

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

DESCRIPCIÓN DEL REBROTE EN CEPAS DE
Sequoia sempervirens (D.Don) Endl.

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

LUIS ALBERTO TOLEDO ARANEDA

Profesores Guías: Prof. Biología, Sra. María Teresa Serra Vilalta
Ing. Forestal, Sr. Manuel Toral Ibáñez

SANTIAGO – CHILE
2005

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

DESCRIPCIÓN DEL REBROTE EN CEPAS DE
Sequoia sempervirens (D.Don) Endl.

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

LUIS ALBERTO TOLEDO ARANEDA

Calificaciones:

Profesor Guía	: Sra. María Teresa Serra V.	7,0	_____
Profesor Guía	: Sr. Manuel Toral I.	6,5	_____
Profesor Consejero	: Sr. Antonio Vita A.	6,5	_____
Profesor Consejero	: Sr. Manuel Ibarra M.	6,0	_____

SANTIAGO – CHILE
2005

" Aunque esto es una locura, hay
cierto método en lo que dice"

Hamlet
W. Shakespeare

TORTUGAS Y CRONOPIOS

Ahora pasa que las tortugas son grandes admiradoras
de la velocidad, como es natural.
Las esperanzas lo saben, y no se preocupan.
Los famas lo saben, y se burlan.
Los cronopios lo saben, y cada vez que encuentran
una tortuga, sacan la caja de tizas de colores y sobre la
redonda pizarra de la tortuga dibujan una golondrina.

Historia de Cronopios y de Famas
J. Cortázar

Quiero agradecer a los profesores que guiaron y complementaron este estudio, Profesora Sra. María Teresa Serra, por sus incansables observaciones, al Profesor y Director del Proyecto FONDEF D01 I 1008, Ingeniero Forestal Sr. Manuel Toral, por la oportunidad, paciencia y confianza. A los Profesores Consejeros, Ingeniero Forestal, Sr. Antonio Vita y Sr. Manuel Ibarra, por su disposición y acertados comentarios en la revisión del tema.

También extender este agradecimiento al proyecto FONDEF D01 I 1008 *“Silvicultura y Manejo de la Sequoia en Chile y Fomento de su Plantación Forestal Sustentable”* por su colaboración y haber hecho posible esta memoria.

En la formación, deformación y conformación, son varias las personas a las que agradezco, a mis padres Violanda y Juan, hermanos, Héctor, Juan, Alejandro, Patricio y Ricardo, hermanas Olga, Erika y Silvia, sobrinos Miguel, Yanira, Sebastián, Juan, Nayisol, Carla, Aníbal y Gabriel, cuñadas Virginia e Inés y cuñados Manuel y Christhian. Al grupo de amigos Andro, Sandra, Yolanda, Yessica, Claudio, Ariel, Sergio, Ana, Lisette, Félix, Gustavo, Ivanka, Miguel, María, Nicolás, Jorge y Aldo.

A Marta, quien formó la primera disciplina y a Pedro quien potenció dicha actitud, a Ximena que agregó belleza y movimiento, Juan quien aportó la ironía y por último, a Nina quien estoy seguro, aún se encuentra cuidando y protegiéndome en esta ciudad.

No quiero dejar de saludar a Carmen, madre e hija, a Eduardo, padre e hijo y a Claudia, la familia que ha acompañado, queriéndolo o no, a este eterno estudiante.

Quiero agradecer de especial manera, a la persona que ha recorrido este camino junto a mí, por darme más de lo que doy, Bárbara.

ÍNDICE

RESUMEN

SUMMARY

1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 ANTECEDENTES GENERALES DE SECUOYA.....	3
2.1.1 <i>Características de la especie</i>	3
2.1.2 <i>Distribución natural</i>	4
2.1.3 <i>Clima</i>	5
2.1.4 <i>Suelo</i>	5
2.1.5 <i>Usos</i>	6
2.1.6 <i>Características Silviculturales</i>	7
2.2 TIPOS DE REBROTE.....	8
2.2.1 <i>Rebrotes según ubicación en el árbol</i>	8
2.2.1.1 Rebrotes Subterráneos	8
2.2.1.2 Rebrotes Aéreos.....	10
2.2.2 <i>Rebrotes según tipo de yema que lo origina</i>	11
2.2.2.1 Rebrotes adventicios u oportunistas.....	11
2.2.2.2 Rebrotes epicórmicos o proventicios	11
2.2.3 <i>Rebrotes según persistencia en el árbol</i>	12

2.3	IMPORTANCIA FORESTAL DEL REBROTE DE CEPA	13
2.4	CARACTERÍSTICAS DE LA REBROTACIÓN EN <i>SEQUOIA SEMPERVIRENS</i>	14
2.5	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REBROTACIÓN	15
2.5.1	<i>Edad o tamaño del tocón en el momento de la corta</i>	15
2.5.2	<i>Estación del año en la cual se efectúa la corta</i>	16
2.5.3	<i>Técnica de corta</i>	16
2.5.4	<i>Altura del tocón</i>	17
2.6	LUMINOSIDAD	17
2.7	ECOLOGÍA DE LOS REBROTES	19
3	MATERIAL Y MÉTODO.....	21
3.1	MATERIAL.....	21
3.1.1	<i>Ubicación</i>	21
3.1.2	<i>Clima</i>	21
3.1.2.1	Sector Frutillar	21
3.1.2.2	Sector Villarrica.....	22
3.1.3	<i>Descripción de las parcelas</i>	22
3.1.4	<i>Suelo</i>	24
3.2	MÉTODO.....	25
3.2.1	<i>Selección de cepas</i>	25
3.2.2	<i>Evaluación del rebrote</i>	27
3.2.2.1	Caracterización de la capacidad de rebrote de cepas.	27

3.2.2.2 Evaluación del incremento promedio del diámetro y la longitud de los rebrotes.....	28
3.2.2.3 Descripción de la natalidad y mortalidad de los rebrotes.	30
4 RESULTADO Y DISCUSIÓN	31
4.1 EVALUACIÓN DEL REBROTE.....	31
4.1.1 <i>Caracterización de la capacidad de rebrote de cepas.....</i>	<i>31</i>
4.1.1.1 Relación entre el cuadrante de exposición en el tocón, origen biológico y el número de rebrotes.....	35
4.1.1.2 Relación entre la cobertura del dosel arbóreo, origen biológico y el número de rebrotes	39
4.1.1.3 Relación entre el cuadrante de exposición en el tocón, cobertura del dosel arbóreo y el número de rebrotes.....	41
4.1.2 <i>Evaluación del incremento promedio del diámetro de cuello y longitud de los rebrotes.....</i>	<i>43</i>
4.1.2.1 Incremento promedio de la longitud de los rebrotes.....	43
4.1.2.2 Incremento promedio del diámetro de cuello de los rebrotes.	47
4.1.3 <i>Radiación fotosintéticamente activa (PAR) como indicador de las características lumínicas a nivel de cepa.....</i>	<i>52</i>
4.1.4 <i>Descripción de la natalidad y mortalidad de los rebrotes.....</i>	<i>56</i>
5 COMENTARIOS FINALES DEL ESTUDIO.....	61
6 CONCLUSIONES.....	63
7 BIBLIOGRAFÍA	66
8 APÉNDICES Y ANEXOS	71

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Cepas seleccionadas por rango de área basal en sectores de Frutillar y Villarrica.....	25
Cuadro N° 2: Número de rebrotes por cepa según épocas de control y cobertura del dosel arbóreo en la localidad de Frutillar.....	31
Cuadro N° 3: Número de rebrotes por cepa según épocas de control y cobertura del dosel arbóreo en la localidad de Villarrica.....	32
Cuadro N° 4: Número de yemas según origen biológico y cuadrante de exposición, en la primera y última medición en la localidad de Frutillar.....	35
Cuadro N° 5: Número de yemas según origen biológico y cuadrante de exposición, en la primera y última medición en la localidad de Villarrica.....	36
Cuadro N° 6: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y origen biológico, en el primer y último período de medición en la localidad de Frutillar.....	37
Cuadro N° 7: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y origen biológico, en el primer y último período de medición en la localidad de Villarrica.....	37
Cuadro N° 8: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante de exposición y período de medición en la localidad de Frutillar.....	38
Cuadro N° 9: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante de exposición y período de medición en la localidad de Villarrica.....	38
Cuadro N° 10: Número total y porcentaje de rebrotes según cobertura de dosel arbóreo, en la primera y última medición en los sectores de Frutillar y Villarrica.....	39
Cuadro N° 11: Número total y porcentaje de rebrotes según origen biológico y cobertura de dosel arbóreo, en la primera y última medición en la localidad de Frutillar.....	39
Cuadro N° 12: Número total y porcentaje de rebrotes según origen biológico y cobertura de dosel arbóreo, en la primera y última medición en la localidad de Villarrica.....	40
Cuadro N° 13: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y cobertura del dosel arbóreo, en el primer y último período de medición en la localidad de Frutillar.....	41

Cuadro N° 14: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y cobertura del dosel arbóreo, en el primer y último período de medición en la localidad de Villarrica.....	42
Cuadro N° 15: Incremento promedio de la longitud (m) de los rebrotes, según origen biológico y período de medición, en las localidades de Frutillar y Villarrica.....	43
Cuadro N° 16: Incremento promedio de la longitud del rebrote, según cobertura del dosel arbóreo, cuadrante de exposición del rebrote y origen biológico para los sectores de Frutillar y Villarrica.....	44
Cuadro N° 17: Incremento promedio en el diámetro de cuello (cm.) de los rebrotes, según origen biológico y período de medición, en las localidades de Frutillar y Villarrica.....	47
Cuadro N° 18: Incremento promedio del diámetro de cuello del rebrote, según cobertura del dosel arbóreo, cuadrante de exposición del rebrote y origen biológico para los sectores de Frutillar y Villarrica.....	48
Cuadro N° 19: Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa Promedio según posición en la tocón, estación del año que se controló y período del día.....	54
Cuadro N° 20: Número de rebrotes nacidos y (muertos) según cepa y período de medición para la localidad de frutillar.....	57
Cuadro N° 21: Número de rebrotes nacidos y (muertos) según cepa y período de medición para la localidad de Villarrica.....	58
Cuadro N° 22: Número de rebrotes vivos según origen biológico y cuadrante de exposición por localidad.....	59
Cuadro N° 23: Número de rebrotes muertos según origen biológico y cuadrante de exposición por localidad.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Número de Individuos por Clase de D.A.P. y Altura Promedio en la localidad de Frutillar (X Región).....	23
Figura N° 2: Número de Individuos por Clase de D.A.P. y Altura Promedio en la localidad de Villarrica (IX Región).....	23
Figura N° 3: Cepas asociadas al tipo de cobertura del Dosel Arbóreo de acuerdo al Área Basal calculado en parcelas circulares de radio 10 metros con centro en la cepa, en la localidad de Frutillar.....	26
Figura N° 4: Cepas asociadas al tipo de cobertura del Dosel Arbóreo de acuerdo al Área Basal calculado en parcelas circulares de radio 10 metros con centro en la cepa, en la localidad de Villarrica.....	26
Figura N° 5: Esquema de marcación de la cepa.....	28
Figura N° 6: Longitud del rebrote (Hr) y Diámetro de cuello del rebrote (Dc).....	29
Figura N° 7: Levantamiento horizontal de una parcela de 10 metros de radio, cuyo centro es la cepa.....	29
Figura N° 8: Origen biológico de las yemas de secuoya en la localidad de Frutillar.....	33
Figura N° 9: Origen biológico de las yemas de secuoya en la localidad de Villarrica.....	33
Figura N° 10: Crecimiento promedio acumulado de la longitud de los rebrotes según el origen biológico.....	45
Figura N° 11: Crecimiento promedio acumulado en diámetro de cuello de los rebrotes según el origen biológico.....	49
Figura N° 12: Incremento promedio en diámetro de cuello y longitud de los rebrotes para la localidad de Frutillar.....	50
Figura N° 13: Incremento promedio en diámetro de cuello y longitud de los rebrotes para la localidad de Villarrica.	51

Figura N° 14: Radiación fotosintéticamente activa relativa según cobertura de dosel arbóreo, período de medición y hora del día en la localidad de Frutillar.....	52
Figura N° 15: Natalidad y Mortalidad de Rebotes en la localidad de Frutillar.....	56
Figura N° 16: Natalidad y Mortalidad de Rebotes en la localidad de Villarrica.....	57

1 INTRODUCCIÓN

Sequoia sempervirens (D. Don) Endl. es una importante especie forestal nativa de la costa californiana de los Estados Unidos, que tiene capacidad de rebrote desde la base del tronco, característica poco frecuente en coníferas. Esta estrategia biológica, que tiene relación con la evolución de la especie en un ambiente con incendios frecuentes y su respuesta adaptativa (Montenegro *et al.*, 2004), es claramente el motivo de su vitalidad de recuperación ante las cosechas para fines industriales y/o ambientales de la industria de la madera.

De acuerdo a estimaciones del Instituto Forestal (INFOR), las plantaciones de secuoya en Chile y su fomento en el corto y mediano plazo, podrían abastecer exportaciones al mercado de los Estados Unidos en unos 150.000 m³/año, en madera aserrada o productos semielaborados. El volumen exportable significaría retornos anuales por US\$ 62 millones para el país. En el bosque esto representaría una corta de 250 ha al año, bajo rendimiento sostenido, considerando una productividad de 15 m³/ha/año y una rotación de 40 años, sin manejo (INFOR, 2004).

En Estados Unidos, plantaciones comerciales han alcanzado rotaciones de 40 a 60 años, obteniendo árboles de 45 m de altura y 90 cm de diámetro, con un incremento anual de 21 m³/ha en volumen, mientras que en Sudáfrica se promedia un incremento anual de 30 m³/ha (Ramírez, 2002). Para Chile, se estima un crecimiento entre 18 y 28 m³/ha/año (Toral *et al.*, 2004).

La mayoría de los árboles que presentan la capacidad para rebrotar pertenecen principalmente a las Angiospermas dicotiledóneas (latifoliadas). En coníferas o Pinophytas, esta habilidad es rara, debido principalmente al desarrollo arquitectural monopódico y la tendencia a rebrotar en la parte superior del fuste y la copa (Serra, 1987).

Del Tredici (1988; 2001) restringe esta particularidad a los géneros *Sequoia* y *Cunninghamia* (*Taxodiaceae*), *Taxus* y *Torreya* (*Taxaceae*) y *Ginkgo* (*Ginkgaceae*).

El manejo por monte bajo es el método comúnmente utilizado en la mayoría de los bosques productivos de segundo crecimiento de secuoya en California, los que cubren un 74% de la superficie total de la especie en Estados Unidos.

Es un método de regeneración interesante para esta especie, dada su habilidad de rebrotar vigorosa y profusamente en respuesta a disturbios de origen antrópico o natural, como los incendios, cambios en la intensidad de luz, daños mecánicos o cortas por cosecha.

Es de importancia comprender los procesos que actúan en la formación de una comunidad forestal, tanto por su interés científico, como por la relevancia que tienen en el manejo de los bosques. Así también, conocer el comportamiento de la especie que constituye la formación boscosa, permite orientar el tipo de manejo a realizar y anticipar respuestas a intervenciones y/o disturbios (Ibarra, 2000).

Respecto a secuoya, en Chile existe poco conocimiento acerca del comportamiento de la rebrotación y la dinámica de sus rebrotes, dado lo anterior, ésta memoria se ha sido desarrollada en el marco de la investigación del Proyecto FONDEF D01 I 1008, titulado “Silvicultura y manejo de la secuoya en Chile y fomento de su plantación forestal sustentable”, y tuvo los siguientes objetivos:

Objetivo General

Describir biológicamente el rebrote en plantaciones de *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. en dos condiciones edafo-climáticas diferentes.

Objetivos Específicos

1. Caracterizar cuantitativa y cualitativamente la capacidad de rebrote de cepas de *Sequoia sempervirens*.
2. Determinar el incremento en diámetro y altura promedio de los rebrotes y su comportamiento bajo distintas coberturas.
3. Describir la natalidad y mortalidad de los rebrotes, durante un período de desarrollo en la X Región (Frutillar).

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 ANTECEDENTES GENERALES DE SECUOYA

Sequoia sempervirens (D. Don.) Endl., “redwood”, “Californian redwood”, “Coastal redwood”, “Secuoya” o “Alerce americano” en Chile, pertenece a la familia *Taxodiaceae*, Orden *Coniferales*, División *Pinophyta* o *Gymnosperma*. Es un género monotípico y endémico de la costa noroeste de los Estados Unidos. De ella se han desarrollado diversas variedades de valor ornamental, entre las que se cuentan *Sequoia sempervirens* var. *adpressa* y *Sequoia sempervirens* var. *albospica* (Hoffmann, 1983; INFOR, 1998).

2.1.1 Características de la especie

Sequoia sempervirens (D. Don) Endl. es una de las especies madereras más productivas de los Estados Unidos proporcionando un importante suministro de madera de alta calidad (Duhovnikoff *et al.*, 2004). Es un árbol de gran tamaño, que puede alcanzar los 80 metros de altura, de construcción monopódica, de fuste recto, levemente cónico y copa piramidal, con ramas extendidas horizontalmente, algo péndulas en los extremos (Hoffmann, 1983; Serra, 1987). Los individuos adultos pueden estar libres de ramas entre un tercio y la mitad de su altura total, pudiendo presentar contrafuertes en la parte baja del fuste (Kannegiesser, 1990).

Como ocurre en la mayoría de las coníferas, presenta la basitonía en el desarrollo de la copa en árboles jóvenes, la que suele ser densa y extenderse hasta la base. En cambio, en individuos adultos, ésta es pequeña y estrecha expresando la acrotonía que confiere la fisonomía definitiva del árbol adulto (Serra, 1987; Kannegiesser, 1990; INFOR, 1998).

Las hojas son dimorfas, las de brotes tienen aspecto de escamas, algo aleznadas, dispuestas en espiral, y las de ramillas lineales ubicándose de manera distica o en hileras plano divergentes, de color verde oscuro en la cara superior y dos franjas estomáticas blanquecinas en el envés, pudiendo medir 1,5 a 2,0 cm. de largo.

Árbol monoico, con amentos masculinos solitarios, de 0,7 cm. de largo, terminales o laterales, compuestos de numerosas hojas polínicas triangulares. Los conos miden entre 1,5 y 2,5 cm. de largo, ovales y leñosos, de maduración anual, compuestos de 15 a 20 escamas subromboidales y peltadas, provistas de una depresión en la parte central y un pequeño mucrón poco saliente. Bajo cada escama se encuentran de 2 ó 3 a 7 ó 9 semillas, achatadas, irregulares, rojizas, de 2 a 3 mm de largo, sin alas que demoran un año en madurar (Harlow *et al.*, 1969; Rodríguez *et al.*, 1983; Serra, 1987; Kannegiesser, 1990).

Secuoya se reproduce por semillas y esquejes, comenzando a producir semillas a los 5 a 15 años, aumentando su viabilidad con la edad de los árboles que las producen (Olson *et al.*, 1983). La capacidad germinativa de las semillas es variable y generalmente muy baja (5% - 15%). Un kilo de semillas posee aproximadamente 230.000 unidades.

2.1.2 Distribución natural

Secuoya es originaria de los Estados Unidos, su distribución está restringida a una estrecha banda de territorio ubicada desde el extremo sur oeste del Estado de Oregón hasta las montañas de Santa Lucía en el condado de Monterrey, Estado de California (Olson *et al.*, 1983; Serra, 1987; INFOR, 1998). Del total de la superficie cubierta por bosques de secuoya, cercana a las 704 mil hectáreas (California Redwood Association, 2002), el 80% es de propiedad privada y el 20% restante pertenece al sector público, siendo en este último caso, en su mayoría (85%) bosques que están dentro del sistema de Áreas Silvestres Protegidas (INFOR, 2004).

Los límites de los bosques de secuoya a veces están determinados por las variedades edáficas, no creciendo en suelos con altas concentraciones de magnesio y sodio (Olson *et al.*, 1983), resistiendo suelos con pH entre 5,0 y 7,5.

Esta especie no tolera los vientos oceánicos, aunque la mayoría de los rodales puros están cerca del océano (Olson *et al.*, 1983).

En el sur de California, la presencia de incendios forestales causados por tormentas estivales ha jugado un rol importante en la ecología y evolución de su flora, determinando respuestas regenerativas como el rebrote basal, presencia de lignotuber, floración, fructificación y germinación estimulada por el fuego (Montenegro *et al.*, 2004).

2.1.3 Clima

El clima en que se desarrollan los bosque naturales de secuoya se clasifica como “Templado superhúmedo” o “Húmedo con influencia oceánica”. Las temperaturas medias anuales varían entre 10 y 16 °C, raramente descienden los 9 °C y exceden los 38 °C, mientras que el período libre de heladas varía entre 6 y 11 meses (Olson *et al.*, 1983). Las precipitaciones anuales varían entre 635 y 3.100 mm, distribuidas principalmente en invierno, siendo enero el más húmedo y agosto el más seco. Por otra parte, esta región se caracteriza por la presencia de niebla veraniega que tiene una considerable importancia en la distribución de la especie (Harlow *et al.*, 1969; Olson *et al.*, 1983).

2.1.4 Suelo

El material rocoso parental, en la región de la secuoya en California, Estados Unidos, es principalmente arena marina maciza con considerables esquistos y en menor cantidad calizas y pizarras. Los suelos son de color gris claro a suavemente

café – rojizo o café, profundos, alcanzando su máximo desarrollo en terrazas aluviales con suelos formados por depósitos de rocas sedimentarias (Harlow *et al.*, 1969; Olson *et al.*, 1983).

2.1.5 Usos

La madera de secuoya, debido a su durabilidad natural, trabajabilidad, estabilidad dimensional, adherencia a pinturas, barnices y estar libre de resina, tiene un amplio uso, fundamentalmente en construcción y decoración.

En California, Estados Unidos, existen más de 30 categorías de clasificación de la madera de secuoya, dependiendo del uso que se le de. Las dos categorías de mayor importancia, son “Garden Grades” y “Architectural Grades”. La primera de ella incluye la madera destinada al uso exterior, comercializada seca al aire libre y en secador. Se utiliza en aplicaciones sobre o en el suelo, piso, postes, vigas, barandas, cercos y bancos. La madera de categoría “Architectural Grade”, se utiliza en revestimientos, tableros decorativos, molduras, estructuras finas de jardín y usos donde se requiere mantener su apariencia en el tiempo (Juacida y Villanueva, 1996; California Redwood Association, 2002; INFOR, 2004).

La corteza, fibrosa y de importante espesor, se ha utilizado en la fabricación de tableros, como combustible, cubre jardines, abono verde, y picada es transformada en un aislante térmico parecido a la lana (Olson *et al.*, 1983).

Es empleada como especie ornamental, por su rápido crecimiento, elegante follaje y su tronco rojizo, pudiéndose cultivar como seto ya que resiste la poda permanente (Hoffmann, 1983).

Secuoya contribuye a un mejoramiento de la fauna y microfauna al generar una mayor diversificación de las condiciones de vida dentro del bosque y que permite generar mosaicos de cubiertas vegetacionales distintas, contribuyendo a la armonía del paisaje y la belleza escénica (INFOR, 2004).

2.1.6 Características Silviculturales

A partir de la longevidad que presenta en su región natural se establecen dos tipos de bosques que difieren entre si, en especial en su estructura. Estos son los bosques maduros o de primer crecimiento (“old-growth”) con predominancia de individuos de hasta 2000 años, con excelente habilidad para rebrotar y buena producción de semillas, la mayoría protegida por el Sistema de Parques Nacionales Federales, y los bosques juveniles o de segundo crecimiento (“young-growth”), que se originan principalmente de los rebrotes luego de alguna tala rasa (Olson *et al.*, 1983), y conforman principalmente los bosques productivos en manos de privados (INFOR, 2004).

Las características de los bosque juveniles de segundo crecimiento, permite emplear los rebrotes desde tocones aprovechando las ventajas asociadas al manejo de éstos (Vita, 1996).

Power y Wiant (1970) observaron secuoyas de 1500 años de edad que aún retenían la capacidad de rebrotación.

2.2 TIPOS DE REBROTE

Se entiende como rebrote o retoño, los vástagos o ramas nuevas que produce la planta (Font-Quer, 1965), y como rebrotar o rebrotación a la capacidad de regenerar órganos vegetativos a partir de retoños, brotes o rebrotes provenientes de cepa o raíz (Vita, 1996).

Las zonas o estructuras capaces de emitir rebrotes o reiterar la unidad arquitectural o morfogenética varían con las especies, algunas sólo lo hacen en la copa y en la parte superior del tronco (generalmente coníferas) y otras son capaces de emitir rebrotes desde la cepa en la base del fuste y las raíces, como ocurre en las latifoliadas y algunas coníferas (Bellefontaine *et al.*, 2000).

2.2.1 Rebotes según ubicación en el árbol

2.2.1.1 Rebotes Subterráneos

a) Rebotes provenientes de la corona radical en la base del tronco o lignotuber. La corona radical o lignotuber, se localiza en el cuello de la planta, que se define como el punto en el eje del individuo donde la raíz y los sistemas de rebrotes se unen y la anatomía vascular primaria cambia desde la de un tallo al de una raíz (USDA, 2004). En angiospermas y algunas gimnospermas, la corona radical o lignotuber se desarrolla del tejido del tallo inmediatamente sobre la axila de los cotiledones.

Durante las fases iniciales de formación de la corona radical o lignotuber, los meristemas en las axilas de los cotiledones desarrollan yemas y una conexión directa al cilindro vascular, creciendo desde el cambium hasta rodear completamente un grupo de yemas durmientes, las que pueden desarrollarse como fuente de yemas latentes preformadas capaces de rebrotar, asegurando la sobrevivencia de la especie (James, 1987; Del Tredici, 1992, 2001).

Funcionalmente, el lignotuber o corona radical es un órgano especializado de regeneración mediante la producción y almacenamiento de yemas latentes, el almacenamiento de carbohidratos y nutrientes. Gómez (2003) demostró que el almidón guardado en lignotúberes de *Cryptocarya alba*, se usó como una fuente de energía para la construcción de un nuevo dosel después de los incendios, constando una disminución del 70% durante el primer mes de regeneración, no recuperándose hasta el próximo mes de crecimiento, a la vez que produjo raíces adventicias que aumentaron la estabilidad y el vigor. Estas características facilitan una rebrotación rápida después de una lesión, estrés medioambiental o disturbio (James, 1984; Del Tredici, 1998). En pendientes escarpadas, también puede funcionar como un órgano de anclaje al sustrato rocoso (Del Tredici, 1992).

Algunas especies desarrollan esta estructura a temprana edad como *Eucalyptus spp* (Carr *et al*, 1984), *Ginkgo biloba* (Del Tredici, 1992), *Sequoia sempervirens* (Del Tredici, 1998; 2001), *Quercus suber* (Molina y Verdaguer, 1993) y *Cryptocarya alba* (Montenegro *et al.*, 2004).

Morfológicamente, la definición de corona radical es imprecisa, dado que el tallo y el sistema radical convergen en la región del hipocotilo de la plántula, una porción del tallo que raramente produce yemas (Del Tredici, 2001). James (1984), Vita (1986), Estévez (1994) y Serra (1995) definen a la corona radical como un término sinónimo de los lignotuber y James (1984) advierte que el término lignotuber se ha usado para describir estructuras subterráneas en varias familias de arbustos en Sudáfrica (Carlquist 1975, 1977, 1978).

b) Rebrotos provenientes de tallos subterráneos especializados. En árboles de zonas templadas se ha descrito al rizoma como un tallo subterráneo especializado (Del Tredici, 2001), el que se semeja a un tallo horizontal, que posee yemas capaces de formar rebrotos aéreos, las que han sido observadas en especies pertenecientes a los géneros *Quercus* y *Eucalyptus* (Tiedeman *et al.*, 1987).

Tanto los lignotuber como los rizomas han sido descritos como estructuras frecuentes en las comunidades esclerófilas, arbustivas leñosas, de las regiones con

clima mediterráneo (*Quercus*, *Eucalyptus*). En Chile están presente en *Lithraea*, *Cryptocarya*, *Quillaja* y *Peumus*, entre otros (Montenegro *et al.*, 2004).

c) Rebrotos provenientes desde la raíz. Algunas especies son capaces de emitir rebrotos a partir de yemas adventicias provenientes de raíces laterales de árboles que han sido dañados, cortados o cuando éstas sufren heridas (Vita, 1996). De la perspectiva anatómica, las raíces de las angiospermas producen dos tipos básicos de rebrotos dependiendo de la yema que la genere; desde yemas primarias o latentes formadas en tejidos profundos en raíces jóvenes e ilesas y desde yemas reparadoras o adventicias, cerca de la superficie de la raíz en respuesta a la senescencias o lesión (Del Tredici, 2001). Estos rebrotos se han observado en especies tales como *Drimys winteri*, *Eucryphia cordifolia*, *Robinia pseudoacacia*, *Acacia melanoxylon*, *Ailanthus glandulosa*, *Quercus gambelii*, (Vita, 1996) y *Quercus chrysolepis* (Paysen *et al.*, 1991).

Un rasgo morfológico característico de los rebrotos radicales es un engrosamiento pronunciado en la porción distal de la raíz al punto de origen, considerando que la parte proximal que llega al tocón no lo muestra (Del Tredici, 2001).

2.2.1.2 Rebrotos Aéreos

a) Rebrotos del tipo oportunistas. Estos rebrotos ocurren por el acodo de ramas laterales bajas que producen raíces adventicias donde ellas entran en contacto con el piso del bosque reestableciendo una orientación vertical u ortotropía por reiteración (Del Tredici, 1998, 1999, 2001). Para que esto ocurra se deben reunir las condiciones mediambientales adecuadas. Del Tredici (1998) describe dichos rebrotos en individuos que estaban limitados por bajos niveles de luz, débiles y delgados.

Bajo condiciones de manejo, donde los árboles típicamente pierden sus ramas más bajas, el acodo es raro. Por otra parte, son comunes en coníferas que crecen en sitios expuestos o donde las condiciones promueven la retención de las ramas más bajas (Del Tredici, 2001).

2.2.2 Rebrotos según tipo de yema que lo origina

2.2.2.1 Rebrotos adventicios u oportunistas

Son aquellos rebrotos que se originan de yemas adventicias, desnudas o accesorias, es decir, en tejidos diferenciados, sobre la zona meristemática del cambium (Cameratti, 1969). Este tipo de yemas, de origen exógeno se produce en la región del corte o herida después de una proliferación de células en callo (*Fagus*, *Populus*, *Eucalyptus*) (Jacob, 1981), no mostrando continuidad en toda su extensión hacia la médula (Vita, 1996).

Muchas yemas adventicias se originan a partir del parénquima floemático o rayos iniciales del cambium vascular, siendo oportunistas y de rápida aparición, evolucionando a rebrotos tan pronto han sido activadas.

2.2.2.2 Rebrotos epicórmicos o proventicios

Son aquellos rebrotos que se originan de yemas epicórmicas, proventicias, preformadas, latentes o durmientes. Este tipo de yemas se desarrollan alrededor de la superficie perimetral de tocón; son de origen endógeno y están conectadas con el xilema primario y se mueven hacia fuera en la medida que el árbol crece en radio cada año (Cameratti, 1969). Dichas yemas generan una gran cantidad de rebrotos, conformando así, un nudo epicórmico (Estévez, 1994; Serra *et al.*, 1994).

Los rebrotos de origen epicórmico suelen ser de mejor calidad, en cuanto al desarrollo y sobrevivencia, que aquellos provenientes de yemas adventicias (Vita, 1996), siendo muy abundantes en eucalipto (*Eucalyptus globulus*) (Cameratti, 1969) y quillay (*Quillaja saponaria*) (Estévez, 1994; Serra *et al.*, 1994). También se encuentran en especies como abedul, álamos y hayas, donde se detiene alrededor de los 20 a 30 años, y en *Quercus rubra* y *Tilia spp* en las que pueden estar activas más tiempo (Roussel, 1978).

Cuando no existen las condiciones fisiológicas que activen a la yemas epicórmicas o durmientes, estas desaparecen paulatinamente aisladas o englobadas por formaciones de suber, floema, cambium, y finalmente de leño (Roussel, 1978).

2.2.3 Rebrotos según persistencia en el árbol

Del Tredici (2001), distingue las **yemas suprimidas o latentes** de las **yemas inactivas**, en virtud del hecho que las primeras crecen despacio, lo bastante para mantener el ritmo del crecimiento radial del tronco, considerando que las yemas inactivas generalmente morirán si ellas no se desarrollan dentro de un año o dos después de su formación.

Las yemas suprimidas o latentes, que se encuentran específicamente en lo alto del tocón, son conocidas como yemas epicórmicas, las cuales son morfológicamente idénticas a las yemas del cuello radical de la base del tronco, pero funcionalmente distintas, porque ellas producen ramas en lugar de rebrotos que formarían nuevos fustes (Del Tredici, 2001).

2.3 IMPORTANCIA FORESTAL DEL REBROTE DE CEPA

Bellefontaine *et al.* (2000) y Cole (1983) puntualizan que el manejo de rebrotes de cepa y acodos naturales disminuye los costos al requerir muy poca o ninguna preparación de terreno (fertilización, riego, etc.), permite conservar completo el patrimonio genético mejor adaptado a las condiciones locales, y los rebrotes generalmente tienen un crecimiento más rápido que las plántulas que se originan desde semillas o de plantas producidas en viveros, puesto que cuentan con reservas energéticas almacenadas en las raíces o lignotuber (McCreary, 2004). Además son más precoces en la maduración sexual, aportan material de propagación seleccionado y rejuvenecen material vegetal senil, permitiendo varias rotaciones.

McCreary (2004) agrega que se aminora el riesgo de depredación por insectos, roedores o aves al no existir participación de frutos en el proceso. Además poseen gran habilidad para obtener humedad del suelo y mantener un balance hídrico favorable, debido a que el sistema radical ya se encuentra establecido por el árbol madre, en comparación con las plántulas que deben desarrollarlo. En especies con insuficiente capacidad de regeneración natural por semillas el rebrote le confiere persistencia y ocupación continua del espacio, aumentando la densidad de la cobertura vegetal.

A escala ecológica el rebrote presenta ventajas tanto en el uso del recurso como en la persistencia en el sitio. Los recursos del sitio usados estarán sesgados hacia los genotipos más grandes, o sea, a la cepa que cuente con más rebrotes (copias idénticas de su genotipo) en el sitio. Douhovnikoff (2004) realizó un estudio sobre nueve rodales de segundo crecimiento de secuoya, utilizando marcadores aloenzimáticos, encontrando que del número total de individuos inventariados (356 fustes) existían 35 genotipos distintos. Con respecto a los beneficios de la permanencia en el sitio, los rebrotes que conservan los genotipos localmente exitosos dan una ventaja competitiva sobre las plántulas provenientes de semillas que están sujeto al ensayo y error que implica la reproducción sexual (Douhovnikoff, 2004). En

el caso de secuoya, en el que una gran proporción de semillas son estériles en el momento de la diseminación (Olson *et al*, 1990), las que logran germinar deben competir con rebrotes que cuentan con un sistema radical establecido, confiriéndoles un flujo de nutrientes mayor, lo que se traduce en una tasa de crecimiento más alta. Por último, los eventos que pudiesen producir algún daño individual actúan de manera estocástica, por lo que en genotipos con un mayor número de copias el riesgo de mortalidad se divide entre muchos más individuos.

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA REBROTACIÓN EN *SEQUOIA SEMPERVIRENS*

En secuoya, la corona radical o lignotuber contienen miles de yemas latentes que pueden retener su habilidad de rebrotar hasta la vejez. En California se registran bosques que se han generado en una tercera generación de crecimiento de rebrotes (Del Tredici, 1999), esto considerando que otras especies pierden esta capacidad relativamente temprano en la vida (Cole, 1982, 1983; Del Tredici, 2001).

El origen del rebrote en secuoya es principalmente desde la corona radical o lignotuber. Powers y Wiant (1970), en un estudio en individuos maduros en pendiente, determinaron que el 92% de los rebrotes se originaba de esta estructura, pero éstos a veces crecen desde los lados y superficie de los tocones (Olson *et al.*, 1983; Del Tredici, 1998).

En secuoya, el lignotuber o corona radical es una estructura producida ontogenéticamente a partir de meristemas exógenos y aislados, localizados en las axilas de los dos cotiledones, estructura que ya es visible en plántulas de vivero en menos de cuatro a seis meses de su germinación en invernaderos, mientras que de manera natural el desarrollo procede más despacio, principalmente porque están bajo estrés medioambiental severo (James, 1984; Del Tredici, 1998, 1999). Los rebrotes que de ellos surgen son considerados juveniles en relación a las partes maduras del árbol, presentando fuerte orientación vertical, crecimiento indetermi-

nado, producción de hojas grandes y retención de hojas muertas (Bon *et al.*, 1994; Del Tredici, 1999, 2001).

En secuoya también es posible encontrar una estructura similar al lignotuber denominada comúnmente como “nudo”, la cual es una respuesta a lesiones en el tronco y eventualmente crecen sobre y bajo ella para cubrir las heridas.

Cuando dichas estructuras entran en contacto con la tierra, pueden desarrollar raíces y rebrotes, pero a diferencia de los lignotúberes que están bajo un estricto control genético, éstos se encuentran bajo un control medioambiental. En esto, secuoya es similar a *Ginkgo biloba*, que también produce lignotúberes desde los nodos del cotiledón así como nudos en sus troncos y ramas (Del Tredici, 1992, 1997, 1999).

2.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA REBROTACIÓN

2.5.1 Edad o tamaño del tocón en el momento de la corta

En la medida que el árbol crece, envejece y su diámetro aumenta, disminuye la capacidad para rebrotar, debido posiblemente al mayor grosor de la corteza, que aumenta el aislamiento de las yemas con el exterior. No obstante, Powers y Wiant (1970) describieron secuoyas que mantuvieron la capacidad de rebrotar hasta los 1500 años de edad, exhibiendo diámetros de hasta 4,6 metros registrado tasas de rebrote más alta en árboles que tenían entre 200 y 400 años de edad al momento de la corta. Por otra parte, los tocones más viejos están más susceptibles a la pudrición por la acción de hongos y otros patógenos.

Basados en antecedentes registrados por Del Tredici (2001) las angiospermas templadas rebrotarán vigorosamente y en altos porcentajes en ejemplares de entre 5 y 15 cm de diámetro. Los rebrotes producidos por árboles de más de 15 cm

requieren altas tasas de luminosidad para desarrollar tallos de reemplazos eficaces, sin considerar el origen morfológico.

2.5.2 Estación del año en la cual se efectúa la corta

En general, la mejor época del año para efectuar la corta es durante el período de receso e inicio de la actividad vegetativa, preferentemente antes de que comience la brotación de las yemas, porque los productos de la fotosíntesis almacenados alcanzan en ese momento la máxima concentración. La corta durante el verano puede coincidir con una falta de vigor debido a la escasez de humedad en el suelo (Prado, 1989; Serra *et al.*, 1994; Vita, 1996; Del Tredici, 2001).

Por ejemplo, *Quercus ilex* cortado durante otoño y primavera, presenta mejores resultados en comparación con individuos cortados durante invierno, que presentaron una alta mortalidad de rebrotes por heladas (Ducrey y Turel, 1992).

2.5.3 Técnica de corta

En relación a la manera de efectuar la corta, una técnica apropiada tiene como propósito mantener la vitalidad de la cepa, rejuvenecerla y obtener rebrotes vigorosos, para lo cual es preciso considerar la altura del tocón, la inclinación de su cara superior y el tipo de herramienta a emplear (Cameratti, 1969; Estévez, 1994; Vita, 1996; Guzmán, 1998; González, 2000).

Con el propósito de facilitar el escurrimiento del agua sobre la superficie superior del tocón y evitar la pudrición, el corte debe ser inclinado y liso, sin irregularidades que retengan la humedad (Cameratti, 1969; Estévez, 1994; Guzmán, 1998; González, 2000).

2.5.4 Altura del tocón

En general, el tocón debe estar lo más cercano al suelo siendo recomendable dejarlo entre 12 y 20 cm de distancia al suelo, según lo permita la herramienta de corta. Con esto se logra la óptima utilización de la primera troza del árbol, estimular la rebrotación más firme y menos susceptible al daño provocado por el viento (Vita, 1996).

En zonas áridas cálidas, el corte demasiado bajo puede provocar un fracaso total de la rebrotación, dado que el tocón se deshidrata algunos centímetros bajo la superficie cortada.

De acuerdo a Bratti (1996), para *Acacia saligna* la altura de corte que logró mayor crecimiento y vigor de los rebrotes, durante la primera temporada de crecimiento post intervención, fue de 50 cm sobre el suelo. Según Guzmán (1998), en *Eucalyptus nitens*, tocones entre 17 y 21 cm de altura producen retoños, aunque entre 6 y 10 cm logran niveles de supervivencia y mejores crecimiento. En *Quercus ilex* los mejores resultados se obtuvieron a una altura de corte de 15 cm sobre el suelo (Ducrey y Turrel, 1992), todo lo cual indica, que cada especie tiene su estrategia y mejor altura de corte.

2.6 LUMINOSIDAD

Un aspecto determinante en el comportamiento de la actividad de las yemas, en lo que concierne al inicio y duración de la brotación, y al período de crecimiento de los rebrotes, es la calidad del ambiente lumínico circundante, que entrega información acerca de una serie de condiciones medio ambientales, como la época del año y la presencia de plantas vecinas (cobertura a nivel aéreo y de tocón) (Ibarra, 1999; Casal, 2000).

Aunque secuoya puede sobrevivir con bajos niveles de luminosidad, tanto el crecimiento del rebrote y la mortalidad están relacionados con los niveles de luz en el momento del raleo y con la disponibilidad de humedad en el suelo durante la primeras estaciones de crecimiento. Es así como, el máximo crecimiento es posible sólo a completa luminosidad solar y amplia disponibilidad de humedad (Cole, 1982, 1983), comportándose como plantas adaptadas al sol en la madurez (Peer *et al.*, 1999).

En términos generales, al llegar al piso del bosque se ha perdido alrededor del 60% de la radiación global y de un 90% de la radiación visible tras el paso por el dosel. Por ello que es posible asumir que, dentro del rodal, predominan radiaciones de longitud de onda cercanos a los 660 a 730 nanómetros (nm) lo que se asocia a las franjas del rojo al rojo lejano (Ibarra, 1999; Casal, 2000).

Lo anterior es detectado por una batería de receptores denominados fitocromos, cuya actividad se relaciona con la organogénesis, fotomorfogénesis, adaptación a la longitud del fotoperíodo y, el ajuste frente a las condiciones cambiantes de irradiancia que se presentan de manera impredecible durante el día, regulando las respuestas de crecimiento en presencia de vecinos y potenciales competidores bajo condiciones naturales o de monocultivo (Casal, 2000).

La fracción visible de la radiación solar corresponde al rango de 400 -700 nm y recibe la denominación de “radiación fotosintéticamente activa” o PAR (Ibarra, 1999; Casal, 2000), la cual regula la fotosíntesis y asimilación del carbono siendo determinante en la productividad forestal. Smart (1988), en una investigación en vides, determinó una relación directa en el comportamiento entre la PAR, la razón 660:730 nm y la densidad de rebrotes.

2.7 ECOLOGÍA DE LOS REBROTES

Recientemente ecólogos han empezado a documentar, el importante rol que juega el rebrote en la reestructuración de los bosques que se forman después de disturbios y sus implicancias evolutivas (Del Tredici, 2001; Douhovnikoff, 2004). Éstos, han descrito al producto inicial de una semilla como un solo genotipo, y sus copias como parte de él. Cuando una de estas copias se separa o desarrolla su propio sistema radical, es denominada “ramet”, y a su formación reproducción vegetativa. Si la copia no se separa de su cepa madre se habla de regeneración vegetativa, la cual funciona como medio para la perpetuación temporal de una planta, siendo la producción de nuevos tallos y raíces el método prevaleciente de este tipo de regeneración (James, 1984).

De acuerdo a James (1984), la asignación de recursos en el individuo se ve afectada por la capacidad que este tiene para regenerarse vegetativamente, ya que de acuerdo a la estrategia reproductiva de la especie, la energía es destinada a estructuras de reproducción sexual (flores, semillas) y/o regeneradoras o reproductoras asexuales (lignotuber, rizomas, rebrotes, etc.).

Las estrategias y tácticas de reproducción evolucionan bajo la influencia de propiedades espaciales y temporales de diferentes hábitats, incluyendo la frecuencia y cantidad de disturbios bióticos y abióticos en el tiempo (Harper, 1967 citado por James, 1984). En climas de tipo mediterráneo con incendios frecuentes de origen natural, se describen distintas estrategias reproductivas, asociadas a la capacidad de sólo semillar o de semillar y rebrotar (James, 1984; Montenegro *et al.* 2004).

Secuoya se ubica entre las especies que pueden semillar y rebrotar, siendo esta característica la que le confiere una mejor aptitud (“fitness”) o capacidad para transmitir su información genética a las siguientes generaciones. Esto, le otorga a la especie, la habilidad de sobrevivir a una amplia gama de disturbios, generar un alto nivel de productividad y permanecer a lo largo del tiempo, después que la cepa

madre a desaparecido, lo que finalmente se convierte en una ventaja competitiva para la colonización del sitio y en un importante factor en la evolución, producto del establecimiento vegetativo del genotipo a través de la propagación (Douhovnikoff, 2004).

En diversas publicaciones se ha relacionado la capacidad de rebrote basal de secuoya con la supervivencia en ambientes donde los incendios son recurrentes (Del Tredici, 1999). Esto es consistente con estudios realizados en climas de tipo Mediterráneo, que indican que las angiospermas productoras de lignotúberes son comunes y han evolucionado en áreas donde los veranos son calientes, secos y los incendios periódicos (James, 1984; Del Tredici, 1999; Montenegro *et al.*, 2004).

En bosques templados no intervenidos, el rebrote de árboles es un importante mecanismo para promover la supervivencia bajo condiciones de dosel cerrado (Del Tredici, 2001), lo cual reduce la diversidad genética dentro de una población (aumentado el número de tallos idénticos), provocando una mejor utilización del sitio y uso del recurso (Douhovnikoff, 2004).

3 MATERIAL Y MÉTODO

3.1 MATERIAL

3.1.1 Ubicación

El material vegetal utilizado en los ensayos correspondió a 16 ejemplares, previamente volteados; ocho de los cuales se encontraban en la localidad de Frutillar, en el Centro Experimental Forestal “Edmundo Winkler” (X Región) perteneciente a la Universidad de Chile, y ocho en la zona de Villarrica, en un rodal puro en predios de la Empresa Forestal Voipir, ubicado a 5 km al suroeste de la ciudad de Villarrica (IX Región).

Las parcelas se encontraban localizadas en las siguientes coordenadas UTM:

Sector Frutillar	Sector Villarrica
0665514 5445346	0734643 5646302

3.1.2 Clima

3.1.2.1 Sector *Frutillar*

La región de los Lagos posee un clima templado oceánico o lluvioso, cuya principal característica es la ausencia de período seco. En esta región se distinguen los subtipos climáticos, “Clima templado oceánico con influencia continental”, y “Clima templado oceánico (marítimo) frío y lluvioso” (Sánchez *et al.*, 1993). De acuerdo a Novoa y Villaseca (1989), Frutillar se encuentra circunscrito a un tipo de clima de “Lagos”. Este se caracteriza por estar menos expuesto a heladas, presentando un promedio de las temperaturas mínimas diarias del mes más frío superior a 8 °C y un promedio de las máximas diarias del mes más frío entre 10 °C y 21

°C. La precipitación anual corresponde a 2.160 mm, acumulándose 268 mm en el período diciembre – febrero, y 879 mm en el período junio - agosto (Merlet *et al.*, 1992).

3.1.2.2 Sector Villarrica

Esta localidad posee un clima del tipo “Templado Infratermal Estenotérmico Mediterráneo Perhúmedo”, caracterizado por un régimen térmico que varía, en promedio, entre una máxima de enero de 23,2 °C y una mínima de 4,9 °C en julio. El régimen hídrico presenta una precipitación media anual de 2.140 mm, y un período seco de 2 meses (Santibáñez *et al.*, 1993).

3.1.3 Descripción de las parcelas

La parcela ubicada en la localidad de Frutillar era parte de un rodal plantado el año 1971 a un distanciamiento de 2,0 x 2,0, con exposición NO y pendiente promedio de 55% (Espinoza, 2003; Vita, 1977). Por otra parte, la parcela situadas en la localidad de Villarrica, era parte de un rodal puro, con tres raleos y dos podas, a un espaciamiento inicial de 1,5 x 2,0 y final de 5,0 x 5,0, instalado en el año 1959, con exposición SO y 30% de pendiente promedio.

Las figura N° 1 y N° 2 presentan las características dasométricas de las parcelas de muestreo en las localidades de Frutillar y Villarrica.

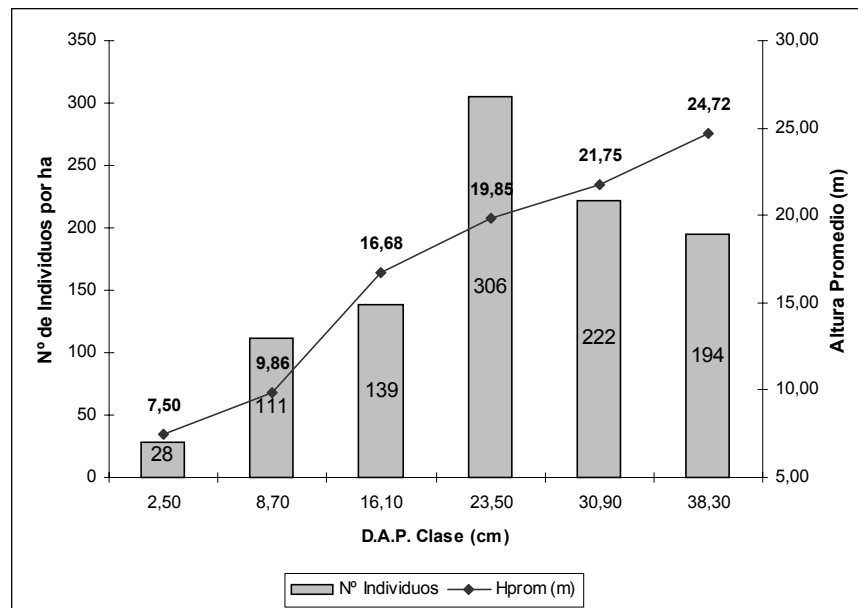


Figura N° 1: Número de Individuos por Clase de D.A.P. y Altura Promedio en la localidad de Frutillar (X Región).

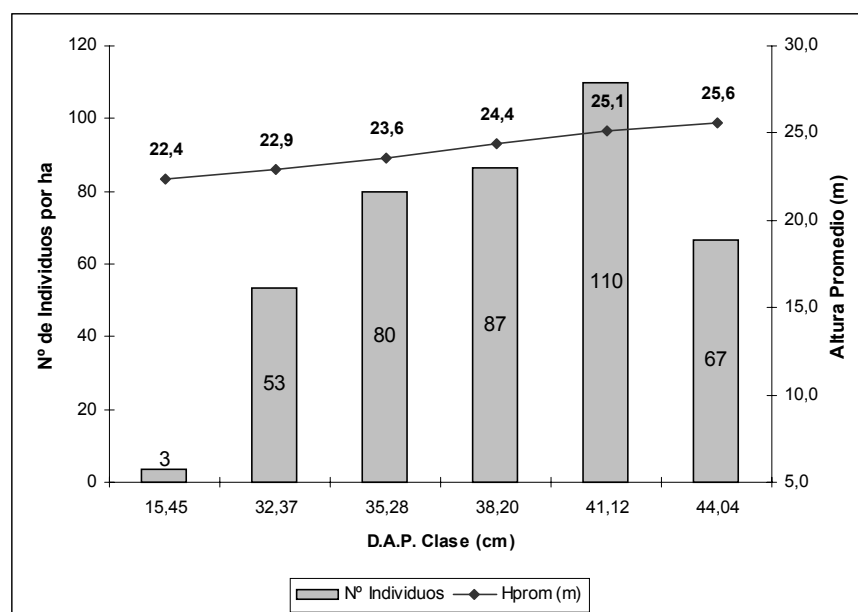


Figura N° 2: Número de Individuos por Clase de D.A.P. y Altura Promedio en la localidad de Villarrica (IX Región).

En las figuras anteriores, se puede apreciar que el número de individuos distribuidos por clase de D.A.P. tienen un comportamiento cercano al normal, con

cierto desplazamiento en Villarrica, de la máxima concentración de individuos a clases mayores de D.A.P., probablemente debido a su mayor edad y manejo silvicultural.

Lo anterior también explicaría el comportamiento de las alturas promedios de los individuos por clase de D.A.P., observándose poca diferencia entre los individuos de menor contra los de mayores diámetro en la localidad de Villarrica, contraponiéndose al sector de Frutillar donde la diferencia es más pronunciada.

3.1.4 Suelo

El rodal ubicado en la localidad de Frutillar se encuentra circunscrita a la serie Frutillar, con clase de capacidad de uso de suelo IV – VII, de textura franco, pobremente drenado y moderadamente profundo (75 – 100 cm), Ph 5,6 y densidad del suelo 0,53 g/cm³. Por otra parte, el rodal localizado en Villarrica, se ubica en la serie Cerro Nahuel con clase de capacidad de uso VII, textura franco arenoso fino, bien drenado y moderadamente profundo (75 – 100 cm), Ph 5,7 y densidad de suelo 0,98 g/cm³ (CIREN – CORFO, 2001; Toral *et al.*, 2004).

3.2 MÉTODO

3.2.1 Selección de cepas

Como unidad muestral se definió la cepa, que corresponde a un individuo que posee uno o más vástagos, cuyos troncos o bases subterráneas están directamente unidos a la raíz principal y que, a su vez, mantiene la capacidad de rebrotar.

Se escogieron aquellas cepas que presentaban los menores problemas de sanidad y riesgo de alteraciones antrópicas, de acuerdo a una prospección visual, abarcando de manera representativa el rango de coberturas producidas por el dosel arbóreo.

La cobertura provocada por el dosel arbóreo se asoció al área basal calculada en parcelas circulares de radio 10 metros, con centro en la cepa. El área basal relacionada a diferentes coberturas, se ha descrito como un buen indicador del comportamiento de la radiación fotosintéticamente activa (Hernández, 2003).

En el Cuadro N° 1 y Figuras N° 3 y N° 4 se observa la distribución de las cepas respecto a la cobertura del dosel arbóreo asociada al rango de área basal, y en el Apéndice N° 1 los levantamientos verticales y horizontales de las parcelas con centro en las cepas de la localidad de Frutillar.

Cuadro N° 1: Cepas seleccionadas por rango de área basal en sectores de Frutillar y Villarrica.

Cobertura Dosel Arbóreo	Sector Frutillar		Sector Villarrica	
	Área Basal (m ² /ha)	N° de Cepas	Area Basal (m ² /ha)	N° de Cepas
Baja	0,00 – 11,67	1	0,00 – 2,08	1
Media	11,67 – 30,00	3	2,08 – 3,80	3
Alta	30,00 – 48,33	4	3,80 – 5,52	4

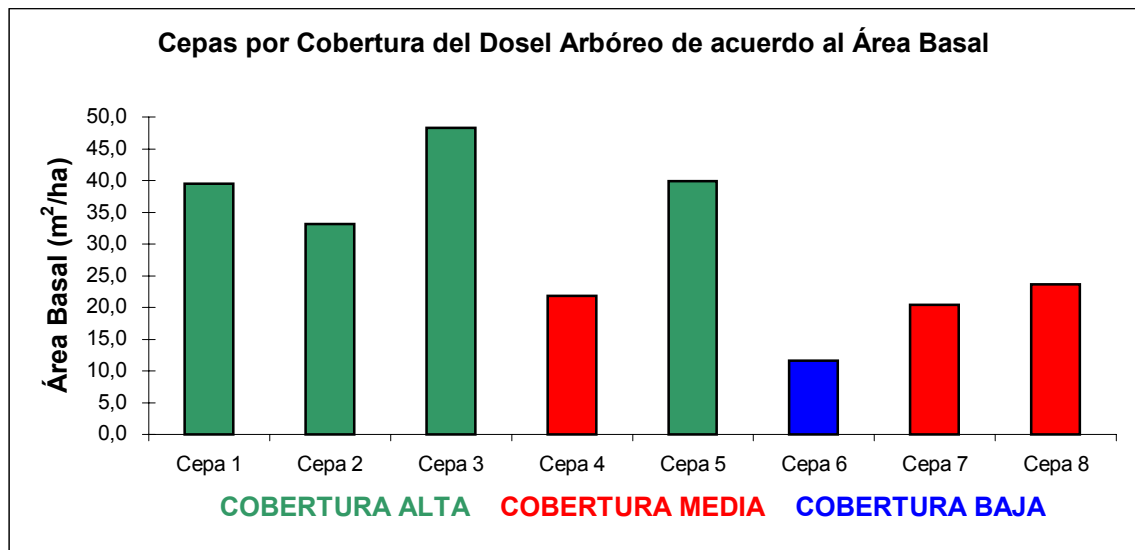


Figura N° 3: Cepas asociadas al tipo de cobertura del Dosel Arbóreo de acuerdo al Área Basal calculado en parcelas circulares de radio 10 metros con centro en la cepa, en la localidad de Frutillar.

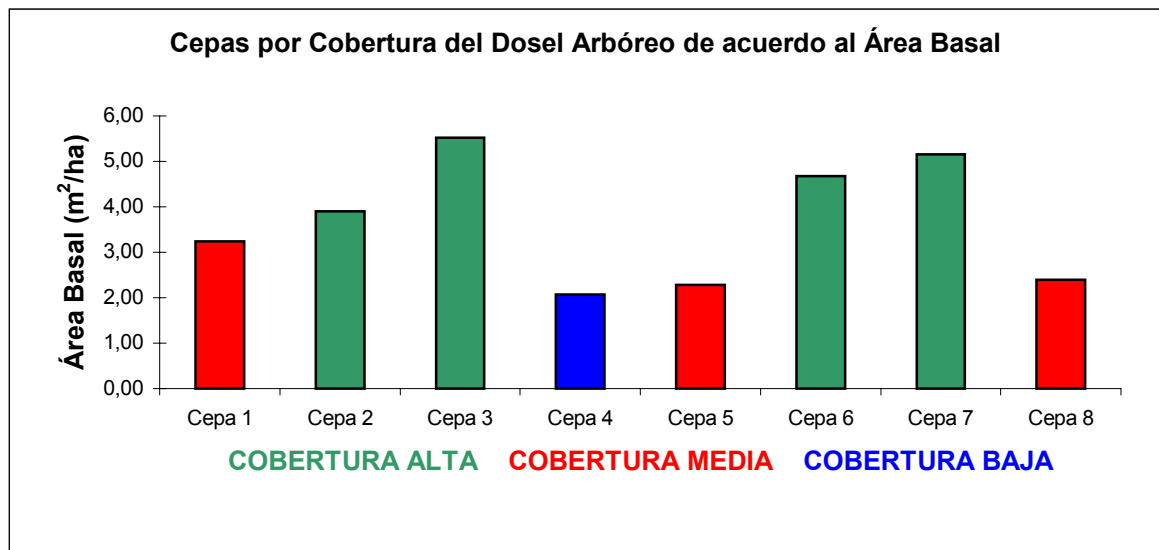


Figura N° 4: Cepas asociadas al tipo de cobertura del Dosel Arbóreo de acuerdo al Área Basal calculado en parcelas circulares de radio 10 metros con centro en la cepa, en la localidad de Villarrica.

3.2.2 Evaluación del rebrote.

La evaluación de la capacidad de rebrote de las cepas comprendió seis controles, desde el verano del 2003 hasta el otoño del 2004. A continuación se presenta el detalle de los controles

Control	Fecha	Estación del Año
Primer	2 al 9 de enero del 2003	Verano
Segundo	29 de abril al 4 de mayo del 2003	Otoño
Tercero	5 al 12 de agosto del 2003	Invierno
Cuarto	30 de octubre al 6 de noviembre del 2003	Primavera
Quinto	2 al 8 de febrero del 2004	Verano
Sexto	30 de abril al 5 de mayo del 2004	Otoño

En los controles se evaluaron las siguientes características:

- Origen biológico del rebrote de acuerdo al tipo de yema que lo origina.
- Exposición de los puntos de inserción de los rebrotes según cuadrante.
- Número de ejes emergentes por punto de inserción.
- Altura de los puntos de inserción de los rebrotes o nudos.
- Longitud de los rebrotes.
- Diámetro de cuello de los rebrotes.
- Cobertura a nivel de las cepas y copas.

3.2.2.1 *Caracterización de la capacidad de rebrote de cepas.*

Los rebrotes de las cepas se caracterizaron a través del origen biológico de éstas, determinado por el tipo de yema que los originó (epicórmica, adventicia, lignotuber y de raíz), y su cuadrante de exposición, el cual se estableció dividiendo

imaginariamente la superficie de la cepa en cuatro secciones, cada una de ellas direccionadas a uno de los cuatro puntos cardinales o exposiciones Noroeste, Noreste, Suroeste y Sureste (Figura N° 5). Se contabilizó el número de rebrotes por punto de inserción (yema), y su altura desde el suelo (Hpi).

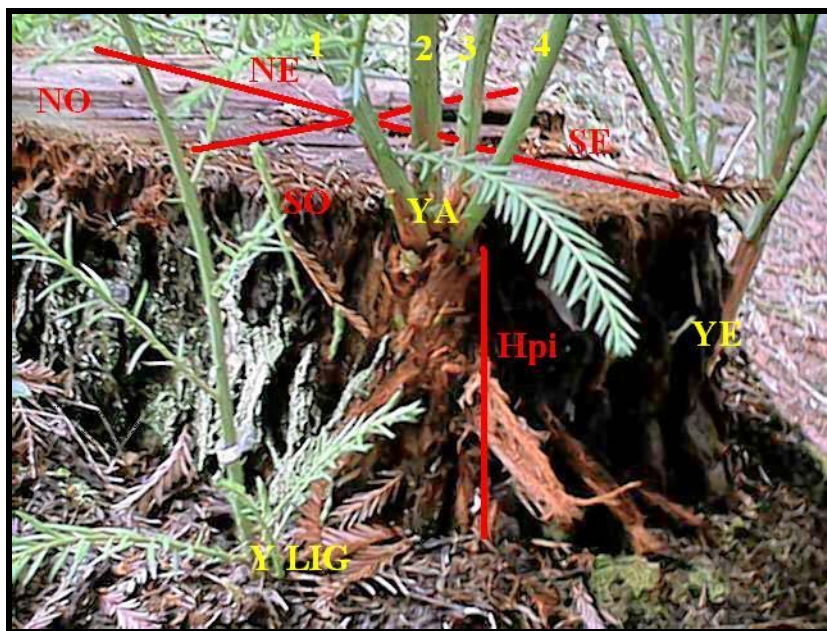


Figura N° 5: Esquema de marcación de la cepa. YA: Yemas adventicias, YE: Yemas epicórmicas; YLIG: Yemas del lignotuber; Hpi: Altura del punto de inserción; NO: Cuadrante Noroeste; SO: Cuadrante Suroeste; SE: Cuadrante Sureste; NE: Cuadrante Noreste.

3.2.2.2 Evaluación del incremento promedio del diámetro y la longitud de los rebrotes.

La longitud de los rebrotes se midió desde el punto de inserción al ápice de estos, utilizando una huincha de medir con precisión al centímetro. El diámetro de cuello de los rebrotes se midió utilizando un pie de metro con precisión al milímetro (Figura N° 6).



Figura N° 6: Longitud del rebrote (Hr) y Diámetro de cuello del rebrote (Dc).

Se realizó una aproximación de la cobertura producidas por los árboles vecinos a las cepas, a través de levantamientos horizontales y verticales de los árboles de una parcela circular de radio 10 metros, cuyo centro es la cepa, asociándoles el área basal de dicha parcela, con el fin de tener una proyección de la superficie ocupada por vegetación arbórea (Figura N° 7).

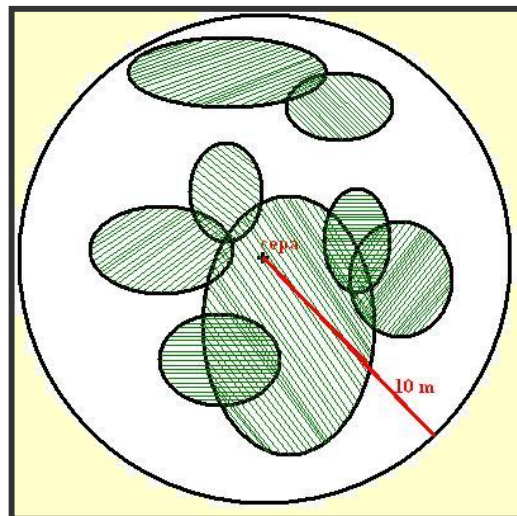


Figura N° 7: Levantamiento horizontal de una parcela de 10 metros de radio, cuyo centro es la cepa.

La determinación de la cobertura a nivel de cepa, se realizó a través de las condiciones lumínicas a la altura de las yemas, para lo cual se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Esto se realizó sobre las unidades muestrales en los cuatro puntos cardinales, en la base, borde de corte y sección media del tocón y en la superficie del tocón mediante una grilla de 5 x 5 puntos. Estos valores fueron comparados con la situación sin cobertura (a plena luz), estableciéndose la luminosidad relativa como un índice para esta caracterización (Ibarra, 1999).

El registro de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), se realizó cuatro veces en la localidad de Frutillar, una en cada estación del año (verano, otoño, invierno, primavera), tres veces al día (mañana, medio día y atardecer), cubriendo distintas condiciones microclimáticas lumínicas, en las cuales las yemas se encontraban inmersas. Para lo anterior se utilizó un medidor PAR modelo QS-2 (Delta-T Devices), el cual mide la cantidad de micromoles de fotones que inciden sobre una superficie por unidad de tiempo (micromoles/m²/s).

3.2.2.3 Descripción de la natalidad y mortalidad de los rebrotes.

El patrón de dinámica de rebrotes, puede ser definido como los cambios relativos en el número de vástagos en función del propio período vegetativo, independiente de los tiempos de inicio, término e intensidad del crecimiento, aún cuando la mayoría de los estudios fenológicos sobre un proceso de ciclo de vida, se hacen en función de estos elementos (Serey y Claros, 1995).

El número de rebrotes vivos y muertos se obtuvo contando todos los vástagos, incluyendo los dañados o muertos, los que se clasificaron de acuerdo a su exposición y origen biológico.

La mortalidad es el número de rebrotes muertos entre dos mediciones consecutivas del número de vástagos, de acuerdo al tipo de yema que lo originó.

4 RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DEL REBROTE

4.1.1 Caracterización de la capacidad de rebrote de cepas

Los cuadros N° 2 y N° 3 indican el número de rebrotes presentes en cada control. Se puede observar que, en la localidad de Frutillar, las principales variaciones entre el primer y último control ocurrieron en cepas con una cobertura media a alta del dosel arbóreo, lo que implica una menor luminosidad sobre sus yemas, en comparación de cepas con baja cobertura. Por otro lado, en las cepas de la localidad de Villarrica, las variaciones fueron similares para todas las coberturas, lo que indicaría que los rebrotes, han alcanzado un equilibrio, asociado al término de un proceso de competencia y como respuesta al manejo silvicultural, que se le ha dado en el período de tiempo comprendido entre que fueron cosechados y controlados (tres años).

Cuadro N° 2: Número de rebrotes por cepa según épocas de control y cobertura del dosel arbóreo en la localidad de Frutillar.

Cepa	Cobertura Dosel Arbóreo	Época de Control					
		2003				2004	
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Cepa_1	Alta	20	61	61	60	78	73
Cepa_2	Alta	19	42	36	32	30	32
Cepa_3	Alta	7	14	17	21	22	22
Cepa_4	Media	5	12	11	11	12	12
Cepa_5	Alta	18	50	64	66	61	62
Cepa_6	Baja	25	31	35	41	38	35
Cepa_7	Media	1	15	20	49	55	58
Cepa_8	Media	102	111	107	104	99	88

Cuadro N° 3: Número de rebrotes por cepa según épocas de control y cobertura del dosel arbóreo en la localidad de Villarrica.

Cepa	Cobertura Dosel Arbóreo	Época de Control					
		2003				2004	
		Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Verano	Otoño
Cepa_1	Media	15	17	17	17	15	15
Cepa_2	Alta	18	16	16	16	15	15
Cepa_3	Alta	10	7	4	4	3	3
Cepa_4	Baja	18	20	19	19	19	19
Cepa_5	Media	10	10	10	10	9	9
Cepa_6	Alta	9	7	7	7	8	8
Cepa_7	Alta	6	6	5	5	5	5
Cepa_8	Media	4	3	2	2	2	2

Con respecto a la variación estacional del número de rebrotes, se aprecia que en la localidad de Frutillar, en las cepas bajo una cobertura de dosel alta tiene un fuerte aumento en el periodo verano – otoño del 2003, estabilizándose en un promedio de 45 rebrotes por cepa. Las cepas bajo una cobertura de dosel media, presentan dos aumentos fuertes de número de rebrotes, en los periodos verano – otoño del 2003 e invierno – primavera del 2003, mientras que la cepa a mayor exposición de luminosidad (menor cobertura arbórea), presentó un promedio de 34 rebrotes por temporada, siendo la más baja de la muestra.

En el caso de la localidad de Villarrica, exhiben un comportamiento de disminución del número de rebrotes en cada temporada, estabilizándose a partir del periodo otoño – invierno del 2003, siendo en conjunto las cepas bajo una cobertura de dosel alta las que presentan un mayor número de rebrotes en cada temporada.

Los valores graficados en las figuras N° 8 y N° 9 representan la participación de cada tipo de yema en las distintas etapas del año en las que se realizaron los controles.

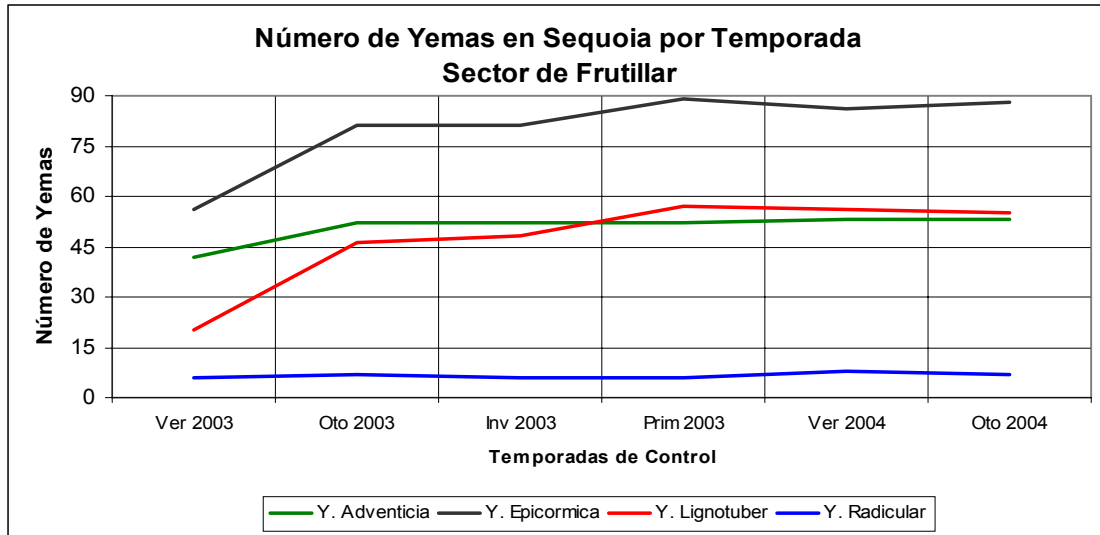


Figura N° 8: Origen biológico de las yemas de secuoya en la localidad de Frutillar.

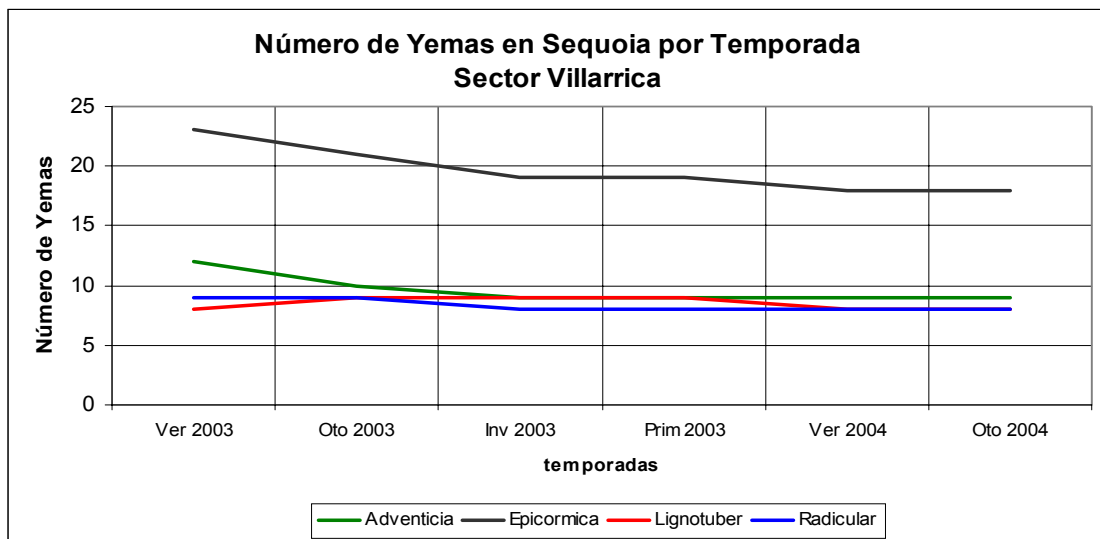


Figura N° 9: Origen biológico de las yemas de secuoya en la localidad de Villarrica.

En ambas localidades, el origen biológico de los rebrotes provienen de yemas latentes ubicadas en el lignotuber, de yemas adventicias, radicales, y epicórmicas o proventicias.

Las yemas epicórmicas, que en este estudio constituyen más del 40% de las yemas existentes, responden a factores endógenos que con presencia de órganos preformados exhiben una rápida respuesta a las condiciones ambientales favorables. En tanto que las yemas adventicias, ubicadas en la zona del corte o daño, se mantienen estables a lo largo del período de medición. Las yemas provenientes del lignotuber, no sólo responden a características endógenas de la cepa, sino que también son una respuesta adaptativas frente a la explotación, al daño y al fuego (Serra, 1994).

Del Tredici (1998) y Power y Wiant (1970), determinaron que en California, EE.UU., el lignotuber es el origen biológico de rebrotes de mayor frecuencia en secuoya, con cerca del 92% de todos los rebrotes, lo que se contrapone a los resultados obtenidos en este estudio.

En la figura N° 8 es posible observar que, en la localidad de Frutillar, se produce una clara tendencia al aumento del número total de yemas, independiente del origen biológico, excepto las yemas radicales, cuyo aumento no es tan claro, representando un rodal dinámico y juvenil. Por su parte, en la localidad de Villarrica, se encuentra un rodal con rebrotes estabilizados y maduros, ya que se observa un estado de equilibrio entre las yemas adventicias y radicales y una disminución de los rebrotes provenientes de las yemas epicórmicas, tal y como se observa en la Figura N° 9 a partir del período de medición correspondiente al invierno del 2003.

La frecuencia de distribución de yemas en el total de cepas fue de 26,11% y 20,93% para las del tipo adventicio; 43,35% y 41,86% del tipo epicórmico; 27,09% y 18,60% desde el lignotuber y 3,45% y 18,60% radicales, en las localidades de Frutillar y Villarrica, respectivamente.

Paysen *et al.* (1991) y Molina y Verdaguer (1993), demostraron que, en *Quercus chrysolepis* y *Quercus suber*, la mayor proporción de rebrotes provenía de yemas del lignotuber. Por su parte, Tiedemann *et al.* (1987) determinaron para *Quercus gambelii*, que el lignotuber participaba en un 72% de la biomasa subterránea, donde se concentra el potencial regenerativo de la especie.

Por otra parte, Estévez (1994) y Del Fierro (2001) determinaron que las yemas epicórmicas eran las que más participaban en la formación de rebrotes, con un 86,9% en quillay y 93,8% en espino, seguidas muy lejanamente por las que se originan desde el lignotuber (8,36% y 1,7% respectivamente). Cameratti (1969) y Prado (1989) establecieron que la rebrotación en especies de eucaliptos se producía a partir de yemas adventicias y epicórmicas, las primeras como consecuencia de la herida producida por el corte y la segunda debido al desbalance fisiológico que se produce al cortar el árbol.

De este modo, se puede confirmar lo indicado por Serra *et al.* (1994), que el origen biológico de las yemas que generan los rebrotes, es variable según la estrategia de recuperación por rebrotación de la especie, al igual que su participación en la reposición de la arquitectura original.

4.1.1.1 Relación entre el cuadrante de exposición en el tocón, origen biológico y el número de rebrotes

Se analizó el comportamiento de las yemas frente a las distintas exposiciones que registraron los 16 cepas muestreadas.

Cuadro Nº 4: Número de yemas según origen biológico y cuadrante de exposición, en la primera y última medición en la localidad de Frutillar.

Origen Biológico	Cuadrante de Exposición									
	Verano 2003					Otoño 2004				
	NE	NO	SE	SO	Total	NE	NO	SE	SO	Total
Adventicio	11	9	13	9	42	15	11	16	11	53
Epicórmico	25	25	-	6	56	34	39	8	7	88
Lignotuber	4	9	3	4	20	15	24	13	3	55
Radical	1	3	-	2	6	2	2	1	2	7
Total	41	46	16	21	124	66	76	38	23	203

Cuadro N° 5: Número de yemas según origen biológico y cuadrante de exposición, en la primera y última medición en la localidad de Villarrica.

Origen Biológico	Cuadrante de Exposición									
	Verano 2003					Otoño 2004				
	NE	NO	SE	SO	Total	NE	NO	SE	SO	Total
Adventicio	2	5	3	2	12	2	5	2	-	9
Epicórmico	3	4	10	6	23	2	3	8	5	18
Lignotuber	3	-	-	1	4	3	-	1	4	8
Radical	1	2	1	5	9	1	1	1	5	8
Total	9	11	14	14	48	8	9	12	14	43

En los cuadros N° 4 y N° 5 se aprecia la distribución del número de yemas según las diferentes exposiciones del tocón y su origen biológico en el primer y último período de control. En ellos queda en evidencia que, en la localidad de Frutillar, cerca del 70% de las yemas ocupan las exposiciones asoleadas (ecuatoriales: NO y NE) y, en la localidad de Villarrica, cerca del 60% de las yemas ocupa las orientaciones más sombrías (polares: SE y SO).

De manera más detallada, las yemas que originan los rebrotes, se distribuyen de manera diferencial respecto a su localización en los diferentes cuadrantes de exposición. En la situación de Frutillar, se aprecia que las yemas adventicias tienen una distribución relativamente homogénea, mientras que en la localidad de Villarrica una alta proporción de este tipo de yemas, ocupa los cuadrantes de exposición ecuatorial (NO y NE) de mayor temperatura y radiación.

Para el caso de las yemas epicórmicas, del lignotuber y radicales existe una clara preferencia a ocupar los cuadrantes de exposición ecuatorial en la localidad de Frutillar, al contrario de lo que ocurre en la localidad de Villarrica, donde la tendencia indica que se encuentran concentrada en los sectores polares (SE y SO), ubicaciones más sombrías y menos expuestas a la radiación.

Si el mismo análisis se traslada sobre los cuadros N° 6 y N° 7, que resumen el número de rebrotes que ocupan las diferentes exposiciones de la cepa según el tipo de yema que lo origina en el primer y último período de medición, se puede observar que se repite el patrón de utilización de las diferentes exposiciones por parte de los rebrotes para ambas localidades. La única excepción de los rebrotes

provenientes de yemas radicales en la localidad de Villarrica que ocupan los cuadrantes de exposición ecuatorial (NO y NE) que tiene características ambientales más favorables.

Cuadro N° 6: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y origen biológico, en el primer y último período de medición en la localidad de Frutillar.

	Origen Biológico	Cuadrante de Exposición				Total
		NE	NO	SE	SO	
2003	Adventicio	20 (25,97%)	13 (16,88%)	29 (37,66%)	15 (19,48%)	77 (100%)
	Epicórmico	41 (45,56%)	29 (32,22%)	- (00,00%)	20 (22,22%)	90 (100%)
	Lignotuber	4 (18,18%)	11 (50,00%)	3 (13,64%)	4 (18,18%)	22 (100%)
	Radical	1 (12,50%)	3 (37,50%)	- (00,00%)	4 (50,00%)	8 (100%)
2004	Adventicio	33 (28,21%)	27 (23,08%)	38 (32,48%)	19 (16,24%)	117 (100%)
	Epicórmico	53 (31,18%)	72 (42,35%)	17 (10,00%)	28 (16,47%)	170 (100%)
	Lignotuber	24 (28,57%)	31 (36,90%)	26 (30,95%)	3 (03,57%)	84 (100%)
	Radical	3 (27,27%)	2 (18,18%)	2 (18,18%)	4 (36,36%)	11 (100%)

Cuadro N° 7: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y origen biológico, en el primer y último período de medición en la localidad de Villarrica.

	Origen Biológico	Cuadrante de Exposición				Total
		NE	NO	SE	SO	
2003	Adventicio	4 (20,00%)	6 (30,00%)	7 (35,00%)	3 (15,00%)	20 (100%)
	Epicórmico	3 (7,50%)	8 (20,00%)	15 (37,50%)	14 (35,00%)	40 (100%)
	Lignotuber	4 (26,67%)	- (0,00%)	- (0,00%)	11 (73,33%)	15 (100%)
	Radical	2 (13,33%)	7 (46,67%)	1 (6,67%)	5 (33,33%)	15 (100%)
2004	Adventicio	4 (23,53%)	8 (47,06%)	4 (23,53%)	1 (5,88%)	17 (100%)
	Epicórmico	2 (6,45%)	4 (12,90%)	13 (41,94%)	12 (38,71%)	31 (100%)
	Lignotuber	4 (26,67%)	- (0,00%)	1 (6,67%)	10 (66,67%)	15 (100%)
	Radical	2 (15,38%)	5 (38,46%)	1 (7,69%)	5 (38,46%)	13 (100%)

En los cuadros N° 8 y N° 9 se observa el número de rebrotes respecto al cuadrante de exposición que ocupan y a los distintos períodos de control.

Cuadro N° 8: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante de exposición y período de medición en la localidad de Frutillar.

	Período Medición	Cuadrante de Exposición				Total
		NE	NO	SE	SO	
2003	Verano	66 (33,50%)	56 (28,43%)	32 (16,24%)	43 (21,83%)	197 (100%)
	Otoño	104 (30,95%)	127 (37,80%)	55 (16,37%)	50 (14,88%)	336 (100%)
	Invierno	105 (29,91%)	132 (37,61%)	59 (16,81%)	55 (15,67%)	351 (100%)
	Primavera	116 (30,21%)	133 (34,64%)	75 (19,53%)	60 (15,63%)	384 (100%)
2004	Verano	116 (29,37%)	140 (35,44%)	80 (20,25%)	59 (14,94%)	395 (100%)
	Otoño	113 (29,58%)	132 (34,55%)	83 (21,73%)	54 (14,14%)	382 (100%)

Cuadro N° 9: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante de exposición y período de medición en la localidad de Villarrica.

	Período Medición	Cuadrante de Exposición				Total
		NE	NO	SE	SO	
2003	Verano	13 (14,44%)	21 (23,33%)	23 (25,56%)	33 (36,67%)	90 (100%)
	Otoño	13 (15,12%)	21 (24,42%)	20 (23,26%)	32 (37,21%)	86 (100%)
	Invierno	13 (16,25%)	18 (22,50%)	19 (23,75%)	30 (37,50%)	80 (100%)
	Primavera	13 (16,25%)	18 (22,50%)	19 (23,75%)	30 (37,50%)	80 (100%)
2004	Verano	12 (15,79%)	17 (22,37%)	19 (25,00%)	28 (36,84%)	76 (100%)
	Otoño	12 (15,79%)	17 (22,37%)	19 (25,00%)	28 (36,84%)	76 (100%)

En ambos sectores de medición, los rebrotes se concentraron en las porciones del tocón orientadas hacia la parte baja de la parcela, con un 65% de los rebrotes en el caso de Frutillar (orientación norte) y 61% en Villarrica (orientación sur).

Similar comportamiento se describió en estudios realizados a secuoya por Power y Wiant (1970) y Del Tredici (1999), quienes explicaron que tal evento ocurre por un mayor desarrollo radical en la zona del tocón que se orienta a favor de la inclinación del terreno, con el objeto de arraigarse de mejor forma, proporcionando estabilidad y sujeción favoreciendo la supervivencia de los individuos.

4.1.1.2 Relación entre la cobertura del dosel arbóreo, origen biológico y el número de rebrotes

Cuadro N° 10: Número total y porcentaje de rebrotes según cobertura de dosel arbóreo, en la primera y última medición en los sectores de Frutillar y Villarrica.

Cobertura Dosel Arbóreo	Sector Frutillar		Sector Villarrica	
	Verano 2003	Otoño 2004	Verano 2003	Otoño 2004
Baja	25 (12,69%)	35 (09,14%)	18 (20,00%)	19 (25,00%)
Media	108 (54,82%)	158 (41,25%)	29 (32,22%)	26 (34,21%)
Alta	64 (32,49%)	189 (49,48%)	43 (47,78%)	31 (40,79%)
Total	197 (100 %)	382 (100%)	90 (100%)	76 (100%)

En el cuadro N° 10 se advierte que más del 40% del total de los rebrotes de ambas localidades se concentró en las cepas que estaban localizadas bajo un dosel de cobertura media a alta. Esto implica un mayor nivel de sombreado y baja evapotranspiración, lo que deriva en un menor estrés medioambiental para la cepa, que de acuerdo a Cole (1982, 1983) se encuentra invirtiendo en la producción de biomasa fotosintética al desarrollar rebrotes, después de la pérdida de su estructura aérea.

Un análisis más detallado puede realizarse con los antecedentes brindados en los cuadros N° 11 y N° 12, disgregando el número de rebrote según la cobertura del dosel arbóreo y su origen biológico.

Cuadro N° 11: Número total y porcentaje de rebrotes según origen biológico y cobertura de dosel arbóreo, en la primera y última medición en la localidad de Frutillar.

		Origen Biológico			
Cobertura Dosel Arbóreo		Adventicio	Epicórmico	Lignotuber	Radical
Verano 2003	Baja	0 (0,00%)	9 (10,00%)	9 (40,91%)	7 (87,50%)
	Media	65 (84,42%)	42 (46,67%)	1 (4,55%)	0 (0,00%)
	Alta	12 (15,58%)	39 (43,33%)	12 (54,54%)	1 (12,50%)
	Total	77 (100%)	90 (100%)	22 (100%)	8 (100%)
Otoño 2004	Baja	0 (0,00%)	9 (5,26%)	20 (23,81%)	6 (54,55%)
	Media	81 (69,23%)	52 (30,41%)	23 (27,38%)	2 (18,18%)
	Alta	36 (30,77%)	109 (64,18%)	41 (48,81%)	3 (27,27%)
	Total	117 (100%)	170 (100%)	84 (100%)	11 (100%)

Cuadro N° 12: Número total y porcentaje de rebrotes según origen biológico y cobertura de dosel arbóreo, en la primera y última medición en la localidad de Villarrica.

	Cobertura Dosel Arbóreo	Origen Biológico			
		Adventicio	Epicórmico	Lignotuber	Radical
Verano 2003	Baja	3 (15,00%)	10 (25,00%)	5 (33,33)	0 (0,00%)
	Media	7 (35,00%)	17 (42,50%)	1 (6,67%)	4 (26,67%)
	Alta	10 (50,00%)	13 (32,50%)	9 (60,00%)	11 (73,33%)
	Total	20 (100%)	40 (100%)	15 (100%)	15 (100%)
Otoño 2004	Baja	5 (29,41%)	9 (29,03%)	5 (33,33%)	0 (0,00%)
	Media	7 (41,18%)	13 (41,94%)	2 (13,33%)	4 (30,77%)
	Alta	5 (29,41%)	9 (29,03)	8 (53,33%)	9 (69,23%)
	Total	17 (100%)	31 (100%)	15 (100%)	13 (100%)

Como se observa en los cuadros anteriores, los rebrotes que provienen de yemas de tipo adventicio predominan en cepas bajo un dosel arbóreo medio, a diferencia de los que se originan en yemas epicórmicas y en el lignotuber, que se concentran en cepas con alta cobertura. Los rebrotes que se originan en las raíces, en la localidad de Frutillar se concentran en un estado de baja cobertura, al contrario de lo que ocurre en Villarrica, donde éstos se concentran en un estado de alta cobertura.

4.1.1.3 Relación entre el cuadrante de exposición en el tocón, cobertura del dosel arbóreo y el número de rebrotes.

Cuadro N° 13: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y cobertura del dosel arbóreo, en el primer y último período de medición en la localidad de Frutillar.

	Cobertura Dosel Arbóreo	Cuadrante de Exposición							
		NE		NO		SE		SO	
Verano 2003 1° control	Baja	3	4,55%	11	19,64%	-	0,00%	11	25,58%
	Media	46	69,70%	21	37,50%	23	71,88%	18	41,86%
	Alta	17	25,76%	24	42,86%	9	28,13%	14	32,56%
	Total	66	(100%)	56	(100%)	32	(100%)	43	(100%)
Otoño 2004 6° control	Baja	4	3,54%	13	9,84%	8	9,64%	10	18,52%
	Media	62	54,87%	30	22,73%	47	56,63%	19	35,19%
	Alta	47	41,59%	89	67,43%	28	33,73%	25	46,30%
	Total	113	(100%)	132	(100%)	83	(100%)	54	(100%)

Al prestar atención al cuadro anterior, se advierte que los cuadrantes de exposición que reciben menos luminosidad en la zona de muestreo (NE, SE, SO), concentran el mayor número de rebrotes bajo una cobertura de dosel media. El cuadrante de exposición NO, que recibe la luminosidad directamente, concentra el mayor número de rebrotes bajo una alta cobertura de dosel arbóreo, lo que apoyaría las observaciones de Cole (1982, 1983), quien describe que, secuoya puede sobrevivir con bajos niveles de luminosidad pudiéndose asociar en plantaciones mixtas.

Bajo condiciones de luminosidad extrema (baja cobertura del dosel), los rebrotes son vulnerables al estrés hídrico en tal grado como para reducir la eficiencia fotosintética, el crecimiento y la supervivencia.

Cuadro N° 14: Número total y porcentaje de rebrotes según cuadrante y cobertura del dosel arbóreo, en el primer y último período de medición en la localidad de Villarrica.

		Cuadrante de Exposición			
		NE	NO	SE	SO
Verano 2003 1° control	Cobertura Dosel Arbóreo				
	Baja	3 (23,08%)	3 (14,29%)	7 (30,43%)	5 (15,15%)
	Media	6 (46,15%)	5 (23,81%)	7 (30,43%)	11 (33,33%)
	Alta	4 (30,77%)	13 (61,90%)	9 (39,13%)	17 (51,52%)
	Total	13 (100%)	21 (100%)	23 (100%)	33 (100%)
Otoño 2004 6° control	Baja	3 (25,00%)	5 (29,41%)	6 (31,58%)	5 (17,86%)
	Media	6 (50,00%)	3 (17,65%)	7 (36,84%)	10 (35,71%)
	Alta	3 (25,00%)	9 (52,94%)	6 (31,58%)	13 (46,43%)
	Total	12 (100%)	17 (100%)	19 (100%)	28 (100%)

El cuadro N° 14 muestra el comportamiento para la localidad de Villarrica, cuya exposición SO explica una mayor concentración de rebrotes en este cuadrante en una alta cobertura del dosel, debido a que esta ubicación es más sombrías y menos expuestas a radiación y temperaturas elevadas. En los cuadrantes NE y NO concentran el mayor número de rebrotes en cobertura de dosel arbóreo medio y alto respectivamente, lo que dada la exposición de la zona de muestreo y el carácter ecuatorial de éstas exposiciones (más cálidas y menos sombrías) corroboran las conclusiones de la investigación de Cole (1982 y 1983) antes citada.

4.1.2 Evaluación del incremento promedio del diámetro de cuello y longitud de los rebrotes.

4.1.2.1 Incremento promedio de la longitud de los rebrotes.

En el cuadro N° 15 se muestra el incremento promedio de la longitud de los rebrotes, de acuerdo a su origen biológico y período de muestreo.

Cuadro N° 15: Incremento promedio de la longitud (m) de los rebrotes, según origen biológico y período de medición, en las localidades de Frutillar y Villarrica.

	Período de Medición ¹	Origen Biológico			
		Adventicio	Epicórmico	Lignotuber	Radical
Frutillar	Verano	0,3722	0,2548	0,1927	0,1858
	Verano – Otoño	0,3271	0,3583	0,2212	0,3124
	Otoño – Invierno	0,0814	0,0829	0,0412	0,0499
	Invierno – Primavera	0,1027	0,1055	0,0959	0,0415
	Primavera – Verano	0,1125	0,1012	0,0708	0,0957
	Verano – Otoño	0,0950	0,0741	0,0619	0,0457
Villarrica	Verano	1,7320	1,1023	1,9513	0,8073
	Verano – Otoño	0,1283	0,1271	0,1931	0,1487
	Otoño – Invierno	0,0391	0,0537	0,0650	0,0180
	Invierno – Primavera	0,0361	0,0275	0,0413	0,0353
	Primavera – Verano	0,0526	0,0986	0,1138	0,0567
	Verano – Otoño	0,0709	0,1043	0,1150	0,0980

Se puede observar que, para la localidad de Frutillar y Villarrica, el patrón que se sigue, es similar indistintamente el origen biológico del rebrote. De este modo, en ambas localidades se produce un incremento promedio mayor en el período verano – otoño del año 2003, un incremento promedio intermedio en el período invierno – verano, 2003 – 2004, y un incremento promedio menor en los períodos otoño – invierno 2003 y verano – otoño, 2004, estaciones que se relacionan a períodos de receso vegetativo.

¹ Se entenderá como periodo de medición, al periodo de tiempo comprendido entre dos controles consecutivos, rotulados con el nombre de la estación en que se realizó el control.

En el cuadro N° 16, se aprecia el incremento promedio de la longitud de los rebrotes, de acuerdo al cuadrante de exposición y la cobertura proyectada por el dosel arbóreo.

Cuadro N° 16: Incremento promedio de la longitud (m) del rebrote, según cobertura del dosel arbóreo, cuadrante de exposición del rebrote y origen biológico para los sectores de Frutillar y Villarrica.

	Cobertura Dosel Arbóreo	Cuadrante de exposición				Origen biológico			
		NE	NO	SE	SO	Adventicio	Epicórmico	Lignotuber	Radical
Frutillar	Baja	0,63	0,55	0,29	0,48	-	0,62	0,39	0,55
	Media	0,67	0,60	0,54	0,53	0,63	0,60	0,45	0,68
	Alta	0,80	0,69	0,83	0,85	0,93	0,78	0,57	0,48
Villarrica	Baja	0,67	0,43	0,34	0,39	0,43	0,33	0,60	-
	Media	0,31	0,41	0,46	0,81	0,43	0,54	0,86	0,63
	Alta	0,37	0,24	0,37	0,27	0,19	0,31	0,42	0,26

En la localidad de Frutillar, donde los rebrotes son más jóvenes, los mayores incrementos se encuentran asociados a altas coberturas y a cuadrantes de exposición que reciben menos luminosidad, respaldando las observaciones de Cole (1982, 1983) quién describe que secuoya puede sobrevivir con bajos niveles de luminosidad. En la localidad de Villarrica, los incrementos promedios más altos se encuentran asociados a coberturas de dosel medias a bajas, teniendo mayor disponibilidad de luminosidad y condiciones microclimáticas más favorables, lo que indicaría que los rebrotes de mayor edad aumentan su intolerancia.

Al igual que Guzmán (1998) se aprecia un mayor incremento promedio en la longitud de los rebrotes en rodales menos densos, considerando que la localidad de Villarrica presenta más árboles remanentes que la localidad de Frutillar.

Las yemas de rebrotes de origen adventicio, en la localidad de Frutillar, tuvieron incrementos promedios mayores en coberturas de dosel arbóreo altas y medias, y los de origen epicórmicos en coberturas medias a bajas. En la localidad de

Villarrica, en tanto, son los rebrotes que se originan en los lignotúberes los que tienen el mayor incremento de longitud promedio, independiente de la cobertura presentada por el dosel arbóreo; esto dado que estos últimos rebrotes cuentan con un mayor reservorio de energía y se encuentran mejor preparados para la competencia entre los rebrotes de una cepa.

Otro antecedente es aportado por el periodo de tiempo entre que se realizó la corta y los periodos de control, aproximadamente tres años, periodo en el cual la competencia ya se ha establecido. En la localidad de Frutillar, este periodo indica que la competencia entre los rebrotes recién comienza.

La figura N° 10 presenta la evolución de la longitud promedio acumulada de los rebrotes, durante los seis periodos de control para ambas localidades.

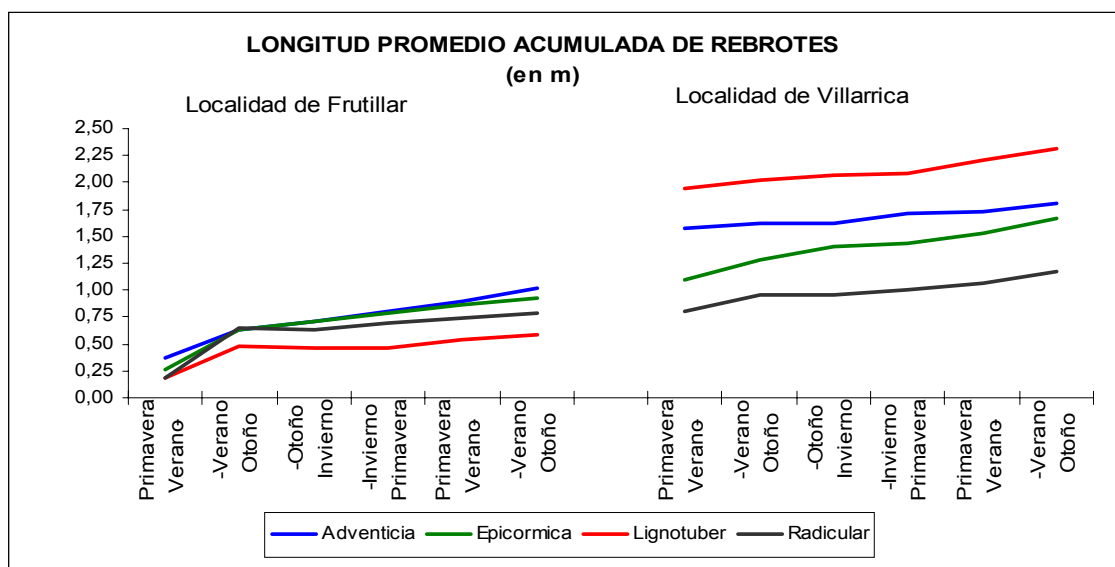


Figura N° 10: Crecimiento promedio acumulado de la longitud de los rebrotes según el origen biológico.

En la figura anterior se puede apreciar, sin importar el origen de los rebrotes, que el comportamiento del crecimiento en longitud presenta similar comportamiento y cierta estacionalidad a contar del control de otoño, considerando que, en Frutillar, la longitud promedio de los rebrotes provenientes de las yemas del lignotuber durante los seis controles (0,59 m) no alcanzaron el crecimiento promedio

acumulado de los rebrotes de los otros orígenes (0,91 m). A la inversa, en la localidad de Villarrica, los rebrotes provenientes de las yemas del lignotuber, son los que presentan mayor longitud promedio, alcanzando los 2,32 m, mientras que los rebrotes que se originan en los otros tipos de yemas (adventicia, epicórmica y radical) alcanzaron una longitud promedio de 1,55 m lo que indicaría una dominancia tardía de los rebrotes de éste origen. Estévez (1994), respecto a las alturas promedios alcanzadas por rebrotes de quillay, señala a los de origen en yemas ubicadas en el lignotuber como los más altos, seguidos por los de origen adventicio y epicórmico.

La longitud promedio de los rebrotes al comenzar los controles, sin distinción del origen biológico, alcanzó 0,25 m en la localidad de Frutillar y 1,36 m en la localidad de Villarrica, finalizando en 0,83 m y 1,75 m respectivamente, teniendo la localidad de Frutillar una diferencia mayor en la tasa promedio de crecimiento. Se observa para ambas localidades que los rebrotes con mayores longitudes promedios presentaron una tasa de crecimiento promedio mayor.

En un estudio realizado sobre *Quercus ilex*, Ducrey y Turrel (1992) encontraron después de un año de aplicadas las cortas, una fluctuación de la altura promedio de 0,97 a 1,56 m y de la altura máxima entre 1,32 y 2,10 m. Houkal y Ponce (1985), en una evaluación hecha, luego de 27 meses de realizada las intervenciones a ras del suelo sobre *Pinus oocarpa*, observaron en la mayoría de las plantas una fuerte dominancia apical en el desarrollo del rebrote, a partir de uno o dos vástagos que tenían alturas medias entre 1,60 y 2,30 m.

4.1.2.2 Incremento promedio del diámetro de cuello de los rebrotes.

En el cuadro N° 17 se puede observar que el menor incremento promedio del diámetro de cuello de los rebrotes en el período de receso vegetativo, se encuentra asociado a tasas de crecimiento promedio menores, dado principalmente por el alto número de rebrotes que surgieron en el período (Cuadro N° 2 y N° 3), disminuyendo el diámetro promedio (mayor número de rebrotes de bajo diámetro de cuello).

Cuadro N° 17: Incremento promedio en el diámetro de cuello (cm.) de los rebrotes, según origen biológico y período de medición, en las localidades de Frutillar y Villarrica.

	Período de Medición	Origen Biológico			
		Adventicio	Epicórmico	Lignotuber	Radical
Frutillar	Primavera - Verano	0,5045	0,5108	0,3773	0,5438
	Verano - Otoño	0,2567	0,2792	0,1840	0,1964
	Otoño - Invierno	0,1194	0,1051	0,0709	0,0714
	Invierno - Primavera	0,1046	0,1230	0,1050	0,0643
	Primavera - Verano	0,1256	0,1000	0,0734	0,0771
	Verano - Otoño	0,1476	0,1163	0,1486	0,0679
Villarrica	Primavera - Verano	2,0850	1,1788	2,1467	1,2673
	Verano - Otoño	0,2783	0,1298	0,1469	0,0960
	Otoño - Invierno	0,0761	0,0560	0,1469	0,0533
	Invierno - Primavera	0,0539	0,0595	0,0544	0,0473
	Primavera - Verano	0,0578	0,0814	0,0363	0,0540
	Verano - Otoño	0,1670	0,1360	0,1419	0,0967

Como se advierte en el cuadro N° 18, el incremento promedio de los diámetros de cuello de los rebrotes en la localidad de Frutillar, tiene similar comportamiento que el incremento promedio de su longitud, observándose los mayores incrementos en coberturas de dosel arbóreo altas, cualquiera sea el cuadrante de exposición y origen biológico del que provenga, a excepción de los rebrotes originados en yemas radicales, que concentran el mayor incremento promedio en coberturas de doseles intermedios.

Cuadro N° 18: Incremento promedio del diámetro de cuello del rebrote (cm), según cobertura del dosel arbóreo, cuadrante de exposición del rebrote y origen biológico para los sectores de Frutillar y Villarrica.

	Cobertura Dosel Arbóreo	Cuadrante de Exposición				Origen biológico			
		NE	NO	SE	SO	Adventicio	Epicórmico	Lignotuber	Radical
Frutillar	Baja	0,54	0,51	0,47	0,48	-	0,60	0,46	0,47
	Media	0,55	0,52	0,60	0,44	0,64	0,42	0,51	0,75
	Alta	0,87	0,77	1,10	0,86	1,03	0,86	0,69	0,36
Villarrica	Baja	0,38	0,45	0,51	0,61	0,45	0,52	0,50	-
	Media	0,54	0,35	0,63	0,63	0,59	0,46	1,28	0,56
	Alta	0,28	0,40	0,74	0,36	0,76	0,42	0,37	0,27

En cada tipo de cobertura provocada por el dosel arbóreo, existen máximos locales en el incremento promedio del diámetro de cuello. En la localidad de Frutillar con alta cobertura del dosel, el máximo incremento promedio se produjo en los rebrotes de origen adventicio, ubicados en el cuadrante de exposición SE, bajo cobertura media, en los rebrotes de origen radical, ubicados en el cuadrante de exposición SE, y en cobertura baja, en los rebrotes de origen epicórmico ubicados en el cuadrante de exposición NE. En la localidad de Villarrica con cobertura de dosel alta y media, el máximo incremento promedio se produjo en los rebrotes de origen adventicio y del lignotuber respectivamente, ubicados en el cuadrante de exposición SE, y con cobertura baja, en los rebrotes de origen epicórmico ubicados en el cuadrante de exposición SO. En general, Frutillar presenta incrementos promedios del diámetro de cuello, mayores que la localidad de Villarrica, lo cual se puede asociar a las densidades de las parcelas (Guzmán,1998).

En la figura N° 11 se entrega la evolución del diámetro de cuello de los rebrotes, durante el período de control.

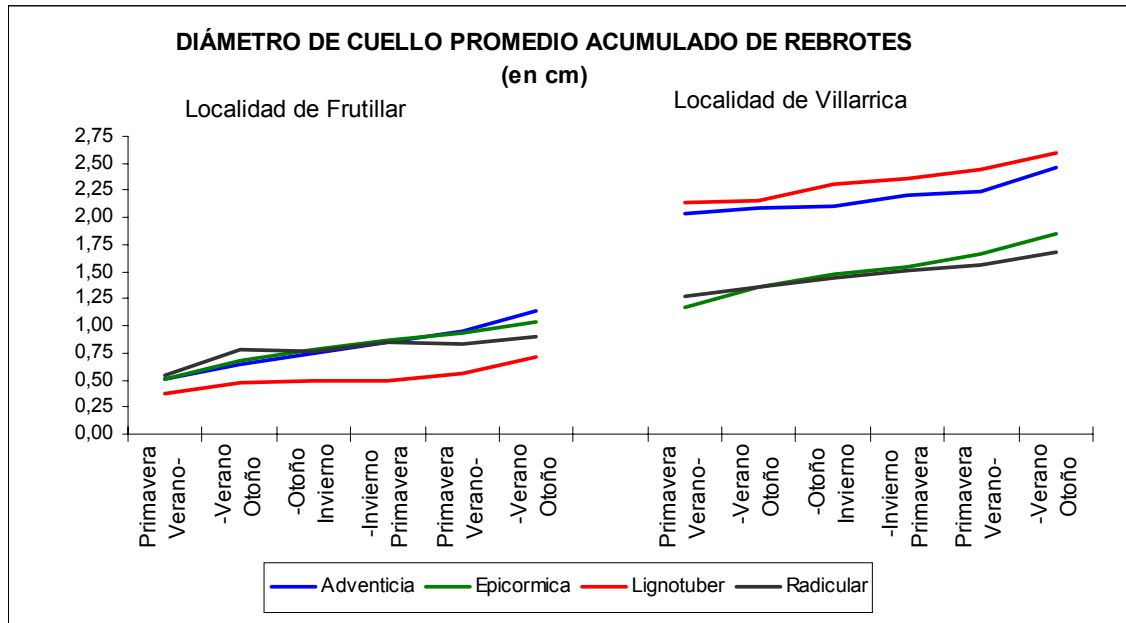


Figura N° 11: Crecimiento promedio acumulado en diámetro de cuello de los rebrotes según el origen biológico.

Se aprecia que el comportamiento del diámetro de cuello promedio de los rebrotes es creciente, presentando una estacionalidad en el período Verano – Otoño del 2003 al Invierno – Primavera, 2003 – 2004, que corresponde al período de receso vegetativo.

En la localidad de Villarrica se aprecian diferencias en el diámetro de cuello promedio de los rebrotes entre los distintos orígenes biológicos, presentando una clara dominancia los rebrotes provenientes de las yemas adventicias (2,46 cm) y del lignotuber (2,59 cm), por sobre los de origen radical (1,69 cm) y epicórmico (1,84 cm), lo que se asemeja al comportamiento del número de yemas por tocón a lo largo del período de control (Figura N° 9).

Referente al diámetro de cuello de los rebrotes, como se esperaba, en la localidad de Villarrica, donde el rodal de muestreo presenta una exposición SO, los vástagos con mayores diámetros de cuello promedio se presentan en el cuadrante de exposición NO con una cobertura de dosel baja. En la medida que la cobertura aumenta (media a alta), los rebrotes de mayor diámetro promedio se agrupan en el

cuadrante de exposición SO, lo que indica la preferencia de estos rebrotes, de más edad y mayor tamaño, por ambientes menos sombríos y con mejor radiación.

En el caso de Frutillar, donde los rebrotes son más jóvenes y el rodal de muestreo presenta una exposición NO, los rebrotes se concentran en cuadrantes más polares, teniendo éstos las mayores tasas de incremento promedio, tanto en coberturas de dosel bajas y altas.

Cabe destacar que el control realizado en el período de verano 2003, corresponde, tanto para el diámetro de cuello y la longitud del rebrote, al incremento acumulado desde la corta de los árboles en los años 2000 y 2002, lo que explicaría los altos valores en comparación a los posteriores controles, tal como puede observarse en la Figura N° 12. También se muestra la correspondencia entre los incrementos de diámetro de cuello y la longitud de los rebrotes de acuerdo a la temporada de control, en ambas localidades.

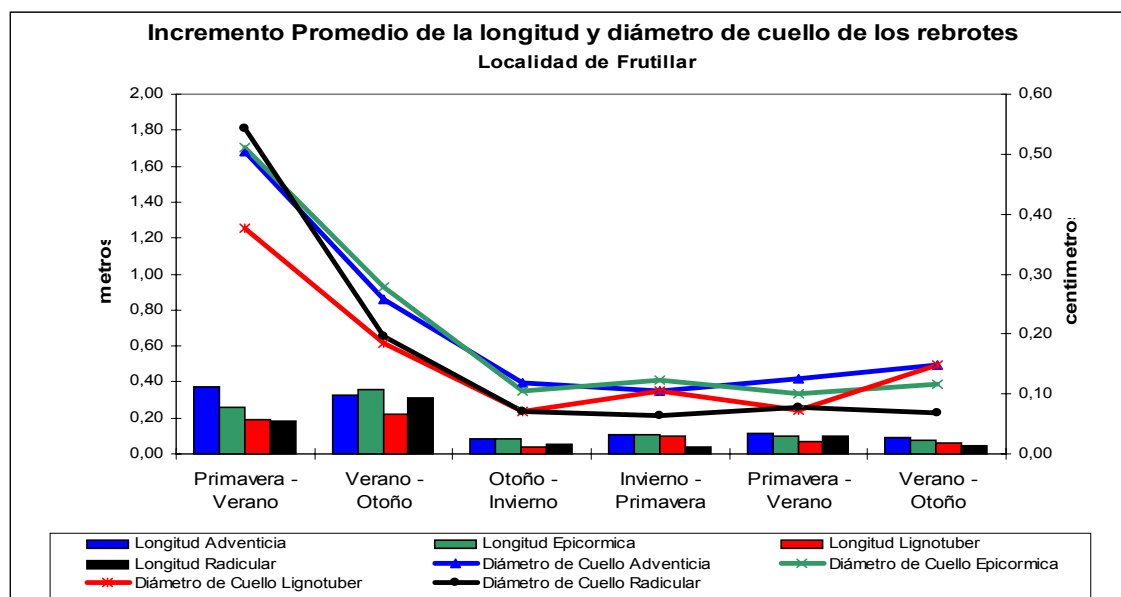


Figura N° 12: Incremento promedio en diámetro de cuello y longitud de los rebrotes para la localidad de Frutillar.

En la localidad de Villarrica, tanto en el desarrollo en longitud como en el diámetro de cuello, se presenta una clara dominancia de los rebrotes provenientes de

la yemas radicadas en el lignotuber, situación que se explica por el mayor vigor que presentan producto de poseer una mayor disponibilidad de nutrientes y de carbohidratos (Gómez, 2003; Del Tredici, 1998, 1999; James, 1994).

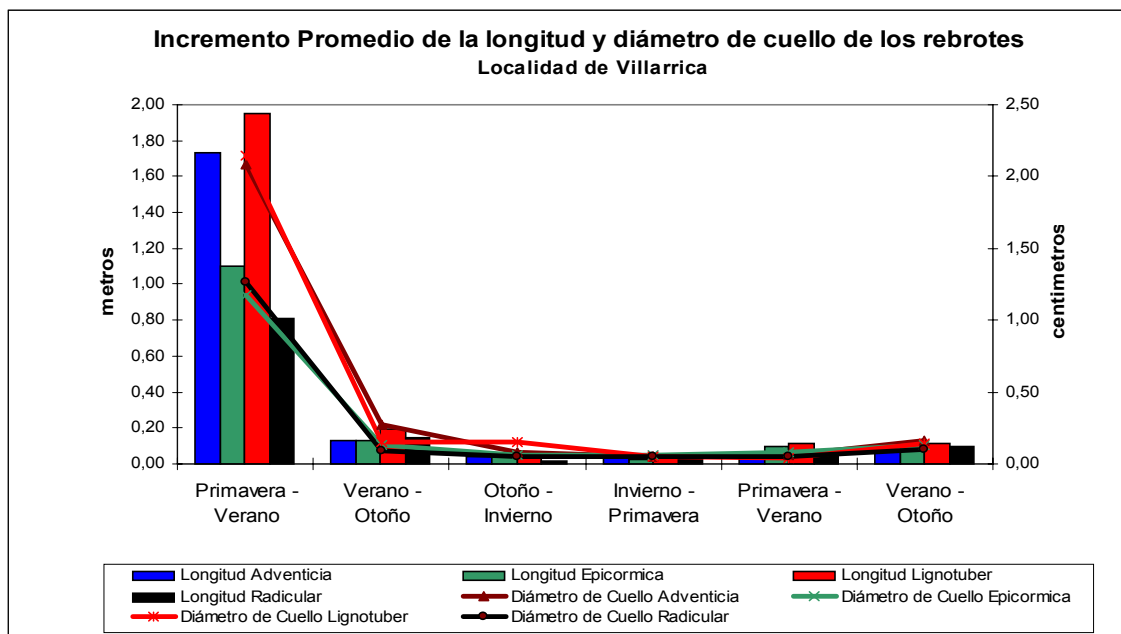


Figura N° 13: Incremento promedio en diámetro de cuello y longitud de los rebrotes para la localidad de Villarrica.

4.1.3 Radiación fotosintéticamente activa (PAR) como indicador de las características lumínicas a nivel de cepa.

Dadas las características de la recolección de la información, este dato responde a una escenario puntual, de la situación lumínica de un día en cada estación del año, a modo de ejemplificar el ambiente lumínico en el que se encontraban inmersas las cepas pertenecientes a la localidad de Frutillar.

La figura N° 14 muestra las variaciones de la PAR relativa para un rodal de secuoya, según estación del año y período del día.

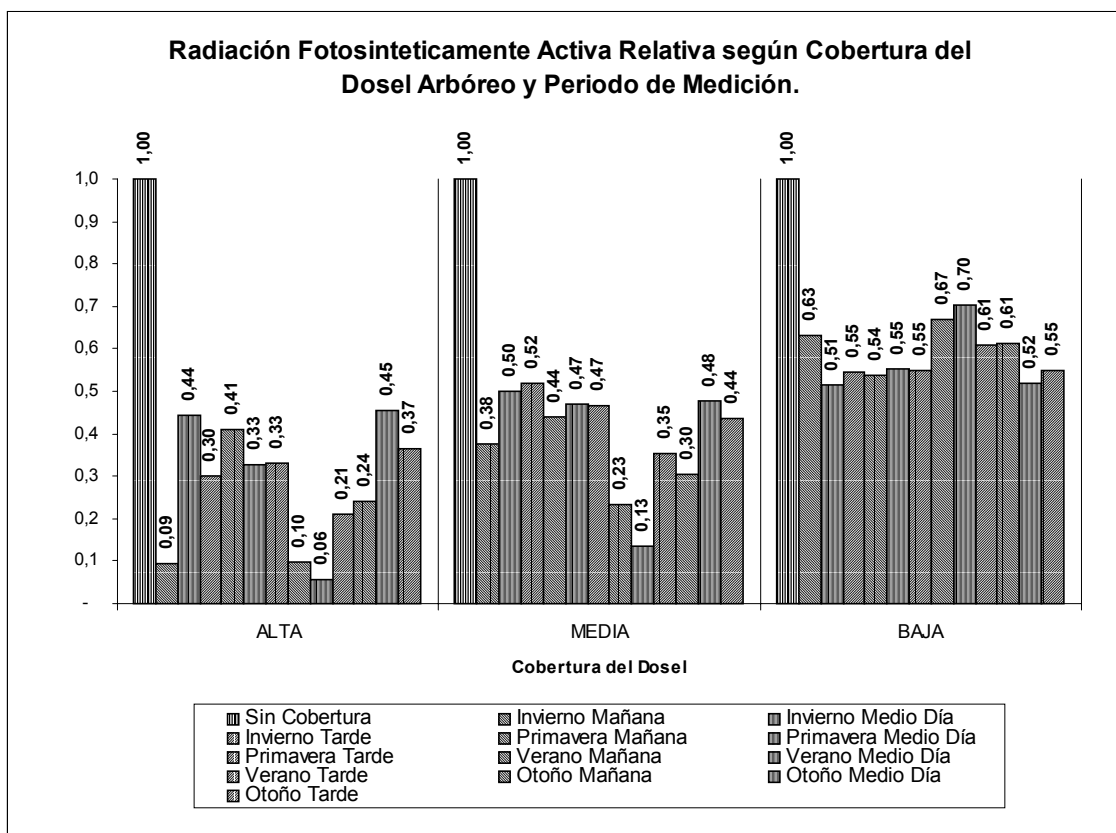


Figura N° 14: Radiación fotosintéticamente activa relativa según cobertura de dosel arbóreo, período de medición y hora del día en la localidad de Frutillar.

A partir de la figura anterior, es posible inferir que los menores y mayores valores de PAR relativa se presentan en las cepas con cobertura de dosel arbóreo alta y baja respectivamente, lo que se debe a la característica de construcción de la variable PAR relativa ($\text{PAR bajo dosel} / \text{PAR sin cobertura}$). De esta manera se tiene que, a menor cobertura ambos valores se acercan haciendo que la razón se aproxime a uno y, por el contrario, en condiciones de alta cobertura las mediciones fuera y dentro del rodal tienden a alejarse, lo que hace que el cociente tome valores más pequeños.

Lo anterior se condice con los resultados obtenidos del número de rebrotes según cobertura, donde cerca del 70% de ellos se encontraron en cepas cuyo dosel proporcionaba coberturas altas y medias y los mayores incrementos se asocian a coberturas altas y cuadrantes que reciben menos luminosidad.

En las cepas que se encuentran poco cubiertas por el dosel arbóreo, los valores de PAR relativa más altos se concentran en las mediciones realizadas en verano, siendo el resto de las estaciones similares entre sí y no observándose grandes diferencias entre las mediciones realizadas durante el día. Lo inverso ocurre con las cepas que se encuentran con altas coberturas, donde los valores más bajos se encuentran registrados en verano, indicando pronunciadas diferencias entre las radiaciones registradas con y sin cobertura, al igual que las diferencias entre las mediciones durante la mañana, medio día y tarde.

En el apéndice N° 2 se observa la distribución de la PAR relativa según cuadrantes de exposición (N, S, E, O), cobertura del dosel arbóreo (bajo, medio, alto), posición en el tocón (alta, media y baja) y período del día (mañana, medio día y tarde).

En el cuadro N° 19 se presenta la PAR relativa según posición en el tocón y período del día en que se realizó el control.

Cuadro N° 19: Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa Promedio según posición en el tocón², estación del año que se controló y período del día.

Período del Día	P. Cardinal	Estación del Año - Posición en el Tocón											
		INVIERNO			PRIMAVERA			VERANO			OTOÑO		
		P. Alta	P. Media	P. Baja	P. Alta	P. Media	P. Baja	P. Alta	P. Media	P. Baja	P. Alta	P. Media	P. Baja
MAÑANA	N	0,25	0,24	0,31	0,10	0,13	0,18	0,25	0,13	0,13	0,05	0,12	0,09
	E	0,31	0,19	0,36	0,12	0,17	0,19	0,09	0,13	0,16	0,10	0,11	0,08
	S	0,38	0,30	0,36	0,13	0,11	0,12	0,18	0,17	0,19	0,15	0,13	0,11
	O	0,36	0,33	0,35	0,19	0,20	0,19	0,17	0,18	0,13	0,10	0,12	0,10
MEDIO DIA	N	0,22	0,26	0,40	0,34	0,44	0,40	0,41	0,96	1,24	0,09	0,07	0,11
	E	0,27	0,17	0,35	0,43	0,50	0,65	0,36	0,56	0,67	0,15	0,07	0,12
	S	0,36	0,34	0,36	0,86	0,77	1,20	0,70	0,82	0,74	0,18	0,11	0,12
	O	0,38	0,41	0,44	0,92	0,32	0,48	0,54	0,59	0,65	0,07	0,11	0,15
TARDE	N	0,19	0,21	0,33	0,10	0,12	0,14	0,58	0,57	0,75	0,08	0,08	0,10
	E	0,22	0,13	0,27	0,16	0,27	0,30	0,92	0,60	0,65	0,14	0,08	0,11
	S	0,31	0,00	0,26	0,28	0,33	0,49	0,48	0,67	0,48	0,17	0,11	0,12
	O	0,29	0,35	0,33	0,23	0,09	0,14	0,66	0,58	0,63	0,08	0,11	0,14

Del cuadro anterior se rescata que las menores PAR relativas (asociada a mayores diferencias entre la PAR registrada con y sin cobertura de dosel), se encuentran asociadas a posiciones del tocón desde donde emergen las yemas epicórmicas (costado), que corresponde al origen biológico que concentra el mayor número de rebrotes. Lo mismo se observa en los cuadrantes de exposición en la superficie del tocón, donde los porcentajes de rebrotación más altos se encuentran asociados a orientaciones que acumulan valores de PAR relativa más bajos (NO, NE), respaldando nuevamente a Cole (1982, 1983) y Peer (1999) quienes, en sus

² Las posiciones en el tocón en las que se realizaron los controles corresponden a la zona de corte del tocón (P. alta), zona de contacto con el suelo (P. baja) y un punto medio entre estos dos (P. media).

investigaciones, establecen que en un principio los rebrotes se comportan como tolerantes, para luego en la madurez volverse intolerantes.

En general, las exposiciones más polares (SE, SO), presentan valores de PAR relativas mayores que los cuadrantes de exposición NO y NE (exposiciones más ecuatoriales).

4.1.4 Descripción de la natalidad y mortalidad de los rebrotes.

De acuerdo a Serra (1994), los conceptos de morfología dinámica o modular, permiten relacionar la aparición y desarrollo de yemas con la natalidad de una población, del mismo modo, que su desaparición es referida a la mortalidad de ellas o de sus rebrotes. A partir de la dinámica de brotación observada, muerte y supervivencia de rebrotes de distintos orígenes y posiciones a través de los controles, se intentó caracterizar las variaciones demográficas de ellos.

Como es posible observar en las Figuras N° 15 y 16, en la localidad de Frutillar, la natalidad marca una tendencia opuesta a la mortalidad, cruzándose en el período primavera 2003 – otoño 2004. La natalidad presenta un máximo local en el período invierno – primavera, 2003, época que coincide con el período de actividad vegetativa, mientras que la mortalidad presenta un comportamiento estable. En la localidad de Villarrica, el cruce entre las curvas de natalidad y mortalidad ocurre en el período verano a otoño 2003. Desde entonces se muestra una tendencia con marcada estabilidad.

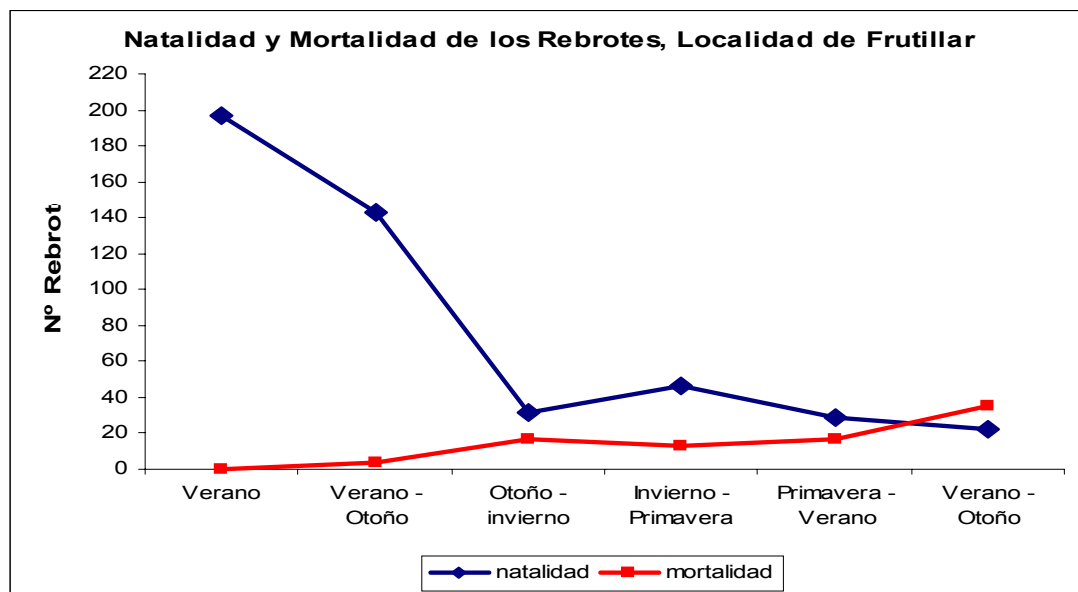


Figura N° 15: Natalidad y Mortalidad de Rebotes en la localidad de Frutillar.

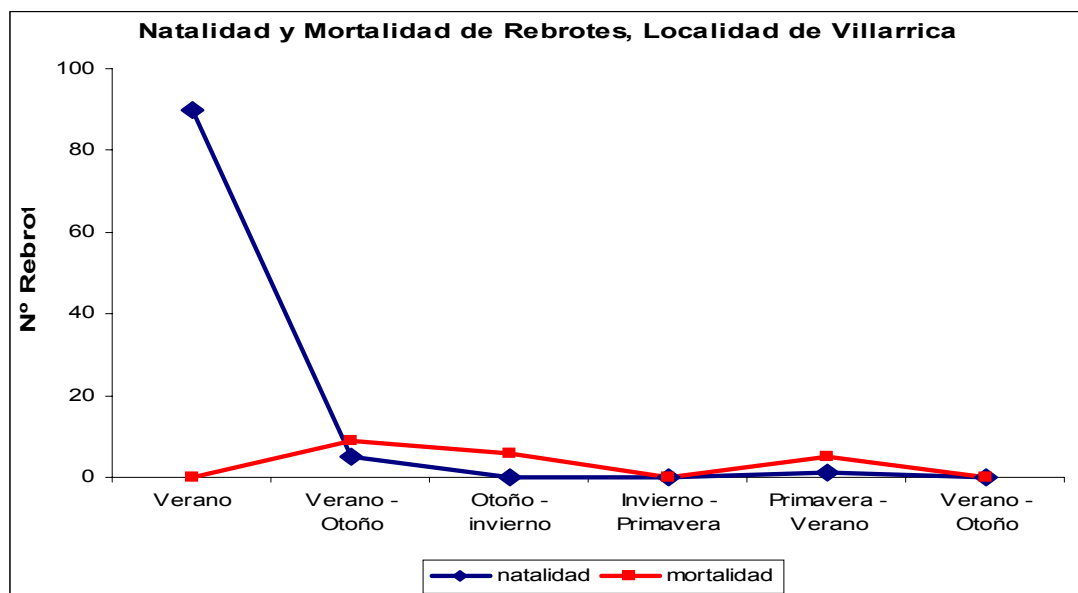


Figura Nº 16: Natalidad y Mortalidad de Rebotes en la localidad de Villarrica.

En el cuadro Nº 20 se observa claramente el dinamismo demográfico que se encuentra asociado a la localidad de Frutillar, donde el período de tiempo entre la cosecha de los árboles y el comienzo de los controles fue menor (meses) que en la localidad de Villarrica (años

Cuadro Nº 20: Número de rebotes nacidos y (muertos) según cepa y período de medición para la localidad de frutillar.

Cepa	Cobertura Dosel Arbóreo	Período de Medición					
		2003				2004	
		Verano	Verano Otoño	Otoño Invierno	Invierno Primavera	Primavera Verano	Verano Otoño
Cepa_1	Alta	20 (0)	41 (0)	0 (0)	0 (1)	19 (1)	5 (10)
Cepa_2	Alta	19 (0)	24 (1)	1 (7)	0 (4)	0 (1)	2 (0)
Cepa_3	Alta	7 (0)	8 (1)	3 (0)	5 (1)	1 (0)	1 (1)
Cepa_4	Media	5 (0)	7 (0)	0 (1)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
Cepa_5	Alta	18 (0)	34 (2)	16 (2)	5 (3)	0 (5)	7 (6)
Cepa_6	Baja	25 (0)	6 (0)	6 (2)	7 (1)	0 (3)	0 (3)
Cepa_7	Media	1 (0)	14 (0)	6 (1)	29 (0)	8 (2)	7 (6)
Cepa_8	Media	102 (0)	9 (0)	0 (4)	0 (3)	0 (5)	0 (11)
Total		197 (0)	143 (4)	32 (17)	46 (13)	29 (17)	22 (37)

Cuadro N° 21: Número de rebrotes nacidos y (muertos) según cepa y período de medición para la localidad de Villarrica.

Cepa	Cobertura Dosel Arbóreo	Período de Medición					
		2003				2004	
		Verano	Verano Otoño	Otoño Invierno	Invierno Primavera	Primavera Verano	Verano Otoño
Cepa_1	Media	15 (0)	2 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (2)	0 (0)
Cepa_2	Alta	18 (0)	0 (2)	0 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Cepa_3	Alta	10 (0)	0 (3)	0 (3)	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Cepa_4	Baja	18 (0)	3 (1)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Cepa_5	Media	10 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (0)
Cepa_6	Alta	9 (0)	0 (2)	0 (0)	0 (0)	1 (0)	0 (0)
Cepa_7	Alta	6 (0)	0 (0)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Cepa_8	Media	4 (0)	0(1)	0 (1)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
Total		90 (0)	5 (9)	0 (6)	0 (0)	1 (5)	0 (0)

En el cuadro N° 21 se puede ver que, en la localidad de Villarrica los valores representan una población de rebrotes más estables.

En la localidad de Frutillar, la natalidad alcanzó más del 70% de las existencias en los dos primeros controles, existiendo una preferencia del 65,3% promedio por ocupar los cuadrantes de exposición ecuatorial o asoleadas (NO y NE).

En la localidad de Villarrica, en cambio, la natalidad de los rebrotes se concentró en más de un 90% en el primer control, lo cual muestra la estabilidad alcanzada por el rodal, dado que esta medición abarcó el período de los tres primeros años, tiempo en el cual se estableció la dominancia de los rebrotes, de acuerdo a los valores del diámetro de cuello, longitud e incrementos de ambas variables. En cuanto a la distribución por cuadrantes de exposición, la predilección fue por las orientaciones más polares (SE y SO), lo que se relaciona a la exposición del rodal de muestreo (SO).

En los cuadros N° 20 y N° 21 se aprecia un 18,8% y 20,8% de mortalidad de la existencia total de rebrotes en las localidades de Frutillar y Villarrica respectivamente. Con respecto al tipo de cobertura provocada por el dosel sobre las cepas, se advierte, que en ambas localidades, en la medida que la cobertura aumenta también lo hace la mortalidad, registrándose en la localidad de Frutillar mortalida-

des del 1,6%, 5,6% y 8,3% para las coberturas baja, media y alta, respectivamente, y de 1,7%, 4,3%, 11,2% en Villarrica.

Como se puede ver en el cuadro N° 22, la participación en el incremento de la natalidad por tipo de yema u origen biológico del rebrote, las epicórmicas presentan un 44,5%, seguidos por las adventicias con un 30,6%, luego el lignotuber con un 20,0% y, por último, las radicales con un 2,9% para la localidad de Frutillar. En el caso de Villarrica, la participación del tipo de yema fue de un 40,8% para las epicórmicas, 22,4% de las adventicias, seguidas por un 19,1% del lignotuber y, finalmente, las radicales con un 3,0% de sus existencias en el otoño del 2004.

Las mortalidades relativas en las localidades de Frutillar y Villarrica, dentro de cada tipo de cobertura de dosel indican que son las coberturas altas las que concentran los mayores porcentajes de mortalidad (16,3% y 22,8%).

Cuadro N° 22: Número de rebrotes vivos según origen biológico y cuadrante de exposición por localidad.

Origen Biológico	Cuadrante de Exposición									
	Sector Frutillar					Sector Villarrica				
	NE	NO	SE	SO	Total	NE	NO	SE	SO	Total
Adventicio	33	27	38	19	117	4	8	4	1	17
Epicórmico	53	72	17	28	170	2	4	13	12	31
Lignotuber	24	31	26	3	84	4	0	1	10	15
Radical	3	2	2	4	11	2	5	1	5	13

Cuadro N° 23: Número de rebrotes muertos según origen biológico y cuadrante de exposición por localidad.

Origen Biológico	Cuadrante de Exposición									
	Sector Frutillar					Sector Villarrica				
	NE	NO	SE	SO	Total	NE	NO	SE	SO	Total
Adventicio	4	3	9	2	18	0	1	3	2	6
Epicórmico	10	24	1	8	43	1	4	4	2	11
Lignotuber	7	5	9	3	24	0	0	0	1	1
Radical	0	2	0	1	3	0	2	0	0	2

En el cuadro N° 23 se puede ver que, en ambas localidades, del total de rebrotes muertos, el mayor número se encuentra asociado a las yemas de origen epi-

córmico, con más del 50% de la mortalidad acumulada, siendo el cuadrante de exposición NO la orientación que reúne el mayor número de casos; exposición que por orientación del rodal de muestreo, la luminosidad es mayor en la localidad de Frutillar.

Al igual que lo descrito por Ducrey (1992), la mortalidad de los rebrotes presentada en las localidades de estudio, es el resultado de la competencia intraespecífica de éstos en una misma cepa. En el caso de los rebrotes del lignotuber, éstos probablemente tienen mayor persistencia, puesto que se originan desde estructuras ricas en nutrientes, carbohidratos y agua, lo cual otorga ventajas para su emergencia y desarrollo (Del Tredici, 1998, 1999, 2001; Gómez, 2003; Serra, 1994; Power, 1970).

Referente al tipo de yema, la mortalidad relativa en la localidad de Frutillar, fue de un 4,7% para las adventicias; 11,3% las epicórmicas; 5,8% para los del lignotuber y 0,8% las radicales, mientras que, en la localidad de Villarrica, los valores fueron 7,9%, 14,5%, 1,3% y 2,6% respectivamente.

5 COMENTARIOS FINALES DEL ESTUDIO

A partir de los antecedentes recopilados y de los resultados obtenidos en este estudio, es posible realizar los siguientes comentarios sobre el manejo de secuoya.

Una importante característica de la secuoya es su facultad para rebrotar vigorosamente desde la cepa, pudiéndose obtener sucesivas cosechas mediante un adecuado tratamiento de los rebrotes.

Luego de analizar las evaluaciones del rebrote en secuoya, es posible establecer un conjunto de elementos adicionales a los tradicionales (altura de tocón, herramienta y época de corta, etc.), a los cuales prestar atención al momento de programar su manejo, como son el origen biológico de los rebrotes, la cobertura del dosel arbóreo remanente y el cuadrante de exposición de los rebrotes en la cepa.

Secuoya, al igual que otras especies con capacidad de rebrotar, presenta un mayor número de yemas y rebrotes de origen epicórmico (sobre el 40% de las existencias en el estudio), los cuales por su posición en el tocón y conexión al sistema vascular de la cepa, son más resistentes al viento y soportan mejor su peso.

En general, los rebrotes de secuoya de este estudio, tienden a alojarse en sectores protegidos de la luminosidad directa durante sus primeros años, para lograr un mayor crecimiento en longitud y diámetro.

Se observó que los rebrotes jóvenes (uno a dos años), tienden a agruparse en exposiciones ecuatoriales, mientras que los de mayor edad (tres a cuatro años), se agrupan preferentemente en exposiciones más sombrías. Por esto se recomienda un estudio más acabado, que permita establecer coberturas óptimas para el logro de mayores tasas de crecimiento.

Es necesario considerar que en plantaciones de la X Región en los primeros años de post cosecha, los rebrotes originados en yemas epicórmicas y adventicias son los que se presentan en mayor cantidad, mostrando mejor crecimiento, tanto

en diámetro como en altura, pero con mayores valores de mortalidad. Sin embargo, en plantaciones de la IX Región, tres a cuatro años después de la cosecha, los rebrotes originados a partir del lignotuber muestran una clara dominancia y presentan una menor mortalidad. Debido a esto, es que se debe prestar atención en estos parámetros al momento de decidir la estrategia de clareo de las cepas.

Finalmente, con respecto a la pendiente del terreno en los rodales, se aprecia la tendencia de mayor crecimiento en altura y diámetro de los rebrotes localizados en los cuadrantes del tocón que se orientan a favor de la inclinación del terreno.

6 CONCLUSIONES

- Las yemas generadoras de rebrotes en *sequoia* sempervirens, presentaron distinta naturaleza biológica y grado de participación (frecuencia de ocurrencia). En ambas localidades, las yemas de tipo epicórmicas fueron las más numerosas y las que generaron el mayor número de rebrotes, seguidas por las yemas del tipo adventicias, las ubicadas en el lignotuber y por último las de origen radical.
- En general, en la localidad de Frutillar, las yemas tienden a emerger y posteriormente desarrollar rebrotes en los cuadrantes asoleados o ecuatoriales (NO y NE). Por su parte, en la localidad de Villarrica, donde los rebrotes tiene mayor edad, se ubicaron en cuadrantes más polares (SE y SO). Sin embargo, el comportamiento de los rebrotes de acuerdo a los cuadrantes de exposición en los que emergieron, en ambas localidades se concentraron bajo una alta cobertura de dosel arbóreo, lo que indica la necesidad de protección para el desarrollo del rebrote, corroborando las observaciones de la literatura.
- En Frutillar, cerca del 70% de los rebrotes de origen adventicio se localizó en cepas con una cobertura del dosel media, mientras que los rebrotes epicórmicos y del lignotuber en cepas bajo una alta cobertura de dosel alta. Más de la mitad de los rebrotes de origen radical se localizaron en bajas coberturas del dosel arbóreo. En Villarrica, sobre el 40% de los rebrotes de origen adventicio y epicórmico se ubicó en coberturas de dosel media, y los originados en el lignotuber y radical, en altas coberturas del dosel.
- Durante las mediciones de verano, los valores más bajos de la PAR relativa (0,11; 0,06; 0,21) se registraron en cepas que contaban con una alta cobertura provocada por el dosel arbóreo, y los valores más altos (0,67; 0,70; 0,61) en cepas con baja cobertura, coincidiendo con lo publicado en la literatura del tema.

- La zona del tocón desde donde emergen las yemas epicórmicas, muestran bajos valores de PAR relativa, lo mismo ocurre en los cuadrantes NO y NE, donde se concentran la mayor cantidad de rebrotes.
- En la localidad de Frutillar, los mayores incrementos promedios de la longitud y diámetro de cuello de los rebrotes, se registraron en aquellas cepas asociadas a altas coberturas de dosel arbóreo, siendo los rebrotes originados en yemas adventicias las de mayor longitud acumulada promedio.
- En la localidad de Villarrica en tanto, los mayores incrementos promedios de la longitud se asocia a coberturas de dosel medio. Los rebrotes originados en yemas ubicadas en el lignotuber, acumularon la mayor longitud promedio, mientras que, éstos y los de origen adventicio, presentaron mayor diámetro de cuello promedio acumulado a lo largo del período de control.
- En ambas localidades se comprueba que la mortalidad de rebrotes es mayor en la época de receso vegetativo. Los rebrotes del tipo epicórmico son los más afectados en ambas localidades, con mortalidades sobre el 10%.
- Respecto a la natalidad o aparición de nuevos nudos o rebrotes, ésta es máxima en el período de crecimiento vegetativo y es mínima durante el período de receso vegetativo. Es importante resaltar que los rebrotes originados en yemas epicórmicas son proporcionalmente los de mayor natalidad a través del tiempo, mientras tanto que los rebrotes originados en yemas adventicias y del lignotuber tienen una participación menor al 30%, siendo los rebrotes radicales los de menor actividad y participación.
- Por lo tanto, el desarrollo de la natalidad y mortalidad varían con el transcurso del tiempo, observándose en la localidad de Frutillar una máxima tasa de natalidad en el período invierno – primavera del 2003, período en el cual la mortalidad se estabiliza para seguir aumentando al período siguiente. Mientras que en la localidad de Villarrica, los antecedentes sugieren que el comportamiento del rodal es bastante estable, con pocas fluctuaciones entre la natalidad y la mortalidad.

- Las respuestas observadas en la localidad de Frutillar, corresponden a la dinámica que se establece en rebrotes, inmediatamente después de un disturbio (intervención de cosecha o incendio). En tanto, en Villarrica, el comportamiento se asemeja a poblaciones, donde ya se ha desarrollado una competencia inicial tras dos o tres años desde la intervención que los originó.

7 BIBLIOGRAFÍA

- BELLEFONTAINE, R., EDELIN, C., ICHAOU, A., DU LAURENS, D., MONSARRAT, A., LOQUAI, C. 2000. Le drageonnage, alternative aux semis et aux plantations de ligneux dans les zones semi-arides: protocole de recherches. *Science et Changements Planétaires / Sécheresse* 11 (4): 221 – 226.
- BON, M-C., RICCARDI, F., MONTEUUIS, O. 1994. Influence of phase change within a 90-year-old *Sequoia sempervirens* on its in vitro organogenic capacity and protein patterns. *Trees* 8: 283 – 287.
- BRATTI, J. 1996. Efecto de la altura de corte en el rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. Memoria Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 71 p.
- CALIFORNIA REDWOOD ASSOCIATION. 2002. Redwood forests certified for sustainable harvests. Technical Data Sheet Redwood, 19:1-2.
- CAMERATTI, G. 1969. Estudio de la brotación de tocones de *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis de Ingeniero Forestal. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 33 p.
- CASAL, J. 2000. Fotomorfogénesis: La luz como factor regulador del crecimiento. In: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*, McGraw-Hill Interamericana. pp. 377 - 388.
- CIREN - CORFO. 2001. Descripción de suelos, materiales y símbolos. Estudio agrológico X Región. 199 p.
- COLE, D. 1982. Effects of thinning on Redwood sprout growth. *California Forestry Note* 84: 1 – 12.
- COLE, D. 1983. Redwood sprout growth three decades after thinning. *Journal of Forestry* 3:148 – 150.
- DEL FIERRO, P. 2001. Efecto de tratamientos de corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. en Aucó, IV Región. Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 109 p.
- DEL TREDICI, P. 1992. Natural regeneration of *Ginkgo biloba* from downward growing cotyledonary buds (basal chichi). *American Journal of Botany* 79 (5): 522 – 530.
- DEL TREDICI, P. 1998. Lignotubers in *Sequoia sempervirens*: Development and ecological significance, *Madroño*, 45 (3): 225 – 260.

- DEL TREDICI, P. 1999. Redwood Burls: Immortality underground, *Arnoldia* 59 (3):14 - 22.
- DEL TREDICI, P. 2001. Sprouting in temperate tree: A morphological and ecological review, *The Botanical Review*, 67 (2): 121 – 140.
- DOUHOVNIKOFF, V., CHENG, A. y DODD, R. 2004. Incidence, size and spatial structure of clones in second growth stands of coast redwood *Sequoia sempervirens* (Cupressaceae). *American Journal Botany* 91(7): 1140 – 1146.
- DUCREY, M. y TURREL, M. 1992. Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in Holm oak (*Quercus ilex* L) coppice. *Annales des Sciences Forestières* 49 (5): 449 – 464.
- ESPINOZA, I. 2003. Desarrollo de un sistema de información para la estación del centro forestal Edmundo Winkler (X Región, Chile). Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 96 p.
- ESTÉVEZ, J. 1994. Caracterización del rebrote en cepas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) fundo El Toyo Región Metropolitana. Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 134 p.
- EXSS, H. y GILABERT, H. 1988. Análisis comparativo entre *Sequoia sempervirens* creciendo en Chile y Estados Unidos. Seminario para la Cátedra “Estructura y Propiedades de la Madera”. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Tecnología de la Madera. 18 p.
- FONT-QUER. P. 1965. Diccionario de botánica. Editorial Labor. Barcelona. 1244 p.
- GOMEZ, M. 2003. Contenido de carbohidratos en el lignotuber de *Cryptocarya alba* (Mol.) Losser y respuestas morfológicas de los rebrotes producidos a partir de él, durante la regeneración post-fuego, en el matorral de Chile central. Tesis de Magíster, Santiago, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile. 60 p.
- GONZÁLEZ, N. 2000. Estudio de rebrotación en tres especies del género *Eucalyptus* en la precordillera de la séptima región. Tesis de Ingeniero Forestal. Talca, Universidad de Talca, 89 p.
- GUZMAN, R. 1998. Efecto de distintos tratamientos de poda y raleo en la capacidad de retoñación de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) Maiden. Tesis de Ingeniero Forestal. Concepción, Universidad de Concepción. 28 p.
- HARLOW, W., HARRAR, S. y WHITE, F. 1969. Textbook of dendrology, covering the important forest trees of the United States and Canada. New York, EE.UU. McGraw-Hill., 512 p.

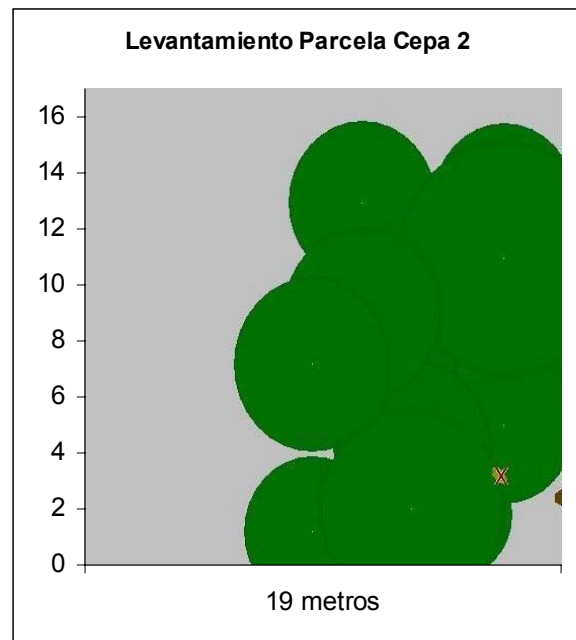
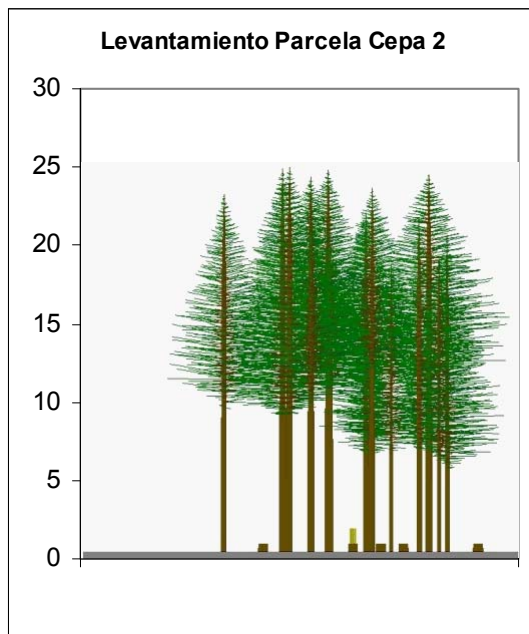
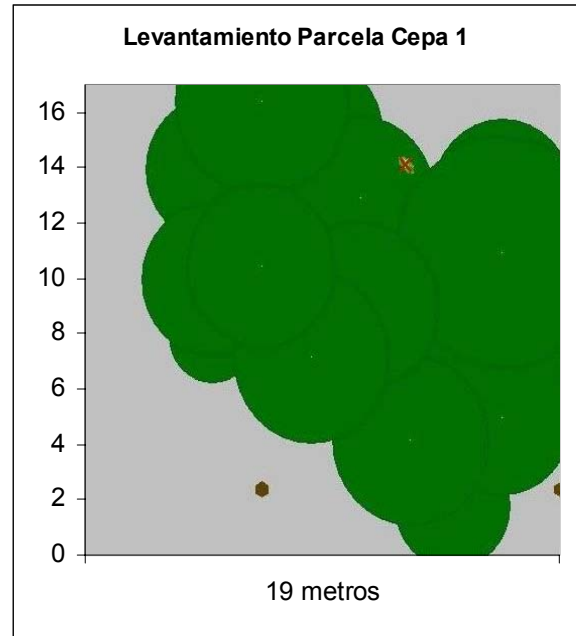
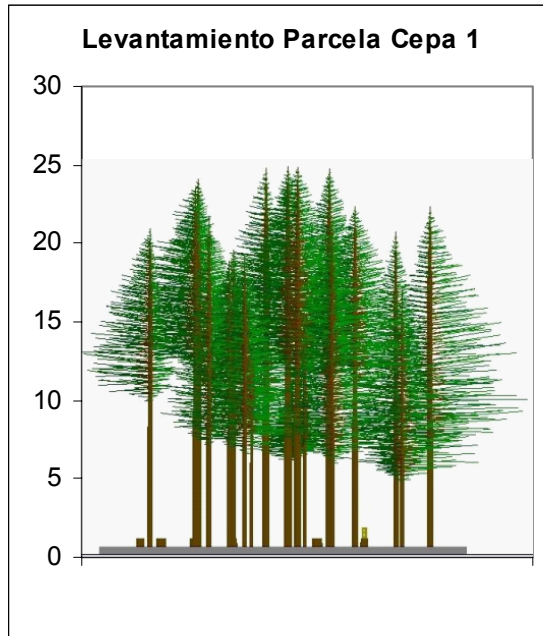
- HERNANDEZ, P. 2003. Efectos de una corta de protección en la radiación fotosintéticamente activa en el desarrollo de la regeneración de un bosque de Lenga (*Nothofagus pumilio*) en la XII Región. Tesis de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 55 p.
- HOFFMANN, A. 1983. El Árbol Urbano en Chile. Santiago, Chile. Fundación Claudio Gay. 255 p.
- HOUKAL, D. y PONCE, E. 1985. Basal sprouting in *Pinus oocarpa*. Turrialba 35(1): 96 – 101.
- IBARRA, M. 1999. Ecofisiología Forestal. "Relaciones entre Árboles y Factores Ambientales (Radiación. Luz, Temperatura)". Apuntes de Clases. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile. 89 p.
- IBARRA, M. 2000. Ecología Forestal. "Dinámica de las Comunidades Forestales". Apuntes de Clases. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile. 24 p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 2004. La secoya, el árbol más grande del mundo [en línea] <http://www.infor.cl/webinfor/pw_secoya/secoya.html> [consulta:06 abril 2004]
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR). 1998. Caracterización de la *Sequoia sempervirens*. Concepción, Chile. Unidad de Tecnologías e Industrias de la Madera. 28 p.
- JACOBS, M.R. 1981. El eucalipto en la repoblación forestal. ONU para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Montes. 715 p.
- JAMES, S. 1984. Lignotubers and burls – Their structure, function and ecological significance in mediterranean ecosystems. Botanical Review 50 (3): 225 – 266.
- JUACIDA, R., VILLANUEVA, S. 1996. Durabilidad natural de *Sequoia sempervirens* (D.Don) Endl. Bosque 17 (1): 83 – 90.
- KANNEGIESSER, U. 1990. Apuntes sobre *Sequoia sempervirens*. Ciencia e Investigación Forestal, 4 (1): 124 – 133.
- McCREARY, D. 2004. Stump sprouting: An alternative regeneration approach. IHRMP: Funded research. Sierra Foothill range field station. Oak Fact Sheets N°1. Management program, U.C. Berkeley
- MERLET, H., CARDENAS, M. y HEYER, C. 1992. Zonificación agroclimática de la X Región. Chile Hortofrutícola, 5 (27): 10 – 15.

- MOLINA, M. L. y VERDAGUER, D. 1993. Lignotuber ontogeny in the cork-oak (*Quercus suber*; Fagaceae), II. Germination and young seedling. American Journal of Botany. 80 (2): 182 – 191.
- MONTENEGRO, G., GINOCCHIO, R., SEGURA, A., KELLY, J., GÓMEZ, M. 2004. FIRE regimes and vegetation responses in two mediterranean-climate regions. Revista Chilena de Historia Natural. 77 (3): 455 – 464.
- NOVOA S. A., R., VILLASECA C., S., DEL CANTO S., P., ROUANET M., J. L., SIERRA B., C., DEL POZO L., A. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. INIA. Santiago. Chile. 221 p. y mapas.
- OLSON, D. F., JR., ROY, D. F., WALTERS, G. A. 1990. *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Redwood. In: Burns, R. y Honkala, B. [Eds.], Silvics of North America. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook 654: 541 - 551.
- PAYSEN, T., NAROG, M., TISSELL, R. y LARDNER, M. 1991. Trunk and root sprouting on residual trees after thinning a *Quercus chrysolepis* stand. Forest Science. 37 (1): 17 – 27.
- PEER, W., BRIGGS, W., LANGENHEIM, J. 1999. Shade-avoidance responses in two common coastal redwood forest species, *Sequoia sempervirens* (Taxodiaceae) and *Satureja douglasii* (Lamiaceae), occurring in various light quality environments. American Journal of Botany 86 (5): 640 – 645.
- POWERS, R., y WIAIT, H. 1970. Sprouting of old-growth coastal redwood stumps on slopes. Forest Science 16 (3): 339 – 341.
- PRADO, J. 1989. Manejo de Plantaciones. In: Prado, J. y S. Barros (Eds.). Eucalyptus: Principios de silvicultura y manejo. INFOR/CORFO. Santiago, Chile. 199 p.
- RAMIREZ, J. 2002. *Sequoia sempervirens*: para tomar en cuenta. Chile Forestal N° 290 Marzo-Abril, pp. 27-29.
- RODRÍGUEZ, G y RODRIGUEZ, R. 1983. Las especies de Taxodiaceae cultivadas en Chile. Boque, 5 (1): 35 - 46.
- ROUSSEL, L. 1978. Lumière, gourmands et rejets de souche. Revue Forestière Française, 30 : 533 – 550.
- SÁNCHEZ, A. y MORALES, R. 1993. Las regiones de Chile. Espacio físico y humano – económico. Eds. Universitaria. 262 p.
- SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. M. 1993. Atlas agroclimático de Chile. Regiones sexta, séptima, octava y novena. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago. Chile. pp. 99.

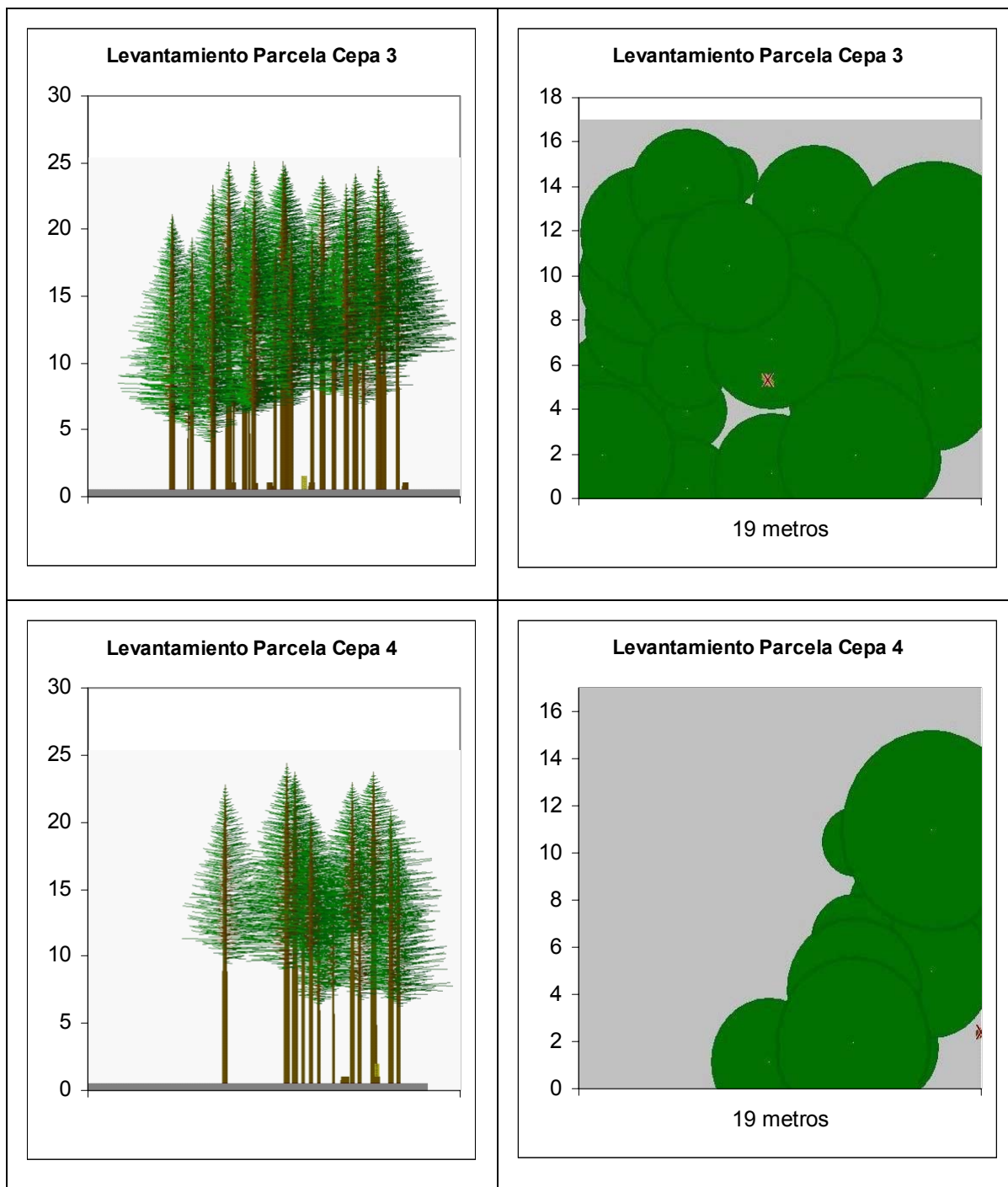
- SEREY, I. y CLAROS, S. 1995. Comparación del patrón de dinámica del follaje de las especies *Nothofagus alpina*, *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus glauca*. Ciencias Forestales, 10 (1-2): 1 – 8.
- SERRA, M. 1987. Dendrología de coníferas y otras angiospermas. Apunte Docente N° 2. Departamento de Silvicultura. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. pp. 192.
- SERRA, M. 1995. Dendrología de angiospermas dialipétalas y simpétalas. Segunda Parte. Universidad de Chile. Apuntes de Clases. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 47 p.
- SERRA, M. GAJARDO, R. y GREZ, I. 1994. Estudio del rebrote en cepas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol., Rosaceae). Informe Final de Proyecto Específico de Investigación. Proyecto D.T.I.: A-3298/9212, A-3298/9322. 105 p.
- SMART, R. 1988. Shoot spacing and canopy light microclimate. American Journal of Enology and Viticulture. 39 (4): 325 – 333.
- TIEDEMAN, A., CLARY, W. y BABOUR, R. 1987. Underground systems of Gambel Oak (*Quercus gambelli*) in central Utah. American Journal of Botany 74 (7): 1064 – 1071.
- TORAL, M., GONZALEZ, L., GARFIAS, R., CASTILLO, M. y HERRERA, M. 2004. Aspectos de silvicultura y manejo de la secoya en Chile (*Sequoia sempervirens*). In: Seminario Diversificación Forestal; Nuevas opciones, nuevos productos, nuevos mercados: 13 al 15 de octubre de 2004. Villarrica, Chile. 27 p.
- TORAL, M., CASTILLO, M., GARFIAS, R., PEDERNERA, P. y HERRERA, M. 2004. Determinación de las principales áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales de *sequoia sempervirens* en Chile. Revista Geográfica de Chile "Terra Australis". 49: 197 – 216.
- USDA FOREST SERVICE. 2004. Data and information systems. Fire Effects Information System. Glossary [En Línea], <<http://www.fs.fed.us/database/feis/glossary.html>>. [consulta:18 Agosto 2004].
- VITA, A. 1977. Crecimiento de algunas especies forestales nativas y exóticas en el arboretum del Centro Experimental Forestal Frutillar. X Región. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Boletín técnico N° 47.16 p.
- VITA, A. 1996. Los tratamientos silviculturales. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 149 p.
- ZIMMERMANN, M. y BROWN, C. 1980. Trees, structure and function. Springer - Verlag. EE.UU. 336 p.

8 APÉNDICES Y ANEXOS

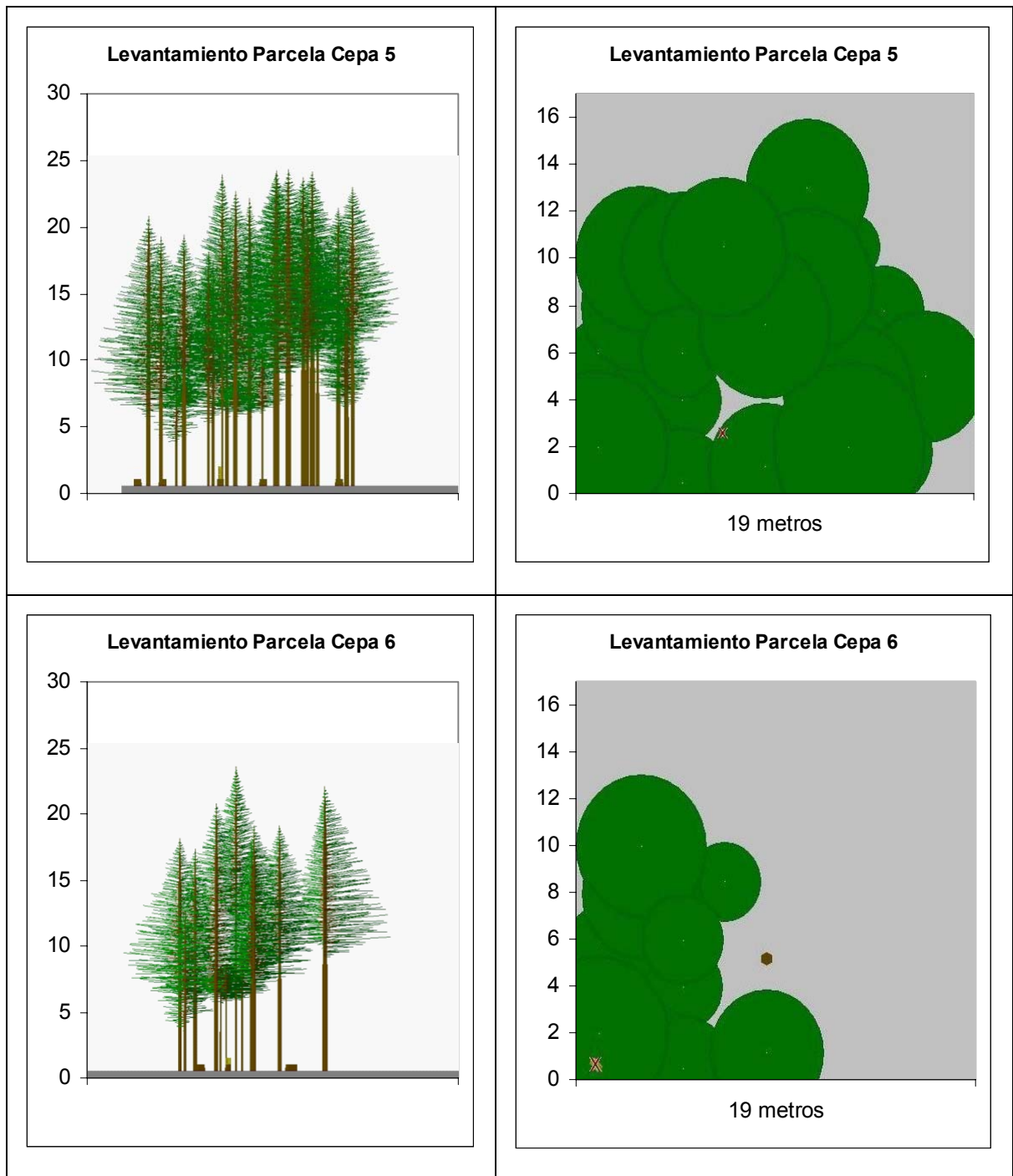
APÉNDICE 1. Levantamientos horizontales y verticales de parcelas radio 10 metros con centro en las cepas para la localidad de Frutillar.



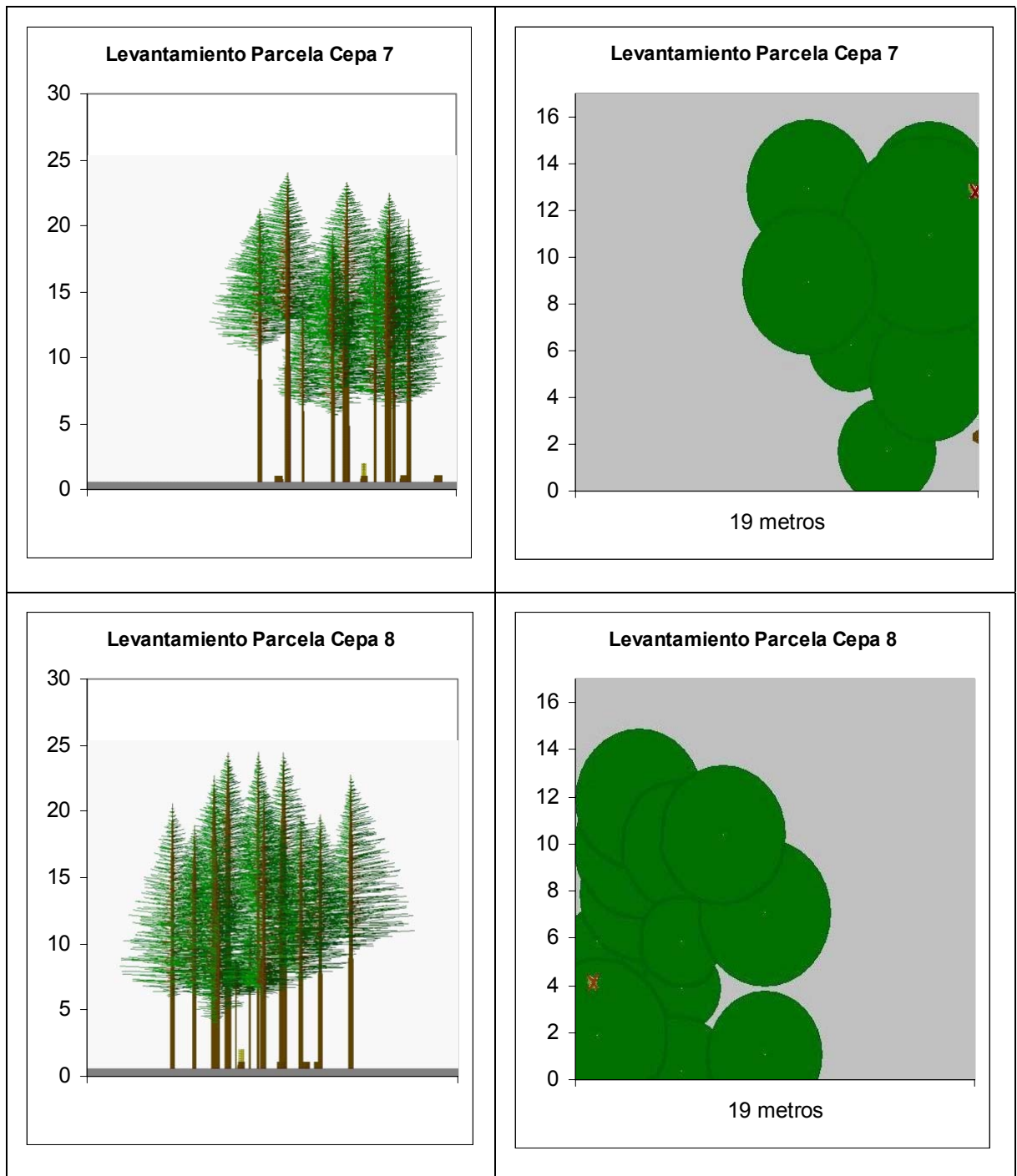
CONTINUACIÓN APÉNDICE Nº 1. Levantamientos horizontales y verticales de parcelas radio 10 metros con centro en las cepas.



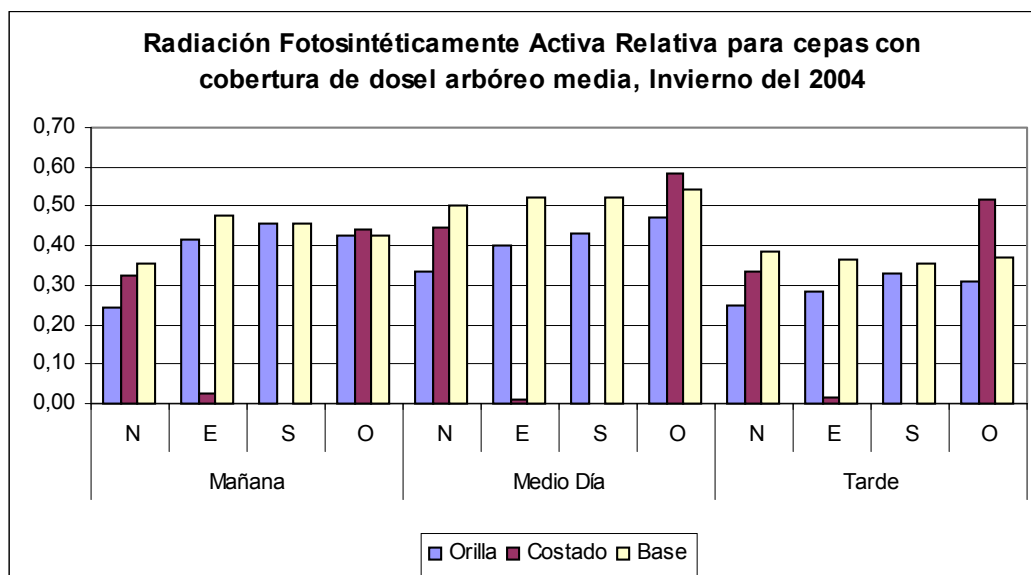
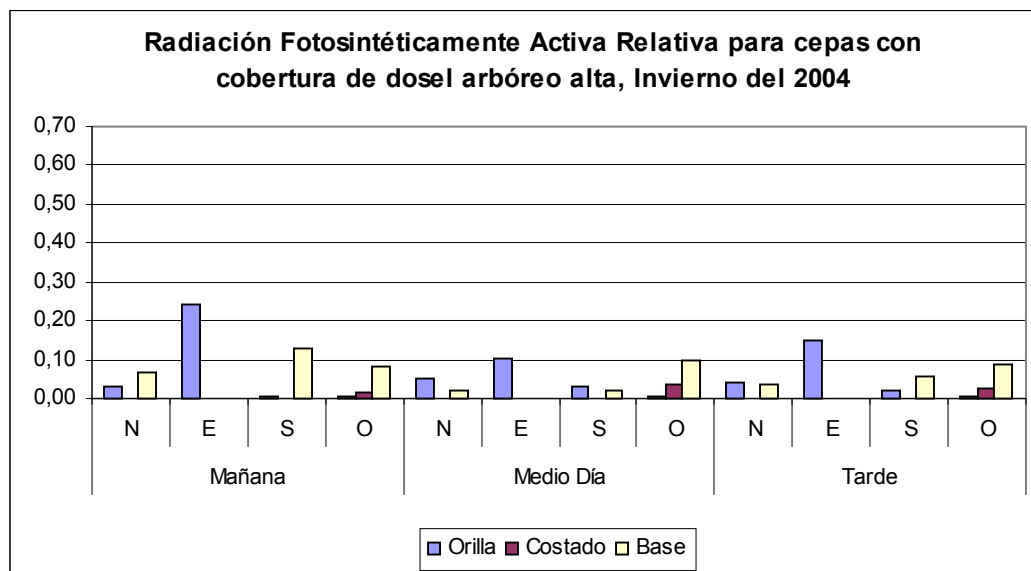
CONTINUACIÓN APÉNDICE N° 1. Levantamientos horizontales y verticales de parcelas radio 10 metros con centro en las cepas.



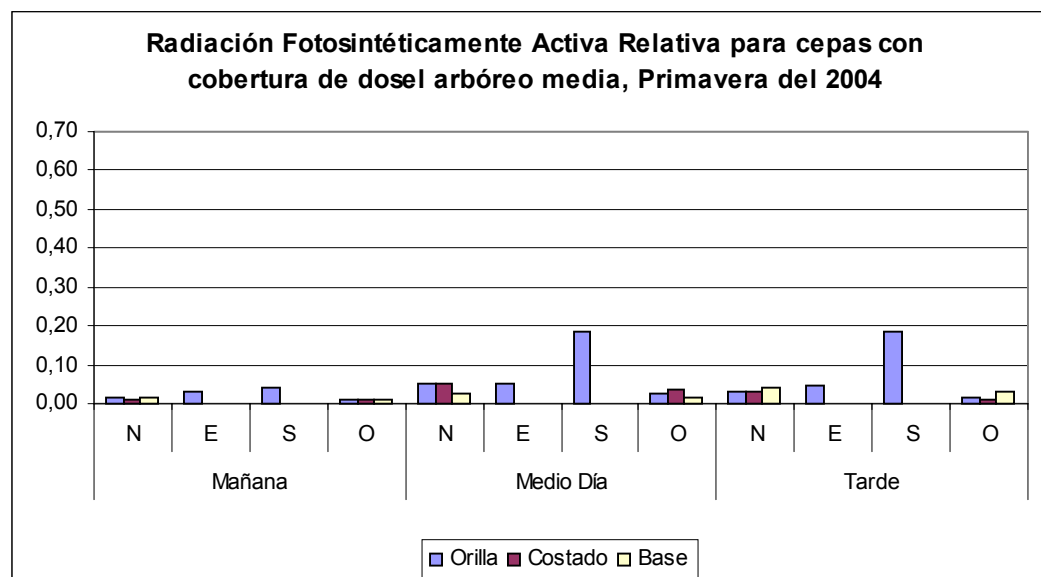
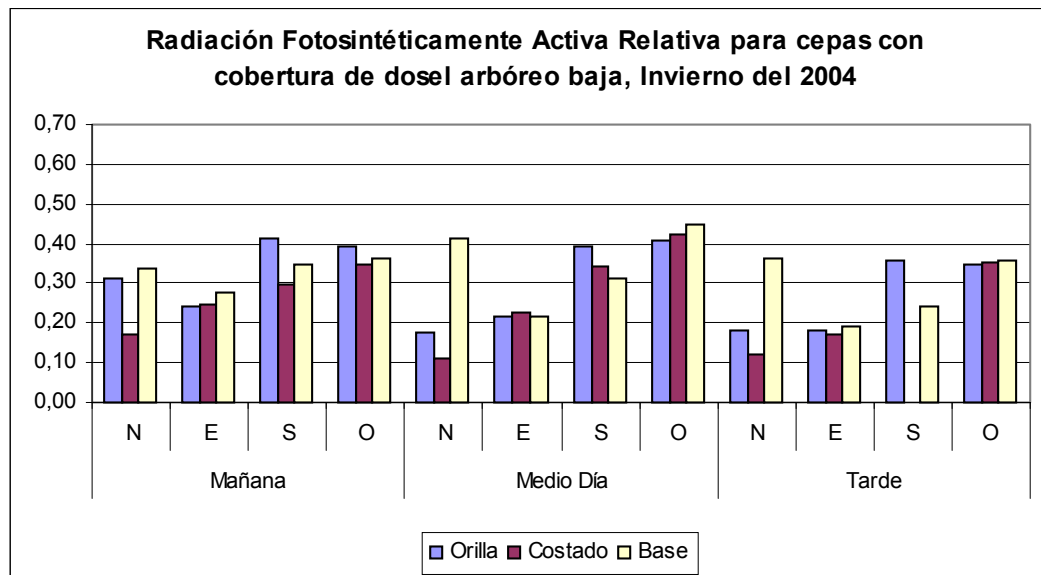
CONTINUACIÓN APÉNDICE N° 1. Levantamientos horizontales y verticales de parcelas radio 10 metros con centro en las cepas.



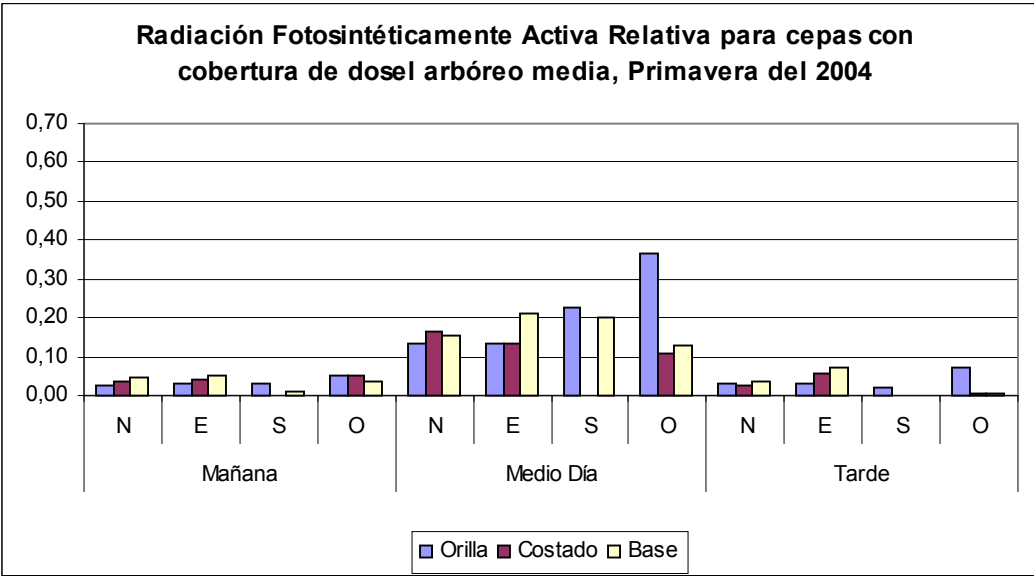
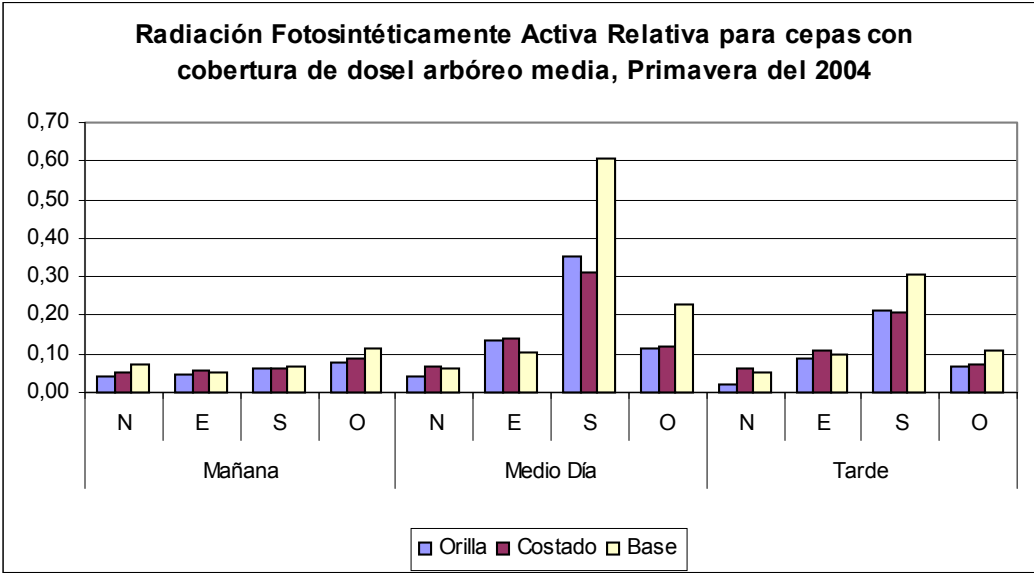
APENDICE 2. Comportamiento promedio diario de la Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa según estación del año, cuadrante de exposición, cobertura del dosel arbóreo y posición en la cepa, para la localidad de Frutillar.



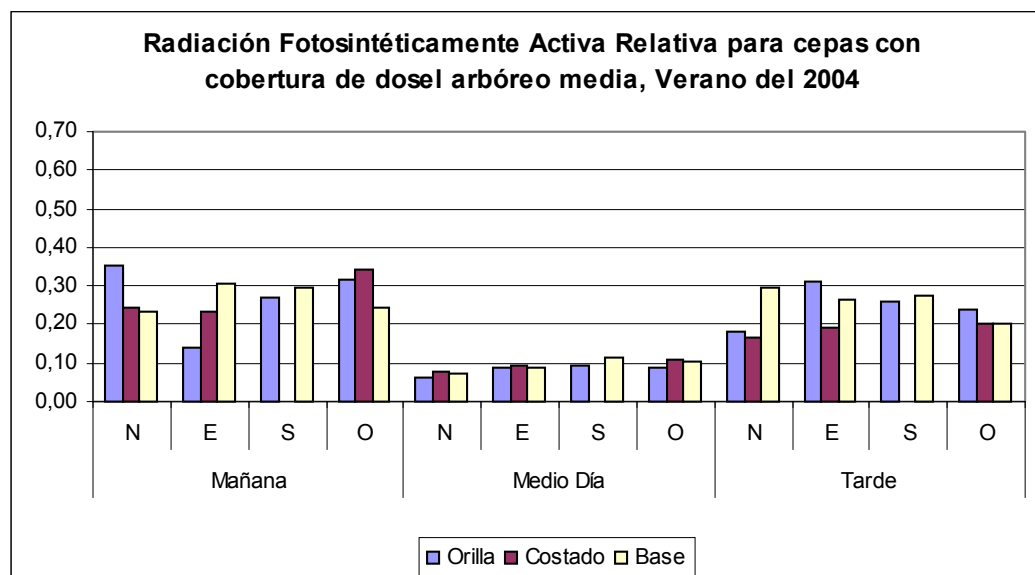
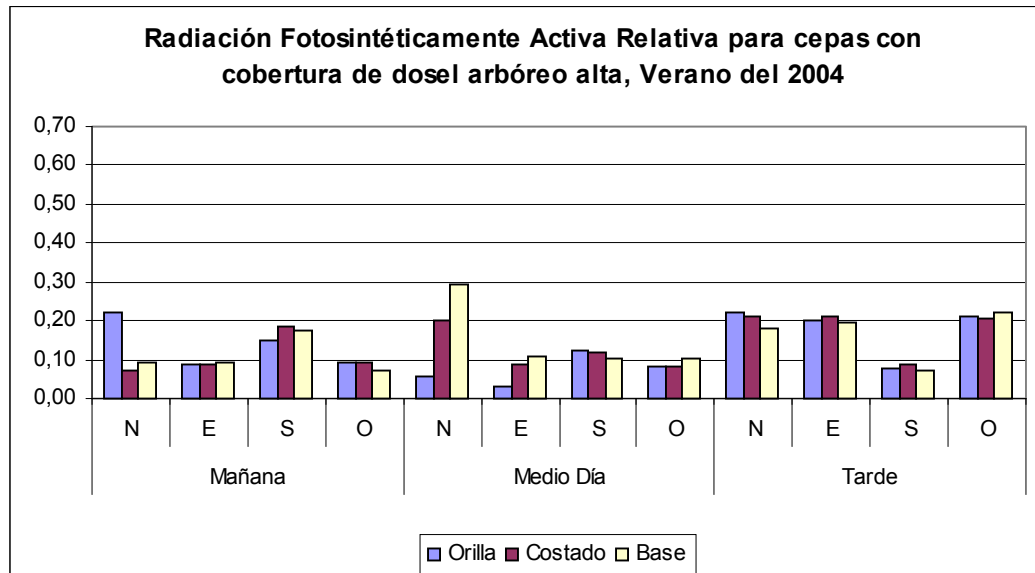
CONTINUACIÓN APÉNDICE N° 2. Comportamiento promedio diario de la Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa según estación del año, cuadrante de exposición, cobertura del dosel arbóreo y posición en la cepa, para la localidad de Frutillar.



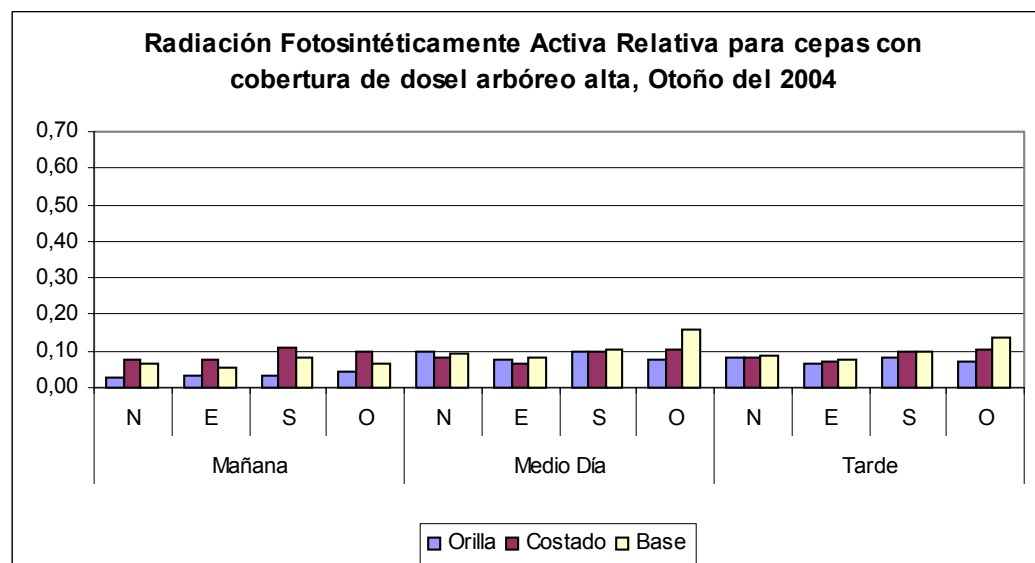
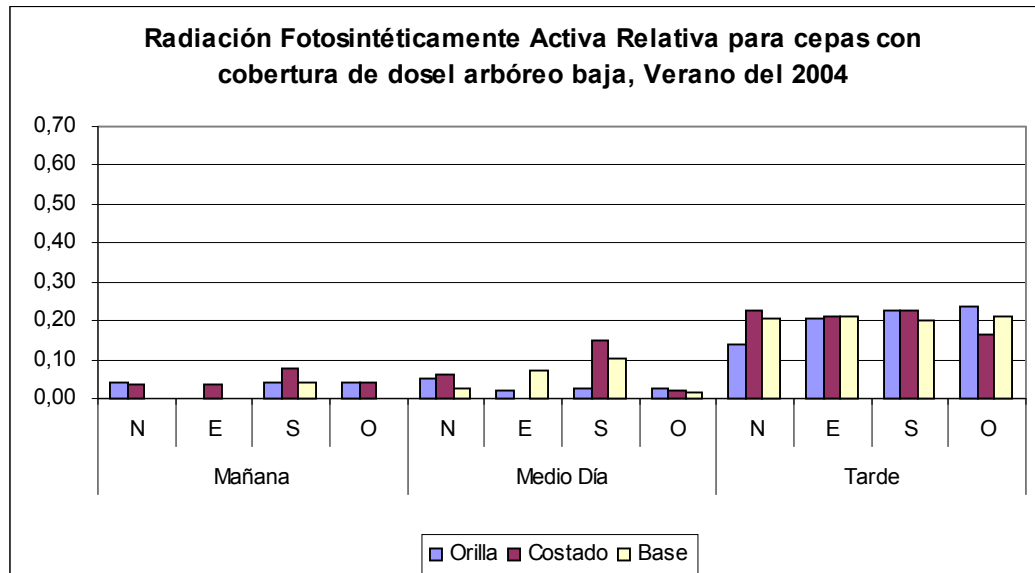
CONTINUACIÓN APÉNDICE Nº 2. Comportamiento promedio diario de la Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa según estación del año, cuadrante de exposición, cobertura del dosel arbóreo y posición en la cepa, para la localidad de Frutillar.



CONTINUACIÓN APÉNDICE N° 2. Comportamiento promedio diario de la Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa según estación del año, cuadrante de exposición, cobertura del dosel arbóreo y posición en la cepa, para la localidad de Frutillar.



CONTINUACIÓN APÉNDICE N° 2. Comportamiento promedio diario de la Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa según estación del año, cuadrante de exposición, cobertura del dosel arbóreo y posición en la cepa, para la localidad de Frutillar.



CONTINUACIÓN APÉNDICE N° 2. Comportamiento promedio diario de la Radiación Fotosintéticamente Activa Relativa según estación del año, cuadrante de exposición, cobertura del dosel arbóreo y posición en la cepa, para la localidad de Frutillar.

