F ₁	18,850	b c
R ₁ F ₂	19,933	b c
R ₁ F ₀	21,983	c d
R ₁ F ₁	23,933	d
Contraste	Diferencias	+/- Límites
R ₀ F ₀ - R ₀ F ₁	*-5,366	3,914
R ₀ F ₀ - R ₀ F ₂	-2,666	3,914
R ₀ F ₀ - R ₁ F ₀	*-8,500	3,914
R ₀ F ₀ - R ₁ F ₁	*-10,450	3,914
R ₀ F ₀ - R ₀ F ₂	*-6,450	3,914
R ₀ F ₁ - R ₀ F ₂	2,700	3,914
R ₀ F ₁ - R ₁ F ₀	-3,133	3,914
R ₀ F ₁ - R ₁ F ₁	*-5,083	3,914
R ₀ F ₁ - R ₁ F ₂	-1,083	3,914
R ₀ F ₂ - R ₁ F ₀	*-5,833	3,914
R ₀ F ₂ - R ₁ F ₁	*-7,783	3,914
R ₀ F ₂ - R ₁ F ₂	-3,783	3,914
R ₁ F ₀ - R ₁ F ₁	-1,950	3,914
R ₁ F ₀ - R ₁ F ₂	2,050	3,914
R ₁ F ₁ - R ₁ F ₂	*4,000	3,914

* indica una diferencia significativa.

APÉNDICE 3. Análisis estadístico para incremento en DAC de quillay.

3.1 Cuadro de análisis de varianza para incremento de DAC de quillay.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	COEFICIENTE f	VALOR p
Factores					
A: Fertilización	2,492	2	1,246	0,68	0,523
B: Riego	0,271	1	0,271	0,15	0,706
Interacciones					
AB	0,993	2	0,496	0,27	0,766
Residuos	21,883	12	1,823		
TOTAL	25,640	17			

APÉNDICE 4. Análisis estadístico para calidad de la planta de quillay.

4.1. Cuadro de análisis de varianza para escala de medición de calidad.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	COEFICIENTE f	VALOR p
Factores					
A: Fertilización	2,094	2	1,089	0,003	0,997
B: Riego	1,450	1	1,450	0,004	0,953
Interacciones					
AB	0,334	2	0,167	0,0004	0,999
Residuos	4729,445	12	394,120		
TOTAL	4733,325	17			

4.2. Cuadro de análisis de varianza para incremento del índice de biomasa de quillay.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	COEFICIENTE f	VALOR p
Factores					
A: Fertilización	1749,089	2	874,545	0,728	0,503
B: Riego	433,201	1	433,201	0,361	0,559
Interacciones					
AB	1624,821	2	812,410	0,676	0,527
Residuos	14415,445	12	1201,287		
TOTAL	18222,557	17			

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de suelo.

Muestra Calicatas	pH	M.O. %	C.E (ms/cm)	Boro Ppm	N disponible Mg/Kg	P disponible Mg/Kg	K disponible Mg/Kg
1	6,7	0,8 (b)	0,2 (b)	1,4 (b)	4 (b)	13 (m)	41 (m)
2	6,7	1,2 (b)	0,2 (b)	0,96 (b)	3 (b)	3 (b)	52 (m)
3	6,4	1,2 (b)	0,3 (b)	0,24 (b)	4 (b)	2 (b)	34 (m)

Fuente: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Laboratorio de Diagnóstico CRI La Platina. 2005.

Calificación:

a: alto

m: medio

b: bajo

ANEXO 2. Registro pluviométrico para Alto Loica.

Año	Mes	Días	Precipitaciones (mm)	Total mes (mm)
2004	3	1	11,30	11,30
2004	4	13	11,60	
2004	4	20 - 22	36,26	47,86
2004	5	20 - 21	38,40	38,40
2004	6	10	52,70	
2004	6	19 - 20	47,50	
2004	6	22	8,70	108,90
2004	7	12 - 13	53,50	
2004	7	19	3,00	
2004	7	20 - 21	35,70	
2004	7	22 - 23	17,30	
2004	7	25	46,10	
2004	7	27	31,00	186,60
2004	8	2 - 3 - 4	80,70	
2004	8	14	3,40	84,10
2004	9	3 - 4		
2004	9	5 - 6	55,00	55,00
2004	10	11	5,70	5,70
2004	11	12	21,70	21,70
Total anual (mm)			559,56	559,56

Año	Mes	Días	Precipitaciones (mm)	Total mes (mm)
2005	3	14	11,18	11,18
2005	4	30	4,57	4,57
2005	5	9	59,74	
2005	5	14	0,08	
2005	5	20	41,02	
2005	5	25	42,92	
2005	5	30	16,14	159,90
2005	6	7	8,24	
2005	6	9	4,30	
2005	6	13	24,65	
2005	6	17	71,64	
2005	6	22	23,80	
2005	6	30	67,84	200,47
2005	7	4	52,05	52,05
2005	8	4	36,45	
2005	8	8	2,62	
2005	8	18	49,38	
2005	8	31	73,04	161,49
2005	9	5	35,84	35,84
2005	10	3	8,00	
2005	10	4	1,51	9,51
2005	11	24	21,62	21,62
Total anual (mm)			656,63	656,63

Año	Mes	Días	Precipitaciones (mm)	Total mes (mm)
2006	4	24	11,78	11,78
2006	5	16	5,20	
2006	5	29	34,65	39,85
2006	6	13	133,70	
2006	6	25	16,28	149,98
2006	7	13	184,10	
2006	7	27	91,91	276,01
2006	8	7	24,16	
2006	8	9	40,37	
2006	8	14	20,63	85,16
2006	9	4	8,05	
2006	9	12	11,14	19,19
2006	10	4	5,93	
2006	10	16	35,13	
2006	10	30	0,46	41,52
Total anual (mm)			623,49	623,49

Fuente: CONAF Melipilla. 2007.