



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales

**Estructura y Regeneración de *Austrocedrus chilensis*
(D.Don) Pic. Ser. et Biz. (Ciprés de la Cordillera), en los
Corrales de Urriola, Reserva Nacional Río de los Cipreses.**

Patrocinante: Sr. Carlos LeQuesne G.

Trabajo de Titulación presentado
como parte de los requisitos para optar
al Título de **Ingeniero Forestal**.

JESSICA ARACELI BARRIA MENESES

VALDIVIA
2007

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

| | | Nota |
|---------------|------------------------|-------------|
| Patrocinante: | Sr. Carlos LeQuesne G. | <u>7,0</u> |
| Informante: | Sr. Mauro González C. | <u>6,3</u> |
| Informante: | Sr. Antonio Lara A. | <u>6,5</u> |

El patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

Sr. Carlos LeQuesne G.

“Como el árbol, crece la esperanza”

José Martí.

El árbol líder natural del medio ambiente, siempre ha sido fuente de inspiración de músicos, poetas y pintores, quienes seleccionan las percepciones cualitativamente en torno al árbol y la naturaleza y los ordenan a través de sonidos, ritmo, color, forma, luces y sombras, de manera que manifiesten su comprensión personal y cultural, hacer una valoración de él y transmitir su experiencia a otras personas.

Aunque importante, no siempre los árboles son bien tratados, pues en ocasiones son juguetes de niños y enamorados que dejan sus huellas infantiles o de amor según sea el caso. Imaginemos entonces según la perspectiva de un artista ¿Cómo puede reflexionar el árbol?. La respuesta puede encontrarse en el conocido monólogo del árbol

Soy un árbol corpulento, he sido cómplice de muchas historias y he aquí como nuestra lealtad ha derivado hacia la confidencia, guardando secretos, escuchando en silencio cloqueos de huesos cuando los ancianos vienen a descansar sus años bajos mis copas y cobijó amorosamente a los niños.

...El susurro de mis verdes hojas siempre ha traído consigo la invitación al reposo, mi voz crepitante acompaña al transeúnte por la calle, por eso sufro cuando manos desconocedoras mutilan mi tronco, dejando apenas unas pobres brozas.

...Pero la madre naturaleza tan poderosa, tiene en nosotros a sus hijos predilectos. Por eso tras la depredación de algunos hombres, aparecen después tiernísimos brotes de amor, que se convierten en nuevas ramas para proclamar la victoria y demostrar que no obstante los maltratos por la ignorancia e inconciencia, seguiremos ofreciendo la sombra al amparo del follaje y el apoyo seguro. Yo necesito comunicarle al hombre que siempre podrá contar con nuestra bienhechora presencia.

“Para los amantes y luchadores del Bosque Nativo”

*Ser Culto es el único modo de ser libre, José Martí
Viaje a Cuba, 16-20 Abril 2007*

A Yolanda y Carlos mis amados padres,
por todo el apoyo y confianza que me han
brindado, ellos son el ejemplo de mi vida y
sus pasos he seguido...

A Juanita Troncoso Galaz, por iluminarme
y protegerme desde el más allá...

A Carola, Juliana, Marcos y María Paz,
hermanas, sobrino y querida amiga por
darme ánimo y apoyo cuando lo necesité

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primera instancia a mis amados padres Yolanda y Carlos por darme la vida y la oportunidad de concretar mis sueños, estudiar esta hermosa carrera en esta hermosa ciudad "Valdivia". Durante mis 23 años de vida ellos han sido lo más sagrado es por esto que no puedo dejar de agradecer y dedicarles este trabajo que con mucho esfuerzo he logrado realizar. A mis queridas hermanas por el apoyo en las locuras de mi vida, a Marquitos por ser la luz que ilumina mi camino.

A Don Joaquín maestro de la cabalgata y gran conocedor del Cajón de los Cipreses, gracias por sus charlas magistrales y por enseñarme a cabalgar, sin él este trabajo no hubiese sido posible.

A mi profesor Carlos Le Quesne por haberme guiado constantemente en la realización de este trabajo, por enseñarme a conocer y querer a las plantitas del bosque nativo. Al profesor Mauro González y Antonio Lara por sus comentarios y correcciones.

A mis compañeros de terreno por soportar las cuatro horas a caballo bajo sol, rumbo a los cipreses: Joaquín López, Carlos Bustos, Florencia Deccechis, Javiera Bustos, Juan Quezada y María Paz Cárdenas, valió la pena el gran sacrificio que hicimos, sin ustedes quizás que sería de mí.

A mi gran amiga María Paz por tolerarme y ayudarme en cada momento de elaboración de mi trabajo, juntas compartimos y conocimos lugares maravillosos, que no se nos olvide nunca lo vivido, reído y llorado en esta hermosa ciudad durante estos cinco años, que espero sean muchos más.

A Valdivia, a los ríos, lobos marinos, lluvia, granizos, truenos, viento, nubes, aves, árboles, etc. sin ellos mi estadía no hubiese sido la mejor.

A Emilio Cuq por ayudarme con el proceso dendrocronológico y a todos los que trabajan en el laboratorio gracias por su alegría y buena disposición a ayudar.

A Verónica Fredes y Alejandra Portales por su ayuda, simpatía y buena onda.

Por último a la Reserva Nacional Río de los Cipreses a todos sus guardaparques en especial a Julio César Vergara y Jacqueline Vergara por su amor y lucha para proteger a nuestra madre naturaleza.

ÍNDICE DE MATERIAS

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1 | Aspectos generales de <i>Austrocedrus chilensis</i> | 3 |
| 2.1.1 | Ecología | 3 |
| 2.1.2 | Dinámica de bosques | 5 |
| 2.1.3 | Crecimiento radial y características de la madera | 6 |
| 2.1.4 | Estado de conservación | 6 |
| 2.2 | Historia de la Reserva Nacional Río de los Cipreses | 8 |
| 2.3 | Análisis espacial | 9 |
| 3. | DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | 11 |
| 3.1 | Área de estudio | 11 |
| 3.1.1 | Ubicación | 11 |
| 3.1.2 | Clima | 11 |
| 3.1.3 | Vegetación y suelos | 12 |
| 3.2 | Método | 13 |
| 3.2.1 | Sitio de estudio | 13 |
| 3.2.2 | Muestreo del rodal y características dasométricas | 14 |
| 3.2.3 | Composición florística y regeneración arbórea | 14 |
| 3.2.4 | Análisis de distribución espacial y asociación para <i>Austrocedrus chilensis</i> | 14 |
| 3.2.5 | Muestreo dendroecológico | 16 |
| 3.2.6 | Procesamiento de muestras y determinación de edades | 17 |
| 4. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 18 |
| 4.1 | Caracterización del rodal de estudio | 18 |
| 4.1.1 | Composición florística | 18 |
| 4.1.2 | Estructura de tamaños | 19 |
| 4.1.3 | Estructura de edades | 21 |
| 4.1.4 | Regeneración de especie arbóreas | 23 |
| 4.1.5 | Razón sexual | 24 |
| 4.2 | Distribución espacial y asociación entre individuos de <i>Austrocedrus</i> | 25 |
| 4.2.1 | Análisis de la distribución espacial de individuos de <i>Austrocedrus</i> | 25 |
| 4.2.2 | Análisis del patrón espacial de la mortalidad | 26 |
| 4.2.3 | Análisis de la asociación entre individuos de <i>Austrocedrus</i> | 27 |
| 5. | DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 28 |
| 5.1 | Estructura del rodal | 28 |
| 5.2 | Regeneración | 30 |
| 5.3 | Análisis espacial de los individuos | 31 |

| | | |
|----|--------------|----|
| 6. | CONCLUSIONES | 33 |
| 7. | BIBLIOGRAFÍA | 34 |

ANEXOS

- 1 *Abstract and keywords*
- 2 Características de los árboles muestreados
- 3 Fotografías del área de estudio y hábito de los individuos
- 4 Listado Florístico del sector “Los Corrales de Urriola”
- 5 Esquema de la parcela en el sitio, en donde se muestra la ubicación de los individuos en el espacio.
- 6 Función $L(t)-t$ y $L_{12}(t)-t$ y límites de confianza para el área

RESUMEN EJECUTIVO

Austrocedrus chilensis pertenece a la familia Cupressaceae. Es una conífera endémica considerada la más xerófila de los bosques templados de Sudamérica. Actualmente se encuentra en la categoría Vulnerable según la Lista Roja de la UICN. Gran parte del conocimiento acerca de la ecología de la especie proviene de ambientes xéricos y méxicos del norte de la Patagonia en Argentina. Los bosques de *Austrocedrus* varían de acuerdo al gradiente medioambiental y régimen de disturbios a través de su amplio rango geográfico de distribución (~32-44° S) centro-sur de Chile. En este estudio se caracteriza la estructura y regeneración de *Austrocedrus*, afectadas por las intervenciones antrópicas ocurridas en el sector “Los Corrales de Urriola” (34°27’S), en la Reserva Nacional Río de los Cipreses. Se estableció una parcela de 1600 m² (40 x 40 m), la cual fue dividida en 64 cuadrantes de 5 x 5 m. En cada cuadrante se registró diámetro a la altura del pecho (DAP cm), altura total de todos los árboles y la presencia de estructuras reproductivas, como también se cuantificó la presencia de regeneración de *Austrocedrus* y de las especies acompañantes. El patrón espacial de los individuos de *Austrocedrus* se analizó a través de la función *K* de Ripley. El patrón de crecimiento y la estimación de edades, se analizó mediante tarugos de incrementos. En este ambiente *Austrocedrus* coloniza sitios perturbados, formando bosques multietáneos, monoespecíficos, abiertos, con árboles de escaso tamaño y amplio crecimiento radial, indicando condiciones de sitio favorables para el desarrollo de la especie. El diámetro de los individuos varía entre 7 y 84 cm y la altura entre 4 y 22 m. La estructura diamétrica del rodal muestra una curva normal de tipo J-invertida, con individuos remanentes de *Austrocedrus* en las clases superiores de diámetro. La edad media de los árboles es de 82 años, con un rango de variación de 9 y 256 años. Estas características estructurales, sumadas a la edad de los árboles (< 250 años), sugiere el establecimiento de la regeneración en respuesta a frecuentes perturbaciones de pequeña escala, causados por incendios de baja intensidad. El establecimiento de los individuos se originó con cuatro pulsos de regeneración ocurridos entre 1755; 1835; 1875-1925 y 1945–1995 influenciado por la acción de disturbios antrópicos de pequeña escala. La mortalidad masiva de los árboles comenzó a partir del año 1950-1974 acontecida por uno o por la combinación de factores: estrés hídrico, sensibilidad de la especie a las variaciones climáticas e incendios, entre otras. Las evidencias de alteración antrópica por fuego y explotación se presentan en todo el sector de Urriola. Sin embargo, el fuego pareciera ser el factor más relevante en el control de la dinámica poblacional de *Austrocedrus* en la RNRC, alterando la estructura y composición del rodal.

Palabras claves: *Austrocedrus chilensis*, estructura, regeneración, perturbaciones antrópicas, incendios.

1. INTRODUCCIÓN

El escaso aprecio histórico por los bosques nativos y el uso indiscriminado del fuego para expandir las tierras agrícolas y ganaderas, ha tenido como resultado una dramática fragmentación y reducción de su superficie. El área de los bosques templados chilenos se ha reducido por impacto humano, durante los últimos 200 años en una magnitud similar a la disminución experimentada en la última glaciación. Es decir, queda menos de la tercera parte de la superficie original. Los bosques han desaparecido de los lugares con mayor diversidad y endemismo, justamente donde estuvieron los refugios durante el último periodo glacial (Armesto *et al.*, 1994).

La conservación de los bosques templados de Chile está actualmente relacionada con los parques nacionales del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) y los parques privados. *Austrocedrus chilensis* (Ciprés de la Cordillera), en estos momentos se encuentra en la categoría vulnerable según la Lista Roja de la UICN, es decir, que podría pasar a la categoría En Peligro en el futuro próximo (Hechenleitner *et al.*, 2005). Actualmente sólo 2.866 ha, que corresponden al 6,4 % de la superficie ocupada por las poblaciones de *Austrocedrus* están siendo protegidas por el SNASPE (CONAF *et al.*, 1999). Algunas de éstas son Reserva Nacional Río Clarillo, Reserva Nacional Río de los Cipreses (RNRC) y Parque Nacional Laguna del Laja (Hechenleitner *et al.*, 2005).

La RNRC es una de las 48 Reservas Nacionales de las 94 unidades que actualmente abarca el SNASPE (Benoit, 2003). En ella se encuentran poblaciones marginales de *Austrocedrus chilensis*, que en el pasado fueron sometidas a una constante presión derivada de la acción del fuego, extracción de madera por medio del floreo y pastoreo de ganado, afectando gravemente la regeneración (LeQuesne *et al.*, 1999; LeQuesne *et al.*, 2000).

Dentro de la Reserva, el factor de mayor importancia en el cambio del paisaje es el pueblo de Chacayes, ubicado muy próximo a la Reserva. En 1983 el área fue declarada Reserva Nacional ya que la zona, en especial el sitio de Urriola, fue ocupado principalmente para la crianza de ganado. Asociado a este uso, el fuego fue utilizado muy frecuentemente para despejar terrenos.

Debido a las antiguas intervenciones a las que han estado sometidos los bosquetes de *Austrocedrus* en la RNRC este estudio tiene como objetivo general determinar la importancia de las intervenciones antrópicas en la estructura y la regeneración de *Austrocedrus chilensis* en el sector los Corrales de Urriola, ubicado al oeste del río de Los Cipreses.

Este estudio tiene como objetivos específicos:

1. Caracterizar la estructura y composición de *Austrocedrus chilensis* en el rodal
2. Cuantificar la regeneración arbórea y composición florística del rodal de *Austrocedrus chilensis*
3. Determinar y analizar los patrones de asociación y distribución espacial de *Austrocedrus chilensis*
4. Identificar las alteraciones más relevantes en modificar o modelar la estructura del rodal

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Aspectos generales de *Austrocedrus chilensis*

2.1.1 Ecología

Ciprés de la Cordillera pertenece a la familia Cupressaceae, es una conífera endémica considerada la más xerófita de los bosques templados andino-patagónicos de Chile y Argentina (Donoso, 1998). Se describe como un árbol dioico (raramente monoico), que puede alcanzar 25 m de altura y hasta 2 m de diámetro. Presenta un fuste recto y cónico, una corteza áspera y rugosa, con fisuras longitudinales, generalmente, algo parda en la parte inferior y gris cenicienta en la superior y presenta a menudo una bifurcación desde la base (Hoffmann, 1994). El sistema radicular de *Austrocedrus* es superficial y extendido, siendo notorio que sobresalga del suelo (Salinas y del Fierro, 1998). Se ha demostrado que alcanza edades sobre los 1.200 años, por lo cual se describe como una especie longeva¹

En Chile, el Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera, crece preferentemente en la Cordillera de los Andes y como rodales aislados en la Cordillera de la Costa (Donoso, 1981). En los Andes, se presenta en una serie de subpoblaciones disyuntas desde la V Región (Provincia de los Andes, 32° 29' S) a la X Región (Provincia de Palena, 43° 38' S), desde los 250 a los 2.200 m de altitud (Jiménez, 1995; Hechenleitner *et al*, 2005). En la Cordillera de la Costa se presenta en forma muy escasa, dispersa desde la VIII a X Región, a orilla de cursos de agua y en laderas rocosas entre los 800 y 1.000 m s.n.m. en laderas orientales de la Cordillera de Nahuelbuta, y a reducida elevación en pendientes rocosas a orillas del Río Bueno, en un sector llamado El Peligro (Veblen y Schlegel, 1982; Donoso, 1993; Donoso, 2006). De preferencia los bosquetes de *Austrocedrus* se desarrollan en exposiciones norte y oeste (Donoso, 1981; Donoso 1998).

La distribución de esta especie muestra la capacidad para soportar diferentes condiciones climáticas (Pérez, 1983), encontrándose en su distribución norte principalmente en el área de clima mediterráneo subhúmedo, a diferencia del extremo sur de su distribución en que se desarrolla en el área del clima correspondiente a la degeneración esteparia (Donoso, 1981). En cuanto a suelos, el rango en el que ocurre la especie es igualmente amplio. Es muy común hallarlo en suelos rocosos y someros, con bajo contenido de nutrientes, pero es importante destacar que los mejores ejemplares se encuentran sobre suelos alofánicos, profundos (Donoso *et al.*, 2004).

En el límite septentrional, la especie se encuentra en condiciones relictuales, sobre suelos rocosos en exposición sur (LeQuesne, 1988). A partir de los 34° 45' comienza las formaciones boscosas asociadas principalmente con especies xerófitas, entre los 900 y 1.800 m s.n.m. en exposiciones norte y oeste (Donoso, 1981). *Austrocedrus* se asocia con diferentes especies, dependiendo de la latitud, altitud, exposición y tipo de

¹ Le Quesne, C. 2006. Instituto de Silvicultura, Universidad Austral de Chile. Comunicación personal

suelo (Hechenleitner *et al.*, 2005). La altitud de las poblaciones disminuye gradualmente hacia el sur; así las poblaciones más australes se localizan a partir de los 600 hasta los 1.000 m s.n.m. En general la distribución geográfica es discontinua, representada por bosquetes de escasa superficie entre los 34° 45' y 40° S, donde forma rodales puros o mixtos con especies del Tipo Forestal Esclerófilo, como *Quillaja saponaria*, *Lithraea caustica*, *Maytenus boaria*, generalmente por encima de los 900 m s.n.m.. Más al sur se asocia con *Nothofagus glauca*, *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus dombeyi*, y otras especies latifoliadas (Donoso, 1981; Jiménez, 1995).

Considerando las diferentes situaciones en las que se encuentra habitando *Austrocedrus*, puede decirse que el rango ecológico que cubre es posiblemente uno de los más amplios de las especies arbóreas de los Bosques Andino-Patagónicos, con una distribución en forma dispersa a través de un gradiente latitudinal de 1.200 km en línea recta (~32-44° S) (Donoso, 1981; Veblen y Schlegel, 1982), junto con *Pilgerodendron uviferum* cuyo rango de distribución abarca 1.600 km (Martínez, 1981). La sorprendente plasticidad de Ciprés de la Cordillera parece ser entonces el rasgo más característico de su autoecología (Donoso *et al.*, 2004; Donoso, 2006).

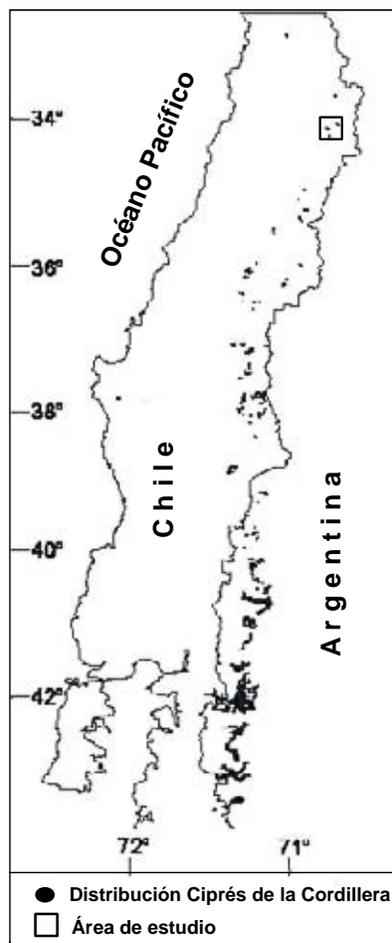


Figura 1. Mapa de distribución geográfica de *Austrocedrus chilensis*
Fuente: LeQuesne *et al.*, 2007 en preparación.

2.1.2 Dinámica de bosques

La regeneración natural de *Austrocedrus* es frecuente o abundante en las diversas condiciones en que se encuentra la especie. En las poblaciones chilenas septentrionales, ya sea asociada con especies esclerófilas o con *Nothofagus obliqua*, la regeneración de *Austrocedrus*, aunque debe competir con la regeneración de las latifoliadas, es abundante y exitosa (Donoso, 1981; Donoso, 1993). Algo similar ocurre en los bosques asociados con *Nothofagus dombeyi* (LeQuesne, 1988; Veblen *et al.*, 1995; Veblen *et al.*, 1996).

En base a las distribuciones diamétricas de muchos rodales, y a la abundante regeneración en muchas áreas se asume que la especie se está autoreemplazando con éxito, especialmente en situaciones de bosque mixto, a pesar de las negativas intervenciones humanas (Donoso, 1998).

El modo de regeneración de *Austrocedrus*, corresponde generalmente a dinámica de claros pequeños, puesto que se asocia a ellos o a claros medianos en el dosel (Veblen *et al.*, 1996; Donoso, 2006). Esta regeneración se encuentra bajo cierta sombra de *Austrocedrus chilensis*, *Nothofagus obliqua*, *Nothofagus glauca*, o *Nothofagus dombeyi*, especialmente bajo cobertura rala y claros de tamaño intermedio, donde se forman a veces manchas de regeneración de 5 a 20 m² (LeQuesne, 1988). En laderas secas, *Austrocedrus* regenera bajo cobertura de manera esporádica, formando bosques abiertos multietáneos. El establecimiento de plántulas en sectores abiertos estaría limitado por el efecto desecante del viento y/o por el impacto de grandes herbívoros (Veblen *et al.*, 1995; Veblen *et al.*, 1996).

En cuanto a la estrategia regenerativa se puede destacar la capacidad de *Austrocedrus* para desarrollarse sobre un sustrato rocoso, donde otras especies no tienen la rusticidad suficiente para establecerse. Por otra parte presenta un alto rango de tolerancia a la sombra (a pesar de ser intolerante) y tiende a crecer en forma agrupada cuando las condiciones de densidad del sotobosque lo permiten (Jiménez, 1995), lo que ha sido definido como síndrome de planta nodriza (Veblen *et al.*, 1995). En cambio, cuando se trata de terrenos erosionados o afectados por pastoreo, en que la colonización de la vegetación se realiza lentamente, los individuos se distribuyen en forma dispersa. Este último caso parece ser el más frecuente en áreas que han sido despejadas por incendios (LeQuesne, 1988).

Veblen *et al.*, (1993) han interpretado las curvas de crecimiento diamétrico de *Austrocedrus* presentadas por LeQuesne (1988), como resultado de establecimiento post-incendio y una supresión inicial por la presencia de arbustos. A excepción de los causados por la actividad volcánica, en Chile los incendios son principalmente de origen antrópico. En sitios con alta pendiente se ha determinado la ocurrencia de perturbaciones de mayor escala, originadas por deslizamientos de tierra y rodados, y de menor escala como caídas de árboles (Veblen *et al.*, 1996).

No se han realizado estudios que vinculen la dinámica de regeneración de *Austrocedrus* al régimen de perturbaciones en Chile. Sin embargo, los bosques de

Ciprés de la Cordillera están estrechamente asociados a la dinámica de incendios provocada por el ser humano para habilitación de terrenos, ya sea para uso agrícola o ganadero, especialmente en Chile central (Donoso *et al.*, 2004; Donoso, 2006). En Chile central-sur el efecto antrópico no sólo se refleja en la incidencia de incendios, sino también en la tala indiscriminada de la especie, afectando las estructuras diamétricas y la composición de los bosques dominados por *Austrocedrus* (Jiménez, 1995, LeQuesne *et al.*, 2000).

LeQuesne *et al.*, (1999) en un estudio realizado en la RNRC, Urriola exposición oeste, encontraron una densidad de plántulas de sólo 12 plantas ha⁻¹, con brinzales de origen exclusivamente vegetativo. Antecedentes sobre el estado regenerativo de las especie en el límite norte de distribución, confirman la escasa presencia de plántulas en cuatro sitios de estudio, debido a las constantes intervenciones antrópicas en el lugar (LeQuesne *et al.*, 2000). Estos resultados indican que no existe un reclutamiento continuo de la población en la RNRC, debido a que la exclusión definitiva del ganado ocurrió hace una década, es decir, la tasa de autoreemplazo para la especie en este estudio, arrojó un saldo negativo.

2.1.3 Crecimiento radial y características de la madera

Dentro de las coníferas nativas, Ciprés de la Cordillera es la que presenta los mejores crecimientos, alcanzando incrementos diametrales de 1,1 cm año en los mejores sitios (Donoso, 2004). El mejor desarrollo de la especie ocurre cuando logra competir con éxito con individuos de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi* en exposiciones sur o cerca de los fondos de quebradas (Donoso, 1998). En condiciones marginales, creciendo sobre afloramientos rocosos, que drenan rápidamente el exceso de humedad en el suelo, los incrementos diametrales son menores a 1 mm año (LeQuesne, 1988).

La madera de *Austrocedrus* es de textura fina, veteado suave, nudosa, de aroma característico y de poca dureza. Es de peso moderado algo mayor a 0,45 g/cm³. La durabilidad natural es moderada, siendo resistente a la biodegradación y fácil de trabajar, por lo cual puede ser empleada en revestimientos interiores, estacas, postes, embarcaciones, cielos, construcciones de carrocerías de vehículos, puertas y ventanas (Díaz-Vaz, 1985).

2.1.4 Estado de Conservación

La madera de Ciprés de la Cordillera se caracteriza por su belleza, durabilidad y calidad por lo cual en la región mediterránea de Chile los bosquetes de *Austrocedrus* han sufrido una larga historia de explotación recurrente, sin ningún criterio silvícola. La madera aserrada y exportada hacia el virreinato del Perú en tiempos de la Colonia, era incluso de más valor que la de *Fitzroya cupressoides* (Donoso, 1998).

Aunque se piensa que *Austrocedrus* posee una distribución extensa en Chile, con un área de ocupación estimada de 44.996 ha, sólo un 6,4 % de su superficie total ésta siendo protegido por el SNASPE (CONAF *et al.*, 1999). Es el Tipo Forestal menos

protegido en Chile (Donoso, 2006). Es fundamental su conservación, debido a la significativa disminución histórica que ha experimentado a lo largo de su rango de distribución natural. Históricamente, los incendios intencionales, usados para despejar terrenos para el establecimiento de plantaciones comerciales, han causado el mayor impacto en la Depresión Intermedia. Las semillas también se ven gravemente afectadas por insectos predadores (Hechenleitner *et al.*, 2005).

El daño más notorio y serio que afecta a *Austrocedrus*, ocurre en el distrito lacustre de Argentina, en donde es común observar manchones con mortalidad aparentemente producida por hongos, sin embargo, factores aún no determinados podrían afectar la predisposición a dicha enfermedad. Este síndrome es conocido como “mal del ciprés”, observado a mediados de la década de 1940 (Varsavsky *et al.*, 1975; Havrylenko, *et al.*, 1989).

En octubre de 2003, se detectó en la Región Metropolitana, la presencia de una plaga, que corresponde a un insecto succionador denominado *Cinara cupressi* (Hemiptera: *Aphididae*), llamado “pulgón del ciprés”, el cual ataca a individuos de todas las edades, tanto sanos como debilitados, provocando la muerte del individuo atacado (Sartori y Baldini, 2006). Actualmente los ataques ocasionados por *Cinara cupressi* a *Austrocedrus*, en sectores de la Cordillera de los Andes de la VI Región, presentan una mortalidad de aproximadamente el 30 % de los ejemplares infestados (Baldini *et al.*, 2004)

2.2 Historia de la Reserva Nacional Río de los Cipreses

Desde inicios del siglo XVII, documentan la cesión de las tierras de Chacayes y Cauquenes, cuyos límites se fijaron entre el río Cachapoal por el norte, al sur con el río Colorado, al este con la Cordillera de los Andes y por el oeste con la hacienda de Apaltas, para explotación minera (Arrué, 2000), lo cual estimuló la explotación del Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera y del bosque esclerófilo presentes en esta zona. Dicha actividad estaba en manos de la Compañía de Jesús cuya cesión del área data del año 1604, dedicándose también a la agricultura por más de 50 años (Espejo, 1934). Posterior a la presencia de los jesuitas en el área, la hacienda Cauquenes (Antigua denominación de la RNRC) tuvo varios dueños, entre ellos se encuentra la familia Larraín. Los últimos dueños de estos terrenos fueron Apolinario Soto y familia durante el siglo XIX.

Entre 1831 y 1875, connotados personajes como Claudio Gay, Amado Pissis, Ignacio Domeyko y Rodolfo Philippi, recorrieron la zona cordillerana de Chacayes, realizando descripciones de la geología, topografía, flora y fauna del valle cordillerano del río Cachapoal y sus afluentes, motivados por el afán de explorar las bellezas naturales y describir cada uno de los rincones encontrados a su paso (Arrué, 2000). Gay localizó el yacimiento de Cobre en el curso superior del río Cipreses, también describe el comportamiento del guanaco y de la fauna en general; Pissis, describe la vegetación aludiendo que la única conífera (*Austrocedrus*) se ubica a sur del Cachapoal, principalmente en el valle de los cipreses, además hace mención a la crianza del ganado y cultivo del trigo a gran escala en la zona (Arrué, 2000).

En Urriola, las diferentes familias dueñas de este territorio se dedicaron a la ganadería. La venta principal era de ganado bovino, llegando a un máximo de 10.000 cabezas en el año 1820 (Espejo, 1934). Esta actividad trajo consecuencias negativas para la conservación de los bosquetes de *Austrocedrus*, ya que se despejaron grandes extensiones por medio de incendios. La presencia permanente de ganado perjudicó la regeneración de la especie. En los bosques de Argentina, Relva y Veblen (1998), señala el efecto negativo del ganado sobre la regeneración en individuos entre 0,5 y 1 m de altura.

En el año 1983 el fundo pasa a manos de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), cuyo objetivo es proteger los bosquetes de *Austrocedrus* como también al bosque esclerófilo presente en la zona (Arrué, 2000). En este periodo los esfuerzos se centraron en disminuir los efectos del uso del suelo que a la fecha habían producido mayor deterioro a los recursos naturales de la zona. Se trató de combatir el pastoreo excesivo, la extracción de leña y la caza de fauna nativa con problemas de conservación, especialmente el guanaco, especie casi desaparecida en la zona central, y el loro trichahue, cuyos polluelos, se presume, eran capturados por cazadores furtivos o vendedores de mascotas (Arrué, 2000). Se prohibió la caza, mientras que se tomó la decisión de eliminar por completo las actividades ganaderas concentradas en Urriola a partir de mediados del año 1993².

² Vergara, J. C. 2007. Corporación Nacional Forestal, VI Región (Comunicación personal)

2.3 Análisis espacial

Las comunidades forestales, cambian no sólo en el tiempo, sino que también en el espacio, y son frecuentemente modificadas por los cambios en las condiciones ambientales debido a situaciones fortuitas y a diferentes tipos de alteraciones naturales o antrópicas (Donoso, 1998).

Los métodos cuantitativos de análisis espacial tienen como objetivo la detección y descripción de un patrón para inferir los procesos ecológicos (dispersión, establecimiento, crecimiento, mortalidad, competencia, facilitación, depredación, invasión) que pudieron dar lugar a dicho patrón. No obstante, un patrón determinado puede ser consecuencia de distintos procesos ecológicos, así como un mismo proceso ecológico puede dar lugar a distintos patrones si la matriz ambiental los modifica. Por ejemplo, una población compuesta por individuos espacialmente agregados puede haber sido producto de una dispersión inicialmente agregada o de una dispersión regular con una intensa competencia posterior (Rozas y Camarero, 2005).

El patrón espacial de una población de organismos sésiles como un bosque o un rodal viene definido por la localización de los individuos que la componen, la que determina en parte cómo interactúan en función de su tamaño, forma, edad, estatus competitivo, acervo genético, entre otras. El primer proceso que afecta al patrón espacial es la dispersión de propágulos. Distancias de dispersión cortas pueden implicar un patrón espacial agregado de plántulas. Sin embargo, el medio abiótico y biótico (competencia, facilitación) en el que el árbol se desarrolla también tiene una estructura espacial y muestra heterogeneidad ambiental, ya que hay manchas de hábitat adecuado para la germinación o para el establecimiento o para el crecimiento (Schupp y Fuentes, 1995). De este modo el medio «filtra» el patrón espacial inicial y produce patrones espaciales cambiantes a lo largo del tiempo para los diferentes estadios vitales (Figura 2), desde semilla hasta adulto (Houle, 1995). Por otro lado, no sólo la disponibilidad de hábitat adecuado puede afectar, sino estar afectada por el patrón espacial de la población que modifica a su vez el entorno. La proximidad a adultos puede aumentar la competencia, pero también puede favorecer el establecimiento si el adulto produce condiciones microambientales adecuadas en medios bajo intenso estrés abiótico (Camarero y Rozas, 2006).

Se reconocen tres grandes tipos de patrones espaciales: agrupado o agregado, regular o uniforme y aleatorio. Si la distribución de los individuos es al azar, significa que la ubicación de cada individuo de la especie está determinada por factores independientes de aquellos que determinan la ubicación de los otros. Otras plantas debido a diferentes factores biológicos o medioambientales (hábitat), tienden a crecer unas junto a otras o reunidas en grupos separados uno de otros, lo que se denomina distribución agrupada, este es el patrón más típico. Por último existe la distribución uniforme o regular en que los individuos se encuentran espaciados en forma más o menos regular, este patrón puede resultar de la competencia intraespecífica de miembros de una población (Donoso, 1998).

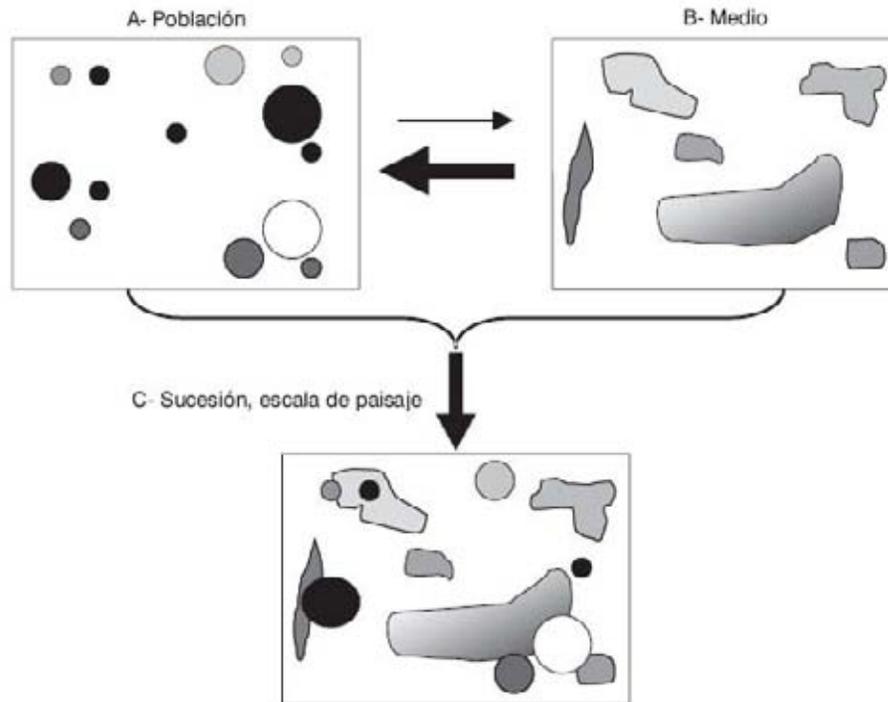


Figura 2. Una población (A) de organismos sésiles (p.ej. árboles) interactúa con su medio (B) (manchas con distintas condiciones ambientales de luz, temperatura, humedad, etc.). El medio «filtra» el patrón espacial inicial (flecha hacia la izquierda en A) y produce patrones espaciales que difieren del inicial y que cambian a lo largo del tiempo según los individuos crezcan y mueran o las especies interactúan, aparecen y desaparecen (C, sucesión). La población también modifica su medio ya que los individuos generan heterogeneidad ambiental en el espacio (flecha hacia la derecha en A). Al aumentar la escala temporal también lo puede hacer la espacial y en el nivel C aparece la escala de paisaje. (Tomado de Camarero y Rozas, 2006).

Existe una gran diversidad de métodos para la cuantificación del patrón espacial en forma de índices que proporcionan una estimación del patrón. Ejemplo de esto es el Índice de Morisita (1959) y el método de Iwao (1972), que permiten estimar la variación del tipo y la intensidad del patrón a lo largo de un gradiente de escalas espaciales. Según Moeur (1993) las funciones más adecuadas para describir e interpretar patrones de distribución espacial son el análisis del vecino más cercano y el análisis combinado univariable y bivariable de cálculo de distancia.

Jiménez, (1995) en un estudio realizado para *Austrocedrus chilensis*, aplicó el análisis univariable y bivariable con la función K de Ripley. Encontró que la especie tenía un comportamiento agregado en el espacio, entre los individuos vivos, para escalas espaciales que van desde 1 a 18 m, esto significa que en promedio en cada clase de distancia, hay más individuos de los que se esperaría por azar. Sin embargo, para los individuos mayores a 35 cm de DAP, se observa que el patrón de distribución espacial tiende a la aleatoriedad, especialmente para distancias inferiores a 7 m. Según el autor, la distribución de *Austrocedrus* sería significativamente distinta y más agregada de la que resultaría de una mortalidad que opere por azar. Por lo tanto, el patrón de distribución espacial agregado se mantendría en el tiempo por un mecanismo de mortalidad espacialmente agregada.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Área de estudio

3.1.1 Ubicación

La Reserva Nacional Río de los Cipreses, con 36.882,5 ha, se ubica en la precordillera y cordillera andina de la VI Región, a 50 km al este de la ciudad de Rancagua (VI Región), provincia de Cachapoal, comuna de Machalí. Se emplaza entre los paralelos 34°16' y 34°39' de latitud sur y los meridianos 70°28' y 70°18' de longitud oeste (Figura 3) y contiene dentro de sus límites básicamente a la cuenca río de Los Cipreses (CONAF, 2006).

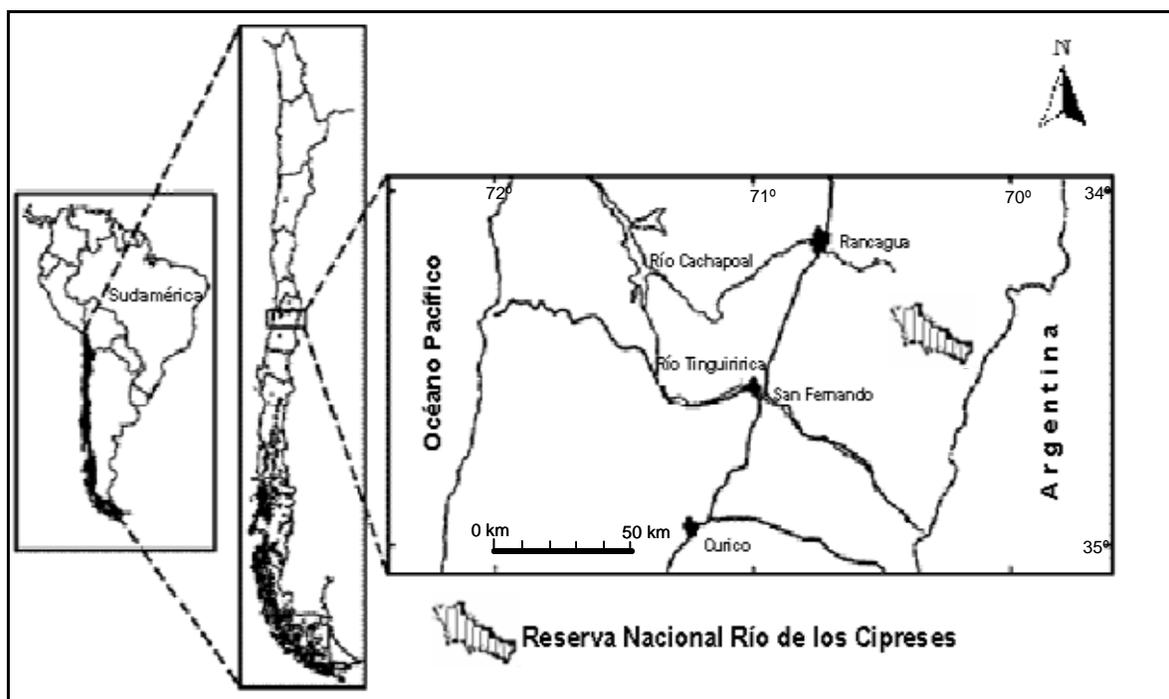


Figura 3. Localización del área de estudio.

El área más importante corresponde al cajón del río de Los Cipreses, que se caracteriza por un valle largo de 20 km, de orientación notablemente rectilínea sur-norte. Este valle se caracteriza por poseer una cuenca modelada en gran parte por acción del hielo, siendo posible aún encontrar en el curso superior el glaciar Los Cipreses, a cuyo derretimiento debe su origen (Benoit, 2003).

3.1.2 Clima

La estación meteorológica de Sewell, ubicada al Norte del sitio de estudio (34° 06'S-7° 22' W), mostrada por di Castri y Hajek (1976), permite conocer las condiciones generales del área. La precipitación media anual va desde los 800 mm en las partes bajas hasta los 1.500 mm en las más altas. La temperatura media anual alcanza a

9,5 ° C, con valores extremos expresados en máximas medias que varían entre 19 y 21°C para los meses de diciembre a marzo, y las mínimas tienen un promedio de 0,3 y 0,5 ° C para los meses de junio a agosto (LeQuesne *et al.*, 1999).

El clima característico es el templado de montaña con cuatro meses secos, caluroso en verano, con un invierno lluvioso y precipitaciones en forma de nieve. La tendencia de las precipitaciones muestra la condición mediterránea del área, con un ambiente seco entre los meses de diciembre y marzo, en que las precipitaciones no sobrepasan en promedio los 16,6 mm/mes, y una concentración de las precipitaciones entre los meses de mayo y agosto con registros promedio superiores a 150 mm/mes, esta última con una componente de caída nival (LeQuesne *et al.*, 1999).

3.1.3 Vegetación y suelos

El cajón de los Cipreses se inicia a una altitud cercana a los 1.100 m s.n.m., en la confluencia del río Cachapoal. Es característico a esta zona un bosque esclerófilo secundario compuesto entre otras especies por: *Quillaja saponaria* (Quillay), *Lithrea caustica* (Litre), *Aristotelia chilensis* (Maqui), *Kageneckia oblonga* (Bollen), *Retamilla ephedra* (Retamilla). A medida que se incrementa la altitud, hacia los 1.400 m s.n.m., desaparece el bosque de Quillay y Litre, para dar paso a formaciones abiertas de *Kageneckia angustifolia* (Frangel u Olivillo de la Cordillera).

La vegetación del cajón del río de Los Cipreses corresponde al matorral esclerófilo montano (Rundel, 1981). A partir de 1.500 m s.n.m. crecen las primeras agrupaciones de *Austrocedrus chilensis* cercanas al curso del río y dispersas en bosquetes sobre laderas donde la especie adopta un hábito achaparrado hacia el límite altitudinal arbóreo, estimado en 1.900 m s.n.m. Especies como *Maytenus boaria* (Maitén), *Guindilia trinervis* (Guindillo), *Colliguaja salicifolia* (Colliguay macho), *Schinus montanus* (Litrecillo) y *Azara petiolaris* (Lilén), presentes también en el bosque esclerófilo, cohabitan en los bosques abiertos de Ciprés. Cercano a manantiales o mallines se encuentran pequeños grupos de *Escallonia revoluta* (Lun; Corontillo) asociados a hierbas acuáticas. En extensiones planas de la caja fluvial se presenta también *Cortaderia araucana* (Cola de Zorro). Finalmente, es propio a los pisos altitudinales superiores la vegetación de pradera altoandina (LeQuesne *et al.*, 1999).

El basamento geológico de la Reserva corresponde principalmente a Andesitas, Basaltos y Traquitas de la formación geológica Coya-Machalí. La conformación del paisaje actual se debe a la interacción de fenómenos antrópicos, volcánicos, glaciales y fluviales. La topografía del área es representativa del ambiente cordillerano andino de la zona central de Chile, caracterizada por estrechos valles y fondos de quebradas, rodeados por altas cumbres rocosas y con fuertes pendientes (Benoit, 2003).

Los suelos del valle, salvo algunas excepciones muy localizadas y de superficie irrelevante, son muy poco evolucionados, pudiendo dividirse en suelos de erosión

(litosoles), los más abundantes en la Reserva, y suelos de aporte (aluviales y coluviales) (Benoit, 2003).

3.2 Método

3.2.1 Sitio de estudio

En el año 1999, se caracterizó la estructura poblacional de un rodal de *Austrocedrus* en la RNRC, específicamente en el sector Urriola, ladera con exposición oeste (Figura 4). A partir de cronologías de anchos de anillos, se identificaron las principales fuentes de perturbación que afectan la dinámica de estas poblaciones en el límite norte de su distribución. El rodal de *Austrocedrus*, con exposición oeste, se encuentra constituido por árboles dispersos, con copas profundas desde el nivel del suelo, formando un dosel abierto con reducida densidad de fustes. La altura y diámetro medio es de 8 m y 34 cm, respectivamente, área basal de $52,1 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Esta población es considerada como multietánea (LeQuesne *et al.*, 1999).

En los Corrales de Urriola, ladera con exposición este (Figura 4), se realizó un muestreo para caracterizar y comparar la estructura poblacional de *Austrocedrus* con el rodal de exposición oeste. Se estableció una parcela cuya superficie es irregular y se encuentra cubierta por bloques de roca. Es un lugar con pendiente poco significativa con un promedio de 5° . La localización geográfica de ambos sitios corresponde al sector de Urriola, emplazado a $34^\circ 27' \text{ S}$; $70^\circ 25' \text{ W}$, a una altitud de 1.600 m s.n.m. Este sitio se caracteriza por una condición ambiental xérica, y por un alto grado de alteración por incendios, lo que se refleja en la estructura del bosque.



Figura 4. Área de estudio, Corrales de Urriola exposición este (circulo rojo inferior). Se muestra sector de comparación, Urriola exposición oeste (circulo rojo superior) (LeQuesne *et al.*, 1999).

3.2.2 Muestreo del rodal y características dasométricas

Para caracterizar la estructura de la población se seleccionó un rodal en función de la topografía del lugar. El rodal seleccionado se encuentra muy próximo a los “Corrales” de Urriola, lugar que antiguamente fue destinado a ganadería, lo cual dio origen a un rodal joven de *Austrocedrus chilensis* (Figura 4).

Debido a que los bosquetes de *Austrocedrus* en los Corrales de Urriola cubren pequeñas superficies y la accesibilidad es restringida, se estableció sólo una parcela de 1.600 m² (40 x 40 m), realizando un muestreo intensivo del sector. Todas las medidas se corrigieron según la pendiente para obtener el tamaño deseado de la parcela en proyección horizontal.

La unidad de muestreo fue dividida en 64 cuadrantes de 5 x 5 m (Figura 5). En cada cuadrante se registraron los parámetros básicos descriptores del rodal, diámetro a la altura del pecho (DAP cm), altura total (HT m) de todos los árboles vivos y muertos \geq 5 cm y la presencia de estructuras reproductivas de *Austrocedrus* (por observación de conos femeninos y masculinos).

Finalmente los árboles muertos en pie y caídos fueron muestreados registrándoles el DAP, con el propósito de estimar el área basal y la densidad de éstos en el rodal. Para las especies acompañantes del estrato arbóreo, se cuantificó el DAP y la HT.

Con esta información se construyeron tablas de rodal general y por especie, con clases diamétricas cada 5 cm. Éstas contienen las siguientes variables estimadas: área basal (m² ha⁻¹) vivos y muertos, densidad (árboles ha⁻¹) vivos y muertos, para Ciprés. Para las especies acompañantes del estrato arbóreo, también se estimó la densidad (árboles ha⁻¹) y área basal (m² ha⁻¹).

Además se construyeron gráficas de distribución de diámetros de todos los árboles mayores a 5 cm de DAP, incorporando a los individuos vivos y muertos.

3.2.3 Composición florística y regeneración arbórea

En el área de estudio se describió la composición florística para realizar la comparación con el sector de exposición oeste. Esto se realizó por medio de coberturas medias observadas en terreno, como también a través de fotografías del área de estudio. La composición florística se dividió según formas de crecimiento para cada especie. Las formas de crecimiento fueron: arbórea, arbustiva y herbácea. Para el caso de especies arbóreas mayores a 2 m de altura, el listado de composición florística anterior se complementó con la información composicional proveniente del inventario.

Con el valor de cobertura media para cada especie, se pudo identificar la vegetación presente en este sector. En el caso de la cobertura media, esta se dividió en 5 grupos: + = < 5%; 1 = 5 – 25%; 2 = 25 – 50%; 3 = 50 – 75%; 4 = >75% de cobertura y r = uno o dos individuos presentes en la parcela.

La regeneración arbórea se clasificó en rangos de alturas 1: 0-15 cm; 2: 15-200 cm y 3: > 200 cm y < 5 cm de DAP (brinzales). Para realizar el análisis de distribución espacial y asociación de la regeneración de *Austrocedrus*, se registró la ubicación espacial de todos los individuos en la parcela por medio de coordenadas x e y .

3.2.4 Análisis de distribución espacial y asociación para *Austrocedrus chilensis*

Para este efecto, se establecieron 64 subparcelas de 5 x 5 m (25 m²) en forma secuencial, contenidas dentro de la parcela permanente, siguiendo el orden que se muestra en la Figura 5. Cada árbol quedó identificado mediante un sistema de coordenadas, el cual parte en el punto 0,0.

Los árboles vivos y muertos fueron mapeados determinando la posición de cada uno de ellos en los cuadrantes de 5 x 5 m, a través de coordenadas x e y con el objeto de determinar el patrón de distribución espacial de *Austrocedrus chilensis*.

Para analizar el patrón de distribución espacial de los individuos a diferentes escalas, se usó la función $L(t)$, que es una transformación de la función original $K(t)$ de Ripley (1977); función de análisis de patrones univariados, la cual refleja el tipo, intensidad y rango del patrón espacial mediante el análisis de las distancias existentes entre todos los puntos.

La transformación de $K(t)$ de Ripley tiene como objeto linealizar la función y estabilizar la varianza. Ésta se define como el número de individuos contenidos en un círculo de radio t , centrado en cualquier individuo elegido al azar (Duncan, 1991).

La interpretación se realizó representando $L(t)-t$ frente a la distancia t , lo cual ajusta la hipótesis nula al valor cero. Un patrón en agregados tiene lugar cuando $L(t)-t$ es significativamente mayor que cero y un patrón regular cuando $L(t)-t$ es significativamente menor que cero (Rozas y Camarero, 2005).

Con la función K se analizó el patrón de mortalidad, el cual plantea una hipótesis nula específica, calculándose los intervalos de confianza para la misma (Duncan, 1991). La hipótesis de mortalidad aleatoria sostiene que la distribución espacial de los árboles supervivientes no difiere significativamente de la esperada suponiendo que la mortalidad fuese un evento aleatorio (Rozas y Camarero, 2005).

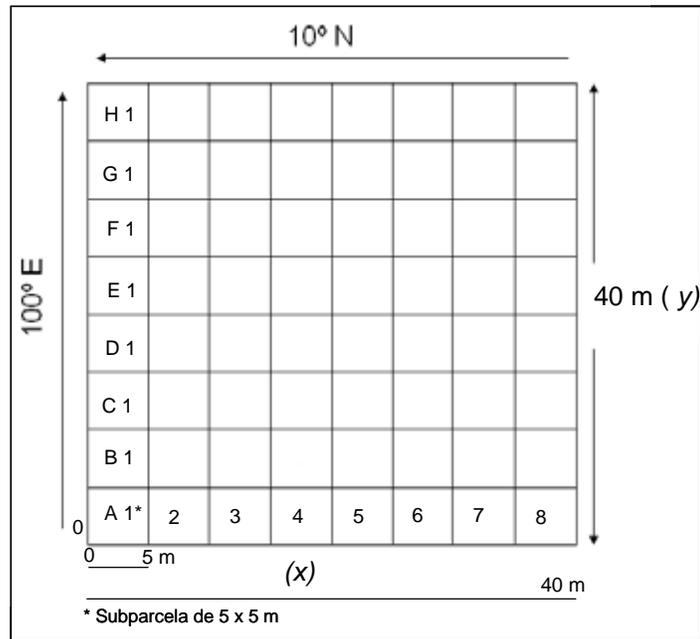


Figura 5. Parcela de muestreo, dividida en subparcelas para el análisis espacial.

El análisis de la interacción espacial entre los individuos (adultos y regeneración) se realizó un análisis bivariable con la función $L_{12}(t)$, la cual corresponde a una transformación de la función $K_{12}(t)$. Esta indica el tipo, intensidad y rango del patrón espacial bivariable que presentan dos series de puntos (Lotwick y Silverman, 1982). La interpretación es realizada representando gráficamente $L_{12}(t)-t$ frente a t . Cuando $L_{12}(t)-t$ es significativamente mayor que cero existe atracción espacial entre ambas series de puntos, cuando es significativamente menor que cero existe repulsión y si es igual a cero existe independencia (Rozas y Camarero, 2005).

Para determinar si existen diferencias significativas, empleando la función $K(t)$, se realizaron simulaciones de Monte Carlo. Para obtener el valor de la función $K(t)$, se utilizó el paquete de programas de distribución espacial desarrollado por Duncan (1991). El valor de la función $K(t)$ y su transformación pueden ser comparados con el valor esperado a cualquier distancia t según un patrón de distribución al azar. Se realizaron 100 simulaciones para generar los intervalos al 99% de confianza para el análisis univariable. Para el análisis bivariable se realizaron 100 simulaciones de Monte Carlo para un intervalo de confianza del 95 %, que permite contrastar la hipótesis de independencia espacial (Rozas y Camarero, 2005).

3.2.5 Muestreo dendroecológico

A cada individuo vivo con diámetro ≥ 5 cm se le extrajo con taladro de incremento dos muestras radiales (tarugos) de forma perpendicular al eje principal del árbol a una altura de 30 y 50 cm del suelo.

Para los árboles caídos en buen estado de conservación, se extrajeron rodelas (secciones transversales) o cuñas, utilizando motosierra. A los individuos muertos en

píe se le extrajeron cuñas utilizando motosierra, para evitar la caída de éstos a fin de conservar la belleza paisajística que estos individuos brindan en el sector.

3.2.6 Procesamiento de muestras y determinación de edades

Los testigos de madera y rodela fueron procesadas de acuerdo a las técnicas dendrocronológicas estándar, para luego ser pulidos con lijas de granulometría decreciente hasta hacer los anillos visibles siguiendo la metodología de Stokes y Smiley (1968).

Para el fechado se adoptó la convención de Schulman (1956) para el Hemisferio Sur, que asigna a cada anillo el año calendario en el cual comenzó su crecimiento (primavera). Así, el anillo que comenzó a crecer en octubre del año 2006 se fechó como 2006. Cada década se señaló con un punto, cada mitad de siglo con dos puntos y cada siglo con tres puntos, proceso que ayudó en la medición y cofechado de las muestras.

Posteriormente las muestras fueron fechadas visualmente bajo una lupa estereoscópica (40 x) en el laboratorio de Dendrocronología de la Universidad Austral de Chile. Luego los anillos fueron medidos a una precisión de 0,001 mm en un carro de medición incremental conectado a un computador. Los anchos de anillos quedan registrados en el computador, y sirven de base para el programa COFECHA (Holmes, 1993), que es el control de calidad y corrección de errores en el fechado visual.

Con las rodela y/o cuñas se obtuvo la edad total y mínima de los individuos muertos. Cuando las muestras presentaban médula y corteza, éstas fueron consideradas como edad total. Si éstas carecían de médula o corteza, fueron consideradas como edad mínima. Con el programa COFECHA fue posible determinar el año de establecimiento y muerte de los individuos. Se confeccionaron tablas, gráficos de estructura de edad y se estimó el incremento medio anual en diámetro (IMA) de los individuos vivos y muertos del rodal.

Mediante el método geométrico de Duncan (1989) fue posible estimar la edad total de los árboles, cuando los arcos cercanos al centro fueron visibles en el tarugo. Se consideró como edad mínima cuando las muestras no tuvieron arcos visibles o medían menos de un 75% del radio del fuste. Del total de las muestras (40), sólo en tres tarugos se logró observar la médula.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización del rodal de estudio

4.1.1 Composición florística

En el área de estudio se encontraron 23 especies vasculares cuyas coberturas medias se pueden observar en el cuadro 1. En el estrato arbóreo, la especie que domina el paisaje es *Austrocedrus chilensis* (> 75 % cobertura), acompañado por *Azara petiolaris* (lilén) y *Escallonia revoluta* (lun) con cobertura media de 5 a 25% para ambas. En menor frecuencia se encuentran: *Lomatia hirsuta* (radal), *Kageneckia angustifolia* (olivillo de la cordillera) y *Maytenus boaria* (maitén).

Entre las especies arbustivas, se destaca *Ephedra andina* (pingo-pingo), *Schinus montanus* (laura), *Ribes sp.* y *Aristolelia chilensis* (maqui), con coberturas medias entre 25 y 50 %, dominando el estrato inferior con una altura de 1 a 2 m.

Cuadro 1. Lista de composición florística y coberturas medias (CM) por especie.

| Forma de Crecimiento | Especie | CM (*) |
|----------------------|--------------------------------|--------|
| Arbóreo | <i>Austrocedrus chilensis</i> | 4 |
| | <i>Azara petiolaris</i> | 1 |
| | <i>Escallonia revoluta</i> | 1 |
| | <i>Lomatia hirsuta</i> | r |
| | <i>Kageneckia angustifolia</i> | r |
| | <i>Maytenus boaria</i> | 2 |
| Arbustivo | <i>Aristolelia chilensis</i> | 2 |
| | <i>Berberis microphylla</i> | + |
| | <i>Ephedra andina</i> | 2 |
| | <i>Guindilia trinervis</i> | 1 |
| | <i>Schinus montanus</i> | 2 |
| | <i>Ribes sp.</i> | 2 |
| Helechos | <i>Blechnum chilense</i> | r |
| | <i>Adiantum sulphureum</i> | r |
| Herbáceas | <i>Alstroemeria versicolor</i> | + |
| | <i>Cortaderia araucana</i> | + |
| | <i>Eryngium paniculatum</i> | 2 |
| | <i>Juncus sp.</i> | 2 |
| | <i>Eriogyne curvispina</i> | r |
| | <i>Mutisia subulata</i> | + |
| | <i>Quinchamalium chilense</i> | r |
| | <i>Scyphanthus elegans</i> | + |
| | <i>Solanum ligustrinum</i> | 2 |

(*): CM: += < 5%; 1= 5–25%; 2= 25–50%; 3= 50–75%; 4= >75% y r= uno a dos individuos presentes.

En cuanto a las especies herbáceas fue posible encontrar nueve especies, pero con escasa participación y cobertura media. Las herbáceas que destacan con coberturas medias entre 25 y 50 % son *Eryngium paniculatum* (ñocha pequeña), *Juncus sp.* y *Solanum ligustrinum* (natri). Entre los helechos se encuentran *Blechnum chilense* (helecho costilla de vaca) y *Adiantum sulphureum*, con una

baja participación de sólo dos individuos por especie. Cabe mencionar que un sector de la parcela presenta acumulación de agua en donde se encontró *Cortaderia araucana* (Cola de Zorro), *Blechnum chilense* y *Juncus sp*, como también regeneración de *Austrocedrus chilensis* (Anexo 3, foto 2). Como complemento a la flora presente en la parcela de estudio, se presenta un listado florístico del sector “Los Corrales de Urriola” (Anexo 4, cuadro 5).

4.1.2 Estructura de tamaños

El estrato arbóreo está dominado por *Austrocedrus* en número de árboles por hectárea y área basal (Cuadro 2). El diámetro medio es $23,7 \pm 16,9$ cm y varía entre 7 y 84 cm, con una concentración del 55,8% de los árboles en las clases diamétricas entre 5 y 15 cm (Figura 6). La altura total varía entre 4 y 22 m, con una altura media de 10,5 m (Figura 7).

Las especies asociadas a *Austrocedrus* son marginales tanto en densidad como en área basal. Para *Azara petiolaris* y *Escallonia revoluta* la densidad es de 19 árboles ha^{-1} y juntas suman un área basal de $0,9 m^2 ha^{-1}$. Estos árboles son de baja estatura, la que demuestra que estas especies se están estableciendo en el rodal. La altura media para *Escallonia revoluta* es de 2,9 m y 9,6 m de altura total para *Azara petiolaris* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de la tabla de rodal de los Corrales de Urriola.

| Especie | Nº árboles ha^{-1} | AB $m^2 ha^{-1}$ | DAP medio (cm) \pm DS | HT media (m) \pm DS |
|----------------------|----------------------|------------------|-------------------------|-----------------------|
| <i>A. chilensis</i> | 269 (119)* | 17,8 (16,6)* | $23,7 \pm 16,9$ | $10,5 \pm 4,4$ |
| <i>A. petiolaris</i> | 19 | 0,6 | $19,8 \pm 5,5$ | 9,6 |
| <i>E. revoluta</i> | 19 | 0,3 | $13,6 \pm 1,5$ | $2,9 \pm 0,4$ |

(*): número de árboles muertos en pie y caídos por hectárea, DS: desviación estándar

En este sector es importante destacar la presencia de un individuo emergente de *Austrocedrus* cuyo diámetro y altura es de 84 cm y 22 m, respectivamente (Figura 6 y 7). La mayor concentración de *Austrocedrus* es en diámetros < 20 cm. Existe ausencia de individuos entre las clases diamétricas de 60 y 75 cm. La distribución diamétrica de *Austrocedrus* se asemeja a una curva de tipo j inversa, en que disminuye el número de árboles a medida que aumentan las clases diamétricas (Figura 6).

Si bien el área basal total calculada (Anexos 2, cuadro 3) para el rodal es de $35,22 m^2 ha^{-1}$, el 50% ($17,8 m^2 ha^{-1}$) corresponde a los individuos vivos, con la mayor concentración del área basal en la clase diamétrica de 80 cm, a pesar de que en este segmento de tamaño el número de árboles por hectárea es escaso. Los individuos muertos de *Austrocedrus* ocupan el 47,5 % en área basal (Cuadro 2), ubicados a partir de la clase diamétrica de 20 cm, con un 32% de los especímenes en la clase diamétrica de 40 cm (Figura 6). Esta distribución se asemeja a una

curva normal, abarcando desde la clase de 20 a 65 cm de diámetro, con un máximo en los 40 cm.

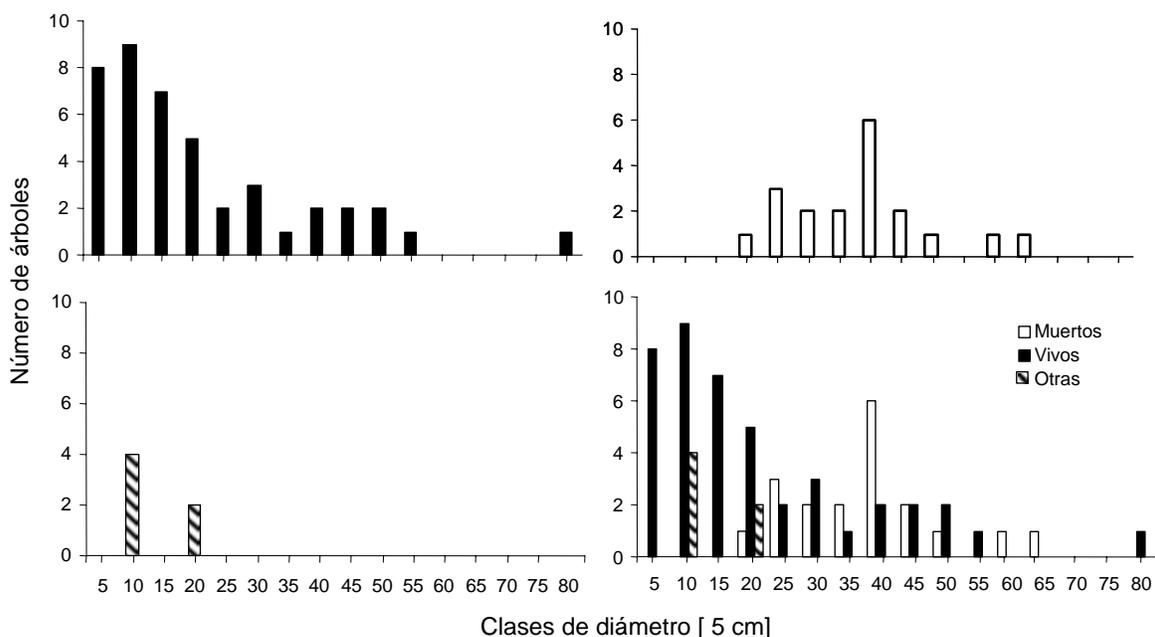


Figura 6. Distribución de clases de diámetro cada 5 cm de individuos vivos ($n = 43$), muertos ($n = 19$), otros ($n = 6$) (*Azara petiolaris* y *Escallonia revoluta*) y total para el rodal de *Austrocedrus chilensis*.

Las especies acompañantes, *Azara petiolaris* y *Escallonia revoluta*, sólo se ubicaron en las clases diamétricas inferiores a 20 cm, con un reducido número de árboles.

El análisis de la distribución de los individuos en el dosel muestra la presencia de tres estratos: un estrato bajo (< 10 m de altura), dominado por *Austrocedrus*, con individuos de *Azara petiolaris* y *Escallonia revoluta*. El segundo y tercer estrato están dominados exclusivamente por individuos de *Austrocedrus*. En el segundo estrato (10 m > HT < 16 m) el 50% de los individuos se ubican en este rango de altura, con un máximo de 8 individuos en la clase de 16 m. En el tercer estrato (> 16 m de altura), sólo el 5% se ubican en las clases superiores, que en forma excepcional exceden los 18 m, con un individuo en cada clase de altura (Figura 7).

Para complementar la distribución de los individuos en el dosel, por medio de fotografías, es importante mencionar que la altura de inserción de la primera rama verde en su mayoría se inicia bajo los 2 m, tratándose de ejemplares con copa profunda y reducida a nula autopoda (Anexo 3, foto 3 (a, b y c)). Hábito que también fue observado por LeQuesne *et al.*, (1999), en el sector de exposición oeste.

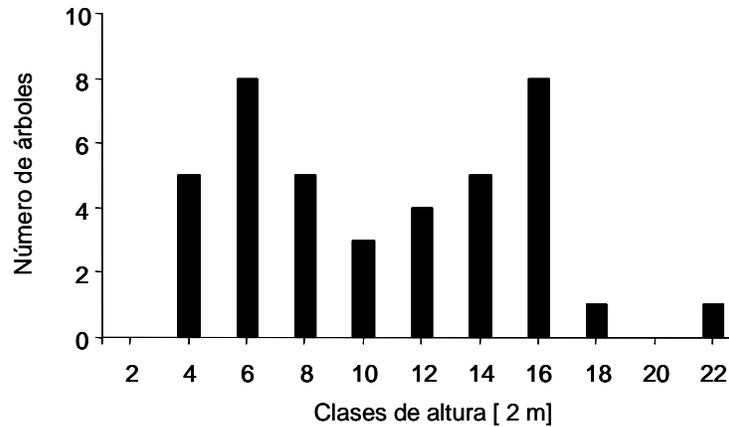


Figura 7. Distribución de los individuos en clases de altura cada 2 m para el total de los individuos en el rodal ($n=40$).

El mantenimiento de ramas bajas activas revela que se trata de un bosque abierto (debido a que grandes bloques de roca impiden la continuidad del dosel, (Anexo 3, foto 1)). Por otra parte, esto trae como consecuencia una mayor susceptibilidad a la propagación del fuego hacia las copas, ayudado por el hábito monopódico de *Austrocedrus* en el rodal.

4.1.3 Estructura de edades

La estructura de edad de los individuos vivos indica que se trata de un rodal multietáneo con cuatro cohortes, cuyas fechas de establecimiento se inicia entre 1755 y 1995. El pico bimodal en el establecimiento de los árboles desde 1875 y 1995, y la discontinuidad en el establecimiento entre 1765 y 1825 son los elementos más sobresalientes en el patrón de establecimiento de *Austrocedrus* en el rodal (Figura 8). La edad media de los árboles vivos fluctúa en torno a los 82 años, con un rango de variación de 9 a 256 años considerando todas las categorías de edad (Anexo 2, cuadro 1)

El histograma muestra una población con cuatro pulsos de regeneración, dando como resultado una distribución de edades multietáneas. La discontinuidad a partir del año 1875, con una escasa representación en los años 1755 y 1875, explica que *Austrocedrus* ha estado colonizando el área de forma esporádica, respondiendo a perturbaciones de menor intensidad que han afectado el área. El proceso de establecimiento *Austrocedrus* fue relativamente lento, habiendo un período entre 10 y 170 años atrás donde se establecieron la mayor cantidad de individuos.

La fecha de establecimiento de los individuos muertos se inicia entre 1615-1665 y 1840-1895. La edad media de los individuos muertos, fluctuó en torno a los 98 años considerando edades totales y mínimas.

La mortalidad de *Austrocedrus* en el rodal ocurrió alrededor de 1950-1974. Este evento, favoreció el establecimiento de los individuos vivos, con un pulso de regeneración masivo entre 1955-1995.

Se deduce que los individuos que murieron en el lugar corresponden a una primera cohorte con algunos sobrevivientes representados en la figura 8. Los ejemplares vivos, establecidos entre 1945 y 1995 pertenecen a una segunda cohorte.

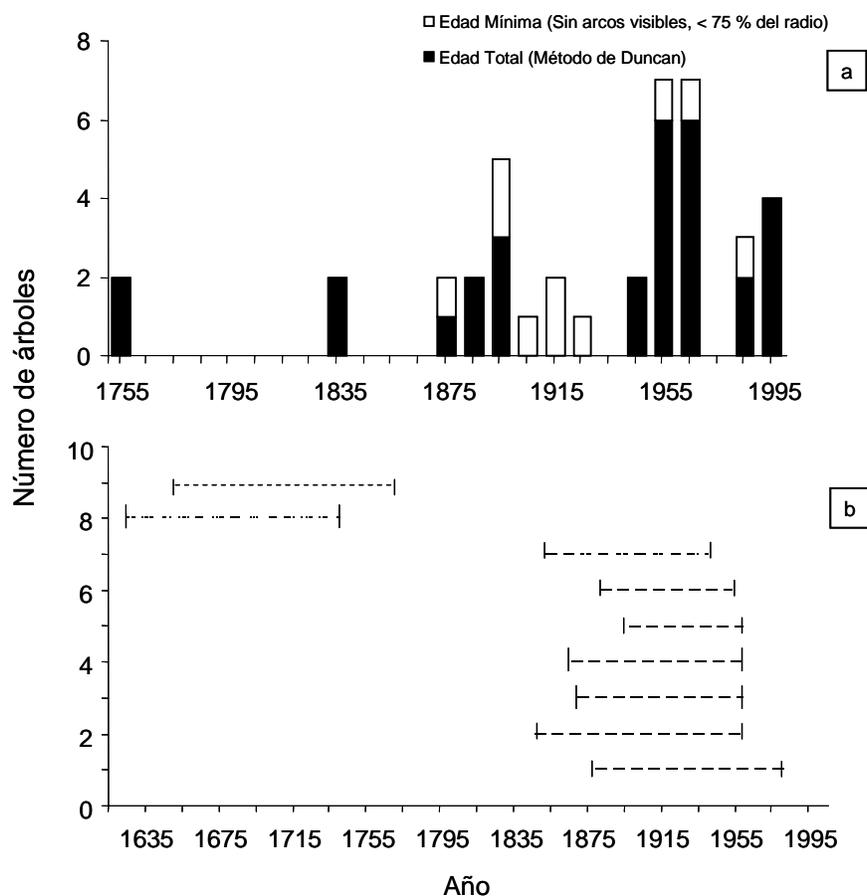


Figura 8. Establecimiento y mortalidad de *Austrocedrus chilensis* en Urriola este. 8a, corresponde a la distribución de frecuencias de los individuos vivos en el rodal. 8b, fechado de fustes muertos (n=9). Las líneas cubren un período aproximado entre establecimiento (médula) y muerte (corteza). Los intervalos de clases son de 10 años para la figura 8a y de 20 años para la figura 8b.

4.1.4 Regeneración de especies arbóreas

Son cinco las especies arbóreas que acompañan a *Austrocedrus* en Urriola, (Cuadro 3).

La densidad de brinzales en la parcela es baja, con un total de 181 plantas ha⁻¹, *Austrocedrus* participa con el 24% del total lo que corresponde a 44 plantas ha⁻¹. La especie con mayor cantidad de brinzales es *Azara petiolaris* con el 34 %. Es importante destacar la presencia *Kageneckia angustifolia* y *Lomatia hirsuta* con un 7 y 17 %, respectivamente.

En el rango de altura de 15 a 200 cm de altura, se encontró un total de 864 plantas ha⁻¹, superior al número de brinzales. *Austrocedrus* es la segunda especie con mayor cantidad de plantas por ha (288). La especie con mayor número de plantas es *Maytenus boaria* con 319 plantas ha⁻¹ (37%) y la participación de *Lomatia hirsuta* y *Kageneckia angustifolia* es sólo el 1%.

Cuadro 3. Regeneración arbórea en el área de estudio según rangos de altura.

| Especie | Rangos de altura | | | | | |
|--------------------------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| | 0 - 15 cm | | 15 - 200 cm | | > 2 m; < 5 cm DAP** | |
| | plantas ha ⁻¹ | % | plantas ha ⁻¹ | % | plantas ha ⁻¹ | % |
| <i>Maytenus boaria</i> | 875 | 57 | 319 | 37 | 6 | 3 |
| <i>Austrocedrus chilensis</i> | 519 (12)* | 34 | 288 (0)* | 33 | 44 (40)* | 24 |
| <i>Kageneckia angustifolia</i> | 0 | 0 | 13 | 1 | 13 | 7 |
| <i>Escallonia revoluta</i> | 69 | 4 | 106 | 12 | 25 | 14 |
| <i>Azara petiolaris</i> | 69 | 4 | 125 | 14 | 63 | 34 |
| <i>Lomatia hirsuta</i> | 13 | 1 | 13 | 1 | 31 | 17 |
| Total | 1.545 | 100 | 864 | 100 | 182 | 100 |

(*): Urriola exposición oeste; (**): Brinzales

La densidad de plantas < 15 cm de altura de *Austrocedrus* es de 519 plantas ha⁻¹, superior a la encontrada en la exposición oeste. *Maytenus boaria* domina en densidad con una participación del 57%. *Kageneckia angustifolia* está ausente en esta categoría y *Lomatia hirsuta* presenta un representante en esta categoría (13 plantas ha⁻¹; 1%).

Maytenus boaria junto a *Austrocedrus chilensis* son las especies más exitosas en el establecimiento como plántulas, lo cual beneficia su posterior desarrollo y continuidad en el rodal. Esto llevaría a que Maitén tengan cada vez más participación y *Austrocedrus* mantenga e incremente a la población original.

4.1.5 Razón sexual

La razón sexual fue obtenida a partir de los individuos que presentaron diferenciación sexual (38/40). Los individuos no diferenciados (2/40) se puede deber a que no presentaban una madurez sexual o simplemente no se pudo identificar los estróbilos por la altura en que estaba la copa (Anexo 2, cuadro 1).

Del total de individuos presentes en la parcela, 21 corresponden al sexo femenino y 17 al sexo masculino, es decir, una razón sexual de 1,24:1. Existe una leve superioridad numérica de individuos femeninos en el sector de Urriola. En ambas exposiciones, el 55% de los individuos son femeninos y la razón sexual se desvía de 1:1 (Cuadro 4). Los individuos no determinados son escasos en relación al total (5%).

Cuadro 4. Razón sexual para el área de estudio y el área de comparación.

| Sitio | Muestreo | | Total n | Femenino | | Masculino | | ND | Razón Sexual |
|----------------|----------|-----|------------|----------|------|-----------|------|----|--------------|
| | N | n % | | n | % | n | % | | |
| Urriola Este | 40 | 95 | 38 | 21 | 55,3 | 17 | 44,7 | 2 | 1,24:1 |
| Urriola Oeste* | 40 | 100 | 40 | 22 | 55 | 18 | 45 | 0 | 1,22:1 |

N: n° árboles muestreo. n: n° arboles identificado. ND: no identificado, * LeQuesne *et al.*, 1999.

En la representación gráfica, se observa la distribución de los individuos femeninos y masculinos en la parcela de estudio (Figura 9).

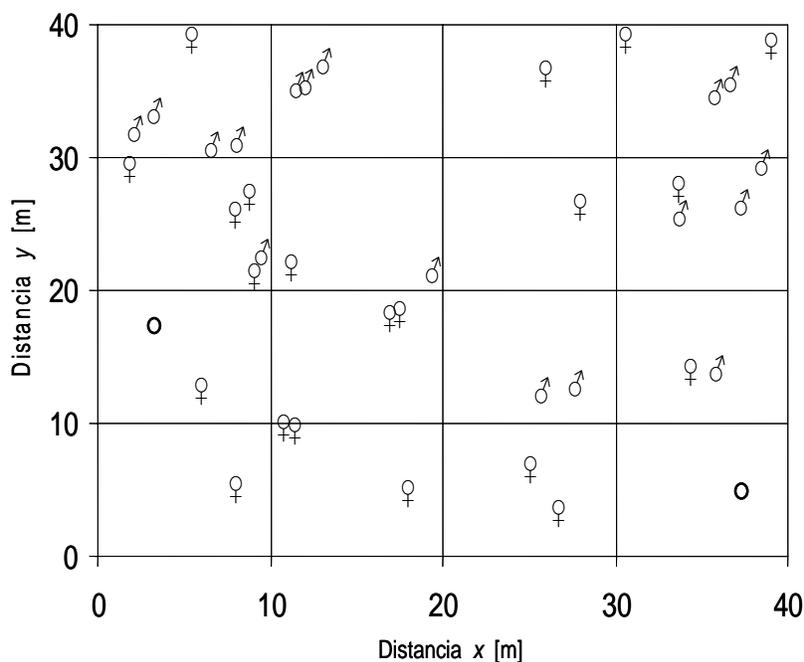


Figura 9. Distribución espacial de sexos de *Austrocedrus chilensis* en la parcela de estudio. ♀ = Femenino; ♂ = Masculino y ○ = No determinado

4.2 Distribución espacial y asociación entre individuos de *Austrocedrus*

4.2.1 Análisis de la distribución espacial de los individuos de *Austrocedrus*

Para los individuos adultos, se encontró una distribución al azar en distancias > 3 m. En distancias < 3 m los individuos tienden a una distribución agrupada. Lo mismo ocurre en distancias de 12,5 a 13,5 m, en que la distribución observada supera los límites de confianza (Figura 10).

Según la función K , la regeneración > 15 cm de altura, presentó un patrón agregado, para distancias menores a 11,5 m, mientras que la máxima agregación se produce entre 2 y 3 m, (Figura 10). A partir de los 11,5 m la distribución de los individuos tendió a la aleatoriedad.

Para el caso de la regeneración, entre 0-15 cm de altura, la distribución es agrupada en todo el rango de distancias analizado, con un máximo entre 5 y 11 m.

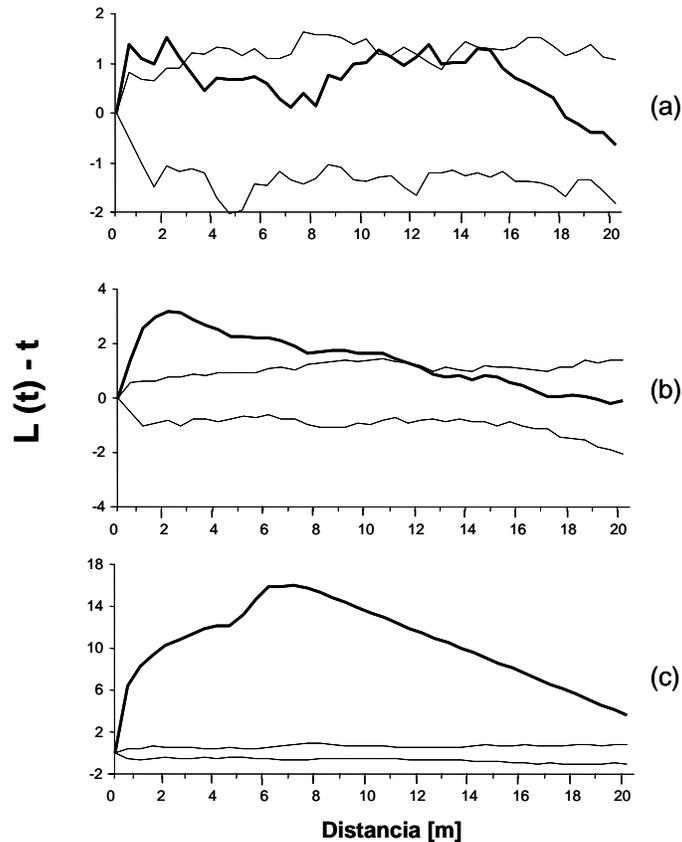


Figura 10. Análisis univariable de los patrones simulados mediante K de Ripley. Se muestran las funciones de distribución empíricas (líneas gruesas) juntos con los intervalos de confianza ($P < 0,05$) para la hipótesis de aleatoriedad espacial (líneas discontinuas). (a): adultos > 5 cm DAP; (b): regeneración > 15 cm h y < 5 cm DAP; (c): regeneración 0-15 cm de altura.

4.2.2 Análisis del patrón espacial de la mortalidad

Los individuos de *Austrocedrus* «vivos + muertos» muestran un patrón de distribución aleatorio en todas las escalas espaciales analizadas (0-20 m). El Anexo 5 (Figura 2), representa la distribución espacial de los individuos vivos y muertos al interior de la parcela de estudio.

Los individuos muertos mostraron agregación para el rango de distancias desde 0 hasta 11 m, a partir de los 11 hasta los 20 m la distribución es aleatoria, la distribución observada se mantiene dentro de los límites de confianza. La mortalidad de los individuos, presentó una distribución más agregada que lo esperado bajo mortalidad aleatoria para distancias desde 0 hasta 3 m. Asimismo para distancias desde 13,5 hasta 20 m el patrón es regular (curva bajo los límites de confianza de mortalidad aleatoria Figura 11). Se deduce que la mortalidad de los individuos es agregada para escalas espaciales menores a 3 m, es aleatoria para distancias mayores a 3 hasta los 16 m, y para distancias mayores a 16 m la mortalidad tiende a la regularidad.

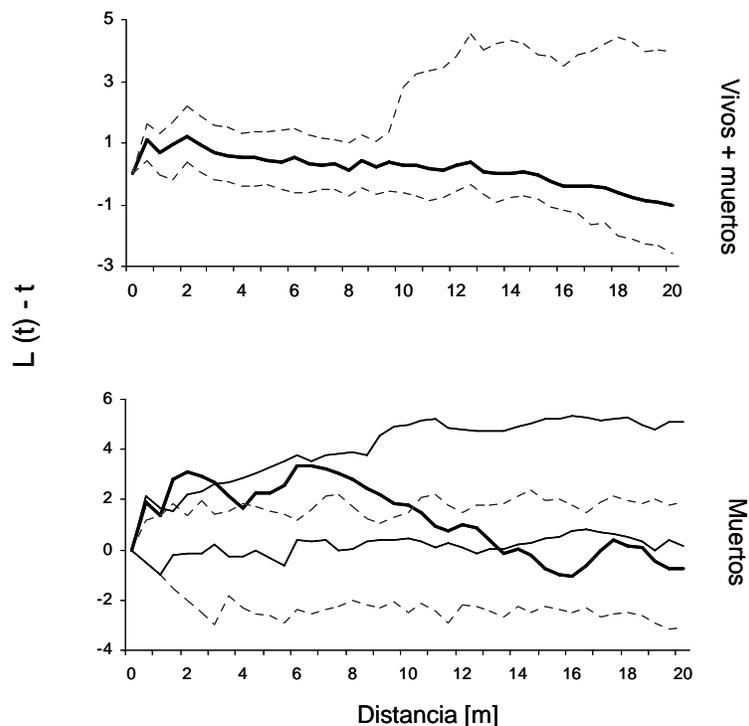


Figura 11. Análisis espacial de la mortalidad de *Austrocedrus chilensis* mediante la función de K de Ripley. Se muestran las funciones de distribución empíricas (líneas gruesas) junto con los intervalos de confianza ($p < 0,05$) para la hipótesis de aleatoriedad espacial (líneas discontinuas) y de mortalidad aleatoria (líneas delgadas).

4.2.3 Análisis de la asociación entre individuos de *Austrocedrus*

Entre adultos y regeneración existe atracción para distancias de 2,2-3,5 m, puesto que en este segmento la curva supera a los límites de confianza. Esta atracción, revela lo que ha sido definido como síndrome de planta nodriza. Para distancias mayores a 3,5 m, existe independencia entre adultos y regeneración (Figura 12).

La función $L_{12}(t)$ indica que no existe asociación entre los individuos adultos y plántulas en todo el rango de distancia analizado, ya que la curva se mantiene dentro de los intervalos de confianza. Se revela una clara tendencia a la independencia entre los patrones, es decir, las plántulas no dependen de los individuos adultos para distribuirse en el espacio.

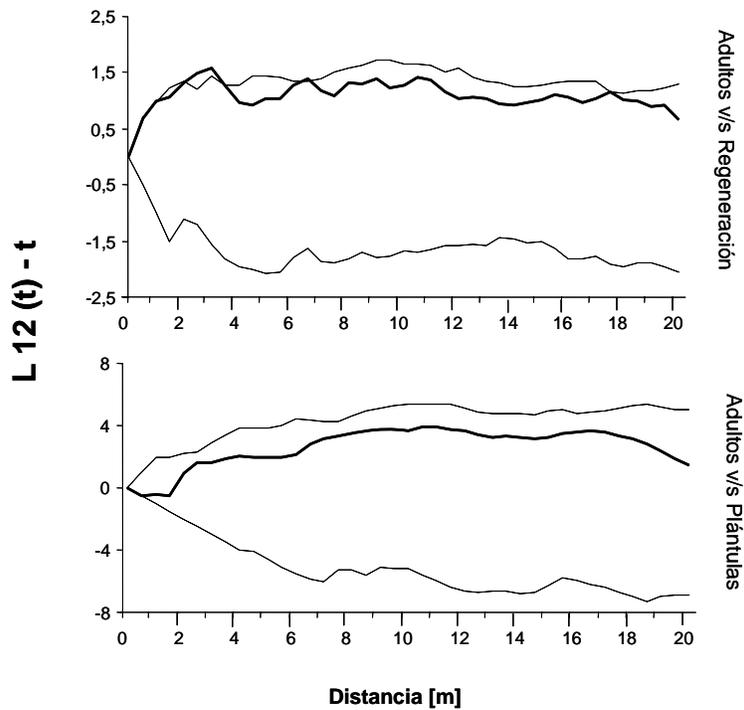


Figura 12. Análisis bivariantes mediante K de Ripley. Se muestran las funciones de distribución empíricas (líneas gruesas) junto con los intervalos de confianza ($p < 0,05$) para la hipótesis de independencia espacial (líneas discontinuas). Regeneración: Incluye rango de altura > 15 cm y < 5 cm DAP; Plántulas: Incluye rango de altura de 0-15 cm.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Estructura del rodal

El sitio de estudio presentó evidencias de incendios pasados, con presencia de carbón en toda la parcela y sus alrededores. Además, se observó la extracción de árboles, evidenciada a través de tocones en los alrededores del área de estudio. Dichas alteraciones afectaron la estructura y composición del rodal.

La estructura diamétrica y etárea de los árboles en el rodal, reflejan claramente que el modo de regeneración de *Austrocedrus* esta asociado a repetidas perturbaciones de pequeña escala, es decir, incendios frecuentes y de baja intensidad debido a una distribución discontinua del material vegetal muerto. Éstas perturbaciones originaron un bosque abierto multietáneo, con cuatro pulsos de regeneración. La dinámica de *Austrocedrus* en el rodal no se ve afectada por la cobertura de las especies que lo acompañan. Éstas especies favorecen el establecimiento de la regeneración de *Austrocedrus*, ya que otorgan cierta cobertura a nivel de suelo, evitando el efecto desecante del viento sobre la regeneración (Veblen *et al.*, 1995).

Los árboles vivos se establecieron en al menos cuatro eventos relativamente discretos temporalmente. El primer pulso ocurrió alrededor de 1755 (edad máxima de 256 años). El segundo grupo de individuos se estableció alrededor de 1835, el tercer pulso entre 1875-1925 y el cuarto pulso de regeneración ocurre entre 1945-1995. El primer y segundo pulso de regeneración, se establecen con posterioridad a los incendios ocurridos en los años 1716, 1800 y 1845 (LeQuesne *et al.*, 1999; Bustos, 2007) dando origen a este rodal. El cuarto pulso de regeneración, coincide con la fecha de mortalidad de los individuos de *Austrocedrus* ocurrida entre 1950-1974.

Los individuos vivos presentan diámetros entre 7 y 84 cm y edades totales entre 9 y 256 años (Anexo 2, cuadro 4). Pocos árboles sobrepasan los 130 años. La ausencia de árboles longevos y de grandes tamaños en este rodal se debe a las antiguas perturbaciones de origen antrópico ocurridas en este lugar. Asociado al uso del fuego para habilitar terrenos para la ganadería, se encuentran las cortas extractivas de madera de *Austrocedrus*. En este rodal hace un par de décadas atrás, la actividad principal era la crianza de ganado bovino, la confección de los corrales para el ganado era con madera de *Austrocedrus chilensis* (Figura 13).



Figura 13. Corrales de Urriola utilizados para la crianza de ganado bovino, confeccionados con madera de *Austrocedrus chilensis*, evidencia de la alteración antrópica en el lugar.

El crecimiento mínimo y máximo es de 0,38 y 5,86 mm año respectivamente, con un promedio de 1,90 mm año \pm 1,24 mm año. Estos buenos crecimientos se pueden explicar a través de las perturbaciones de origen antrópico ocurridas en este lugar, como por ejemplo los incendios ocurridos en 1716, 1800 y 1845 (LeQuesne *et al.*, 1999; Bustos, 2007) permitiendo que los individuos se liberaran. Esta respuesta se debe a la reducción del nivel de competencia entre los árboles sobrevivientes y a un aumento en la disponibilidad de recursos luego de los incendios. También se puede explicar por la presencia local de agua, en algunos sectores del rodal, lo que repercute en la humedad del suelo y favorece el crecimiento de los árboles. Esta situación se contrapone con el sector de exposición oeste, en el cual los árboles crecen sometidos a severas condiciones de stress hídrico. Es posible que hayan ocurrido incendios posteriores a 1845, los cuales estarían contenidos en los árboles vivos de las laderas, como cicatrices de incendios (no hay muestras de estos individuos para análisis).

Los eventos de mortalidad de los individuos que fueron cosechados, comenzó a partir del año 1950-1974, afectando a las clases diamétricas de 20 hasta 65 cm. Lo anterior indica que para este sector las fechas de mortalidad son relativamente recientes. El establecimiento de estos individuos, ocurre con dos pulsos de regeneración entre 1615-1665 y 1840-1895, sin embargo el segundo pulso de regeneración, ocurrió influenciado por el incendio del año 1845 (LeQuesne *et al.*, 1999; Bustos, 2007). Con posterioridad a esta fecha, el establecimiento de *Austrocedrus* fue exitoso. Se descarta la mortalidad ocurrida por competencia, debido a que los diámetros de los individuos muertos pertenecen en su mayoría a las clases diamétricas intermedias y no a las clases inferiores (suprimidos), como se esperaría de una mortalidad producida por esta causa.

5.2 Regeneración

Para interpretar la dinámica de bosques es necesario analizar la regeneración con respecto a las restantes categorías de tamaños. Es esperable que exista una tasa suficiente de recambio para mantener o incrementar a la población original.

Cabe destacar que el origen de la regeneración en su mayoría es generativo. Se encuentra ubicada principalmente en un micrositio en donde se forma un sustrato orgánico con acumulación de agua, siendo un lugar con baja cobertura arbórea.

Si se considera que la densidad de plántulas es de 519 plantas ha^{-1} , para la categoría de 15-200 cm es de 288 plantas ha^{-1} y para los brinzales 44 plantas ha^{-1} (categorías con origen en su mayoría por semillas), esto indicaría que existe un reclutamiento de la población, es decir, en la actualidad la tasa de autoreemplazo para la especie arrojaría un saldo positivo.

La regeneración de *Austrocedrus*, se estableció en asociación y bajo cierta sombra de arbustos como *Schinus montanus*, *Aristotelia chilensis*, *Berberis microphylla* y *Ephedra andina*. También fue posible encontrar regeneración bajo cobertura de árboles como *Azara petiolaris*, *Escallonia revoluta*, *Austrocedrus chilensis*, *Lomatia hirsuta* y *Kageneckia angustifolia*, las últimas dos especies en estado de brinzal. La regeneración de *Austrocedrus* demuestra cierto grado de tolerancia, siendo exitoso en el establecimiento bajo sombra (Relva y Veblen, 1998).

La declaración del fundo Cauquenes como Reserva Nacional del Estado en el año 1985 ha permitido el establecimiento y recuperación de la vegetación, debido a la exclusión del ganado, nula práctica de uso del fuego y término de las cortas selectivas de *Austrocedrus*. Sin embargo la exclusión definitiva del ganado en Urriola ocurrió una década después de la declaración como Área Silvestre Protegida del Estado. En el año 1994² el sector de Urriola, luego de una gran disputa con los propietarios del ganado, quedó completamente libre de ramoneo, permitiendo el establecimiento exitoso de *Austrocedrus* y de las especies acompañantes en el rodal. El total de individuos de *Austrocedrus* regenerando es de 851 plantas ha^{-1} y para las especies acompañantes es de 1.740 plantas ha^{-1} .

Hay que mencionar la condición de micrositio (mallín) existente en el rodal, en donde existe una alta concentración de plántulas sobre un sustrato orgánico. El éxito del establecimiento de plántulas en este micrositio, se debe a la mayor disponibilidad de humedad derivada de la acumulación de agua en el lugar, como también a la sombra otorgada por grandes bloques de roca y especies arbóreas que componen el bosque.

² Vergara, J. C. 2007. Corporación Nacional Forestal (Comunicación personal)

Evidencia de autorreemplazo con saldo negativo ocurre en el sector de exposición oeste, (LeQuesne *et al.*, 1999). En un estudio realizado en 4 sitios ubicados en Chile Central (El Asiento, San Gabriel, Reserva Nacional Río Clarillo y RNRC), fue posible determinar que las plántulas originadas a partir de semillas son escasas, siendo nulas en dos sitios, El Asiento y Reserva Nacional Río Clarillo, lo cual indica que no existe autoreemplazo de la especie en estos sitios (LeQuesne *et al.*, 2000).

Los resultados obtenidos por LeQuesne *et al.*, 1999 y LeQuesne *et al.*, 2000, se contraponen a los datos obtenidos en este estudio, debido a que en la RNRC, Urriola exposición este, existe una tasa de recambio suficiente que permitirá mantener e incrementar a la población original, es decir, existirá autoreemplazo de *Austrocedrus* en el rodal.

5.3 Análisis espacial de los individuos

La distribución agrupada de los individuos vivos en distancia menores a 3 m, podría asociarse al hábito de crecimiento multifustal de la especie, que origina grupos de árboles en distancias cortas.

La distribución espacial de los individuos está indudablemente influenciada por las perturbaciones antrópicas que se han realizado en el área, las cuales en ocasiones han generado que la distribución de los individuos rompa con la aleatoriedad, determinando patrones agrupados de distribución. Otra característica que influye en la distribución espacial de los individuos es la capacidad de colonizar sitios perturbados tratándose de una especie pionera de sitios devastados (Donoso 1981; Donoso, 1998). Una situación que pudiera tener importancia es la ubicación de los individuos femeninos (Figura 9), lo cual puede ayudar a que en ciertas situaciones la dispersión de las semillas y posterior establecimiento no sea uniforme en el espacio, aspecto que podría ser ayudada por el viento predominante que distribuiría las semillas hacia una sola dirección. Esto puede generar grupos irregulares de regeneración. Esta aseveración se estaría cumpliendo, puesto que, según estos antecedentes, la distribución tendería a ser agrupada, situación que se da principalmente en distancias cortas para todas las categorías analizadas. Sin embargo, la distribución de la regeneración como plántulas, en todas las escalas espaciales analizadas es agrupada, situación que estaría influenciada por condiciones de micrositio existentes en el lugar (mallín), como también, por la dispersión de las semillas.

Austrocedrus se distribuye en forma agregada, la que con el tiempo cambia a un patrón aleatorio (Jiménez, 1995), es decir, existe agregación en los primeros estados de desarrollo de la especie pero a medida que pasa el tiempo debido a la mortalidad que ocurre por competencia en las primeras etapas de crecimiento, la distribución de los individuos adultos tiende al azar (Figura 10). Camarero y Rozas (2005) confirman que estos patrones son característicos de especies que se establecen en rodales abiertos, en los cuales los procesos de mortalidad

dependiente de la densidad transforman el patrón inicial en agregados en un patrón final aleatorio, o incluso regular para ciertos rangos de distancia.

El mecanismo de mortalidad y de distribución de los individuos en este rodal es aleatorio en distancias mayores a 3 m, lo mismo ocurre en un estudio realizado por Stange (2004), aunque se trata de una plantación, la mortalidad ocurre en forma aleatoria en distancias mayores a 2,5 m. Jiménez (1995), determina que el patrón de distribución espacial agregado se mantiene en el tiempo por un mecanismo de mortalidad espacialmente agregada, siendo la distribución de los individuos agregada en escalas espaciales mayores a 3 m.

En contraste a lo determinado por Jiménez (1995), *Austrocedrus* en este rodal muestra unos patrones espaciales de individuos vivos y muertos que se ajustan perfectamente a lo predicho por el modelo de mortalidad aleatoria. Este resultado sugiere que la competencia no tiene un efecto significativo sobre la mortalidad de *Austrocedrus*, sino que probablemente la mortalidad de esta especie estaría condicionada por factores exógenos (patógenos, defoliadores, sequías severas, entre otras).

Los patrones bivariantes de *Austrocedrus* indicaron independencia espacial de árboles maduros y plántulas para todo el rango de escalas espaciales. Sin embargo, existe atracción espacial entre árboles maduros y regeneración > 15 cm altura en un pequeño rango de distancia. La atracción existente entre adultos y plantas > 15 cm de altura, en distancias cortas, se debe a que fue posible encontrar algunos individuos unidos a un sistema radicular común en donde algunas ramas adoptaran dominancia apical. Que exista atracción en distancia cortas obedece a la autoecología de *Austrocedrus*, siendo capaz de asociarse espacialmente con árboles y arbustos de otras y de su misma especie. Este comportamiento se define como síndrome de planta nodriza (Veblen *et al.*, 1996; Donoso, 2006).

Que exista independencia entre los individuos adultos y plántulas indica que la distribución de las plántulas no depende de los individuos adultos para distribuirse en el espacio, es decir, son otros los factores que determinan la distribución que tendrán. Uno de estos factores se debe a la dispersión de las semillas. Esto se explica porque las semillas de la especie son aladas (Donoso, 2006), éstas dependen de la intensidad y dirección del viento para distribuirse en el espacio. Otro de los factores que opera es la condición de micrositio que afecta a esta población, ya que en este sector la agrupación de las plántulas es notoria.

Cabe mencionar que la población de *Austrocedrus* se encuentra en fase de expansión, debido a la abundancia de regeneración que está actualmente colonizando todo el espacio disponible, incluso bajo la copa de los árboles adultos.

6. CONCLUSIONES

El rodal de *Austrocedrus* ubicado en el sector “Los Corrales de Urriola”, RNRC se ha establecido durante el siglo XIX y a principios del XX. Es abierto, monoespecífico, con árboles de escaso tamaño y amplio crecimiento radial, indicando condiciones de sitio favorables para el desarrollo de la especie.

Estos bosques son jóvenes, de estructura multietánea en donde se evidencian cuatro pulsos de regeneración. Las edades de los individuos fluctúan entre 9 y 130 años, con la presencia de un individuo remanente de 256 años. El establecimiento de los cuatro pulsos se inició entre 1755; 1835; 1875-1925 y 1945–1995, es decir, la regeneración respondió a las perturbaciones de pequeña escala ocurridas en el lugar. Se deduce que la población de *Austrocedrus chilensis* en “Los Corrales de Urriola” se encuentra en una fase de colonización de sitios perturbados.

Desde la declaración como Área Silvestre Protegida del Estado en el año 1985, el sector de Urriola se está recuperando, debido a la exclusión definitiva del ganado en el año 1994. Sin embargo, sólo en esta última década se ha registrado la mayor parte de esta regeneración como plántulas. La presencia de regeneración e individuos de diámetro pequeño indica que *Austrocedrus chilensis* se está autoreemplazando con éxito en el rodal.

El patrón de distribución espacial de los individuos > 5 cm de DAP, es agrupado para distancias menores a 3 m y para distancias mayores la distribución es aleatoria. Por otro lado la regeneración como plántulas es agrupada en todas las distancias analizadas, debido a las características autoecológicas de la especie, y también a las condiciones locales de micrositio en el rodal.

El análisis de asociación espacial de *Austrocedrus*, indica que existe atracción entre los adultos y la regeneración para su ubicación en el espacio. En cambio las plántulas se distribuyen en forma independiente de los individuos adultos, cuya distribución depende de factores medioambientales.

Las evidencias de alteración antrópica por fuego y explotación se presentan en todo el sector de Urriola. Sin embargo, el fuego pareciera ser el factor más relevante en el control de la dinámica poblacional de *Austrocedrus* en la RNRC, alterando la estructura y composición del rodal.

Es relevante mencionar que en estudios posteriores, debieran profundizarse en determinar la edad de establecimiento de la regeneración, recolectar muestras de individuos vivos con cicatrices de fuego en laderas cercanas al rodal para obtener una cronología completa de Urriola. Por último, debido a la sensibilidad de la especie a las variaciones climáticas, es necesario incorporar el efecto que ejerce el clima en la dinámica poblacional de las poblaciones de *Austrocedrus* en el límite norte de su distribución.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Armesto, J.; C. Villagran; C. Donoso. 1994. La historia del bosque templado chileno desde la era glacial a la industrial. *Ciencia y Ambiente* 10(1): 66-72
- Arrué, L. 2000. Historia del territorio que hoy ocupa la Reserva Nacional Río de los Cipreses. Rancagua (Chile), CONAF. 84 p.
- Baldini, A.; A. Sartori; J. Aguayo. 2004. Detección del Pulgón del Ciprés, *Cinara cupressi* (Homoptera: *Aphididae*). Departamento de Manejo y Desarrollo Forestal. Corporación Nacional Forestal.
- Benoit, I. 2003. Antecedentes sobre las Áreas Silvestres Protegidas de la VI Región de O'Higgins, Chile. *Serie Técnica* CONAF: 1-10
- Bustos, C. 2007. Historia de incendios de *Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic. Serm. et Biz. en la cuenca andina del río Cachapoal, VI Región, Chile. Tesis, Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs Forestales. 39 p.
- Camarero, J.J.; V. Rozas. 2006 Técnicas de análisis espacial de patrones de superficies y detección de fronteras aplicadas en ecología forestal. *Invest Agrar: Sist Recur For* 15(1): 66-87
- CONAF, CONAMA, BIRF. 1999. Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad Católica de Temuco. 1999. Catastro y evaluación de los recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago (Chile).
- Díaz-Vaz, J. E. 1985. *Austrocedrus chilensis*. Descripción anatómica. *Bosque* 6(1): 49-50
- Di Castri, F; E.R. Hajek. 1976. Bioclimatografía de Chile. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 129 p.
- Donoso, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Investigación y Desarrollo Forestal, CONAF, PNUD-FAO. 70 p.
- Donoso, C. 1998. Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica 4 ed. Valdivia (Chile), Editorial Universitaria. 483 p.
- Donoso, C; A. Premoli; L. Gallo; R. Ipinza. 2004. Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. 1 ed. Valdivia (Chile), Editorial Universitaria. 420 p.

- Donoso, C. 2006. Las especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina. Autoecología. 1 ed. Valdivia (Chile), Editorial Marisa Cuneo. 678 p.
- Duncan, R.P. 1989. An evaluation of errors in tree age estimates based on increment cores in kahikatea (*Dacrycarpus dacrydioides*). New Zealand Natural Sciences 16: 31-37
- Duncan, R.P. 1991. Competition and the coexistence of species in mixed Podocarp stand. Journal of Ecology 79: 1073-1084
- Eckstein, D. 1990. Tree-ring/environment interactions and their assessment. Chapter 5. In: Cook, E.R.; L.A. Kairiukstis (eds). Methods of Dendrochronology. Kluwer, Dordrecht. pp. 219-288
- Espejo, P. 1934. Baños de Cauquenes: Guía del turista y del bañista. Santiago (Chile), Imprenta Nacional. 144 p.
- Fritts, H. 1976. Tree Rings and Climate. 1ª Ed. Academic Press London, New York and San Francisco. 65 p.
- Havrylenko, M.; P. Rosso; S. Fontenla. 1989. *Austrocedrus chilensis*: contribución al estudio de su mortalidad en Argentina. Bosque 10(1): 29-36
- Hechenleitner, P.; M. Gardner; P. Thomas; C. Echeverría; B. Escobar; P. Brownless; C. Martínez. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile: Distribución, Conservación y Propagación. 1ª Ed. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 p.
- Hoffmann, A. 1994. Flora silvestre de Chile; Zona araucana. 3 ed. Santiago, Fundación Claudio Gay. 258 p.
- Holmes, R. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. Tree-ring Bull 44: 69-75
- Houle, G. 1995. Seed dispersal and seedling recruitment: the missing link. Ecoscience 2: 238-244
- Iwao, S. 1972. Application of the method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. Res Popul Ecol 14: 97-128
- Jiménez, H. 1995. Reconstrucción Dendroecológica de la Historia de un rodal de *Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Ser. et Bizz. en la cuenca superior del río Bío Bío. Tesis Mg, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, Santiago. 114 p.

- Leigh, E. 1970. Sex ratio and differential mortality between the sexes. *American Naturalist* 104: 205-210
- Le Quesne, C. 1988. Caracterización de Bosques de Ciprés de la Cordillera (*Austrocedrus chilensis* (D.Don) Florin et Boutelje), en Radal-7 Tazas, Séptima Región, Chile. Tesis, Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 66 p.
- Le Quesne, C.; J. Aravena; H. Jiménez; R. Villa; J.C. Vergara. 1999. Caracterización de un rodal de *Austrocedrus chilensis* (D.Don) Pic. Ser. et Bizz. en la Reserva Nacional Río de los Cipreses, VI Región, Chile. *Serie Técnica* 2: (3): 1-19
- Le Quesne, C.; J. Aravena; M. A. Álvarez; J. Fernández. 2000. Dendrocronología de *Austrocedrus chilensis* (Cupressaceae) en Chile Central. *In*: Roig, F. (eds.). Dendrocronología en América Latina. Mendoza (Argentina), Editorial Universidad del Cuyo. pp. 159-176
- Lotwick, H. y Silverman, B. 1982. Methods for analysing spatial processes of several types of points. *Journal of the Royal Statistical Society* B44: 406-431
- Martínez, O. 1981. Flora y fitosociología de un relicto de *Pilgerodendron uviferum* (D. Don) Florin, en el Fundo San Pablo de Tregua (Valdivia-Chile). *Bosque* 4: 3-11
- Moeur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees using stem-mapped data. *Forest Science* 39(4): 756-775
- Pérez, V. 1983. Investigación y desarrollo forestal; Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Santiago, 451 p.
- Relva, M.A.; T.T. Veblen. 1998. Impacts of introduced large herbivores on *Austrocedrus chilensis* forests in northern Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management* 108: 27-40
- Rozas, V.; J.J. Camarero. 2005. Técnicas de análisis espacial de patrones de puntos aplicadas en ecología forestal. *Investigación Agraria: Sistema Recursos Forestales* 14(1): 79-97
- Rozzi, R.; J. Armesto; J. Figueroa. 1994. Biodiversidad y conservación de los bosques nativos de Chile: una aproximación jerárquica. *Bosque* 15(2): 55-64
- Ripley, B. 1977. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society, London*, B39: 172 - 212
- Rundel, P. 1981. The matorral zone of central Chile. *In*: *Ecosystems of the world* 11: 175- 201

- Salinas, F.; del Fierro, P. 1998. Experiencia silvicultural del bosque nativo de Chile: recopilación de antecedentes para 57 especies arbóreas y evaluación de prácticas silviculturales. Santiago. Publicaciones Lo Castillo. 420 p.
- Sartori, A.; A. Baldini. 2006. Agentes de daño en plantaciones y bosque nativo. *Chile Forestal* 321: 43-44
- Schulman, E. 1956. Dendroclimatic changes in semiarid America. Laboratory of tree-ring research, University of Arizona. University of Arizona Press, Tucson, Arizona. 142 p.
- Schupp, E.W.; M. Fuentes. 1995. Spatial patterns of seed dispersal and the unification of plant population ecology. *Ecoscience* 2: 267-275
- Stange, R. 2004. Análisis de la distribución espacial de la mortalidad en una plantación de *Austrocedrus chilensis*, Valdivia, Chile. Tesis, Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs Forestales. 23 p.
- Varsavsky, E.; L. Bettuci; D. Rodríguez. 1975. Observaciones preliminares sobre la mortalidad del ciprés (*Austrocedrus chilensis*) en los bosques patagónicos. Bariloche, Fundación Bariloche. 11 p.
- Veblen, T.T.; F. Schlegel. 1982. Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. *Bosque* 4(2): 73-115
- Veblen, T.T.; D.C. Lorenz. 1988. Recent vegetation changes along the forest/steppe ecotone of northern Patagonia. *Annals of the Association of America in Geographers* 78: 91-111
- Veblen T.T.; J.J. Armesto; B.R. Burns; T. Kitzberger; A. Lara; B. León; K.R. Young. 1993. The coniferous forests of South America, Southern Hemisphere forest. The Australian Society of Botanical Science.
- Veblen, T.T.; B.R. Burns; T. Kitzberger; A. Lara; R. Villalba. 1995. The ecology of the coniferes of southern South America. In: N. Enright; R. Hilll (eds.), *Ecology of the Southern Conifers*. Melbourne University Press, Carlton. pp. 120-155
- Veblen, T.T.; T. Kitzberger; B.R. Burns; A.J Rebertus. 1995. Natural Disturbance and Regeneration Dynamics in Andean Forests of southern Chile and Argentina. In: N. Enright; R. Hilll (eds.), *Ecology of the Southern Conifers*. Melbourne University Press, Carlton. pp. 169-1197
- Veblen, T.T.; T. Kitzberger; B.R. Burns; A.J Rebertus. 1996. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. In: Armesto J.J.; C. Villagran; M. Arroyo (eds.). *Ecología de los Bosques Nativos de Chile*. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 169-198

ANEXOS

Anexo 1

Abstract and keywords

Abstract

Austrocedrus chilensis belongs to Cupressaceae family. It is an endemic conifer considered the most xerofit of the temperate South American forest. Actually is considered in Vulnerability category by IUCN Red List of Threatened Species. Most of the knowledge about the ecology of the species comes from xeric and mesic environments from the northern Patagonia in Argentina. The forest of *Austrocedrus* vary according to the environmental gradient and their disturb regime across their wide geographic range of distribution (~32-44° S) in the center-southern region of Chile. This study characterize the *Austrocedrus* structure and regeneration, affected by the antropic interventions happened in the sector "Los Corrales de Urriola" (34°27'S), in the "Río de los Cipreses" National Reserve (RNRC). A 1600 m² (40 x 40 m) plot was established, and it was divided in 64 quadrants of 5 x 5 m. . In each quadrant the following parameters were registered: the Diameter at Breast High (DBH cm), total height from all trees and presence of reproductive structures. The presence of regeneration of *Austrocedrus* and the accompanying species were also quantified. Growth pattern and age estimation were analyzed using tree cores. In this ambient, *Austrocedrus* colonize perturbed sites, forming multiage stands, which are monospecifics, open, with trees of little size and ample radial growth, indicating favorable conditions of site for the development of the species.

The diameter of the individuals varies between 7 and 84 cm and the height between 4 and 22 m. The diametric structure of the stand shows a normal curve, J-like, with outlier individuals in the superior classes of diameter. Mean age of stand is 82 years, and it ranged between 9 and 256 years. These structural characteristics, together with the age of the trees (< 250 years), suggest the establishment of regeneration in response to frequent perturbations of small scale, made by small intensity fires. The establishment of the individuals was originated by four pulses of regeneration around 1755; 1835, 1875-1925 and 1945-1995, influenced by the action of small scale antropic disturbances (e.g, fires). Massive tree mortality began in the years 1950-1974, caused by one or a combination of the following factors: hydric stress, sensitivity of the species to the climatic variations and fires, among others. Evidences of antropic alteration by fire and operation appear in the entire Urriola sector. However, the fire appears to be the most relevant factor in the control of the population dynamics. Nevertheless, the fire seemed to be the most relevant factor in the control of the population dynamics of *Austrocedrus* in the RNRC, altering the structure and composition of the stand.

Key words: *Austrocedrus chilensis*, structure, regeneration, antropic disturbances, fires.

Anexo 2

Características de los árboles muestreados

Cuadro 1. Características de los individuos de *Austrocedrus chilensis* muestreados en Urriola Este.

| Nº árbol | DAP (cm) | AB (m ²) ¹ | Edad (años) ² | Sexo ³ | Observaciones |
|-----------|--------------|-----------------------------------|--------------------------|-------------------|--|
| 1 | 9,55 | 0,01 | 15 ^b | F | |
| 2 | 11,30 | 0,01 | 10 ^b | F | |
| 3 | 10,35 | 0,01 | 9 ^b | F | |
| 4 | 15,12 | 0,02 | 44 ^c | F | |
| 5 | 25,46 | 0,05 | 134 ^c | M | Presentó cicatriz de fuego en el fuste |
| 6 | 46,79 | 0,17 | 55 ^a | M | |
| 7 | 8,59 | 0,01 | 54 ^b | F | |
| 8 | 42,97 | 0,15 | 92 ^c | M | |
| 9 | 34,38 | 0,09 | 117 ^b | ND | |
| 10 | 28,81 | 0,07 | 115 ^b | M | |
| 11 | 9,71 | 0,01 | 45 ^a | M | |
| 12 | 13,05 | 0,01 | 55 ^b | F | |
| 13 | 9,39 | 0,01 | 29 ^c | F | |
| 14 | 9,71 | 0,01 | 57 ^b | F | |
| 15 | 14,32 | 0,02 | 55 ^b | ND | |
| 16 | 14,01 | 0,02 | 66^b | F | Diámetro a 30 cm del suelo, un tarugo |
| 16 | 9,77 | 0,01 | | | |
| 17 | 10,82 | 0,01 | 52 ^c | F | |
| 18 | 38,83 | 0,12 | 115 ^c | M | |
| 19 | 31,19 | 0,08 | 133 ^b | M | |
| 20 | 23,40 | 0,04 | 100 ^c | M | |
| 21 | 56,34 | 0,25 | 125 ^b | F | |
| 22 | 84,03 | 0,55 | 179 ^b | F | |
| 23 | 30,24 | 0,07 | 178 ^b | F | |
| 24 | 18,30 | 0,03 | 256^b | F | Mismo pie, bonsai creciendo en roca |
| 25 | 15,60 | 0,02 | 254^b | F | |
| 26 | 40,27 | 0,13 | 115 ^b | M | |
| 27 | 8,28 | 0,01 | 55 ^b | F | |
| 28 | 13,05 | 0,01 | 44 ^b | M | |
| 29 | 12,25 | 0,01 | 67 ^b | M | |
| 30 | 7,16 | 0,00 | 43 ^b | M | |
| 31 | 53,48 | 0,22 | 127 ^a | F | |
| 32 | 11,14 | 0,01 | 41 ^b | F | |
| 33 | 15,28 | 0,02 | | | |
| 33 | 15,44 | 0,02 | 92^c | F | Mismo pie, una muestra radial |
| 33 | 15,60 | 0,02 | | | |
| 34 | 51,57 | 0,21 | 81 ^c | M | |
| 35 | 19,10 | 0,03 | 41 ^b | M | |
| 36 | 21,17 | 0,04 | 48 ^b | M | |
| 37 | 49,66 | 0,19 | 111 ^c | F | |
| 38 | 20,79 | 0,03 | 20 ^b | M | |
| 39 | 20,69 | 0,03 | 14 ^b | M | |
| 40 | 21,80 | 0,04 | 24 ^b | F | |

¹: AB: Área basal individual (m²)

²: Edad: ^a: Edad total, con presencia de médula y corteza; ^b: Edad total estimada con el método de Duncan (1987); ^c: Edad mínima, sin arcos visibles y < 75% de longitud del radio.

³: Sexo: F: Femenino; M: Masculino; ND: No determinado.

Cuadro 2. Características de los individuos muertos de *Austrocedrus chilensis* en Urriola Este.

| Nº árbol | DAP (cm) | AB (m ²) ¹ | Edad (años) ² | Observaciones |
|----------|----------|-----------------------------------|--------------------------|---------------|
| 300 | 47 | 0,17 | 128 ^a | en pie* |
| 301 | 34 | 0,09 | 102 ^a | en suelo** |
| 302 | 42 | 0,14 | 106 ^b | en suelo |
| 303 | 30 | 0,07 | 106 ^b | en suelo |
| 304 | 41 | 0,13 | 88 ^a | en pie |
| 305 | 52 | 0,21 | 91 ^a | en pie |
| 306 | 43 | 0,15 | 90 ^b | en suelo |
| 307 | 40,5 | 0,13 | 73 ^a | en pie |
| 308 | 43 | 0,15 | 113 ^a | en suelo |
| 309 | 35 | 0,10 | 101 ^a | en suelo |
| 310 | 38 | 0,11 | 92 ^a | en suelo |
| 311 | 23 | 0,04 | 73 ^a | en suelo |
| 312 | 46 | 0,17 | 110 ^a | en suelo |
| 313 | 25,5 | 0,05 | 62 ^a | en suelo |
| 314 | 28 | 0,06 | 83 ^b | en suelo |
| 315 | 28 | 0,06 | 71 ^a | en suelo |
| 316 | 69 | 0,37 | 157 ^b | en suelo |
| 317 | 40 | 0,13 | 92 ^a | en suelo |
| 318 | 63 | 0,31 | 117 ^a | en suelo |

¹: AB: Área basal individual (m²)

²: Edad: ^a: Edad total, con presencia de médula y corteza; ^b: Rodela o cuña sin corteza y médula.

* A los individuos en pie, se le extrajo cuñas para determinar edades y crecimiento.

** Individuos en el suelo, extracción de rodela.

Cuadro 3. Tabla de rodal para los individuos vivos, muertos de *Austrocedrus chilensis* y especies acompañantes (*Azara petiolaris* y *Escallonia revoluta*) en el área de estudio.

| Clases (cm) | Vivos | | | | Muertos | | | |
|----------------|------------|-------------------|---|--------------|------------|-------------------|---|--------------|
| | Frecuencia | Densidad (arb/ha) | Área Basal (m ²) (m ² /ha) | | Frecuencia | Densidad (arb/ha) | Área Basal (m ²) (m ² /ha) | |
| 5 | 8 | 50 | 0,05 | 0,32 | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 9 | 56 | 0,11 | 0,67 | --- | --- | --- | --- |
| 15 | 7 | 44 | 0,15 | 0,93 | --- | --- | --- | --- |
| 20 | 5 | 31 | 0,18 | 1,14 | 1 | 6 | 0,04 | 0,26 |
| 25 | 2 | 13 | 0,12 | 0,73 | 3 | 19 | 0,17 | 1,09 |
| 30 | 3 | 19 | 0,24 | 1,51 | 2 | 13 | 0,16 | 1,01 |
| 35 | 1 | 6 | 0,12 | 0,75 | 2 | 13 | 0,22 | 1,38 |
| 40 | 2 | 13 | 0,27 | 1,70 | 6 | 38 | 0,82 | 5,10 |
| 45 | 2 | 13 | 0,37 | 2,29 | 2 | 13 | 0,34 | 2,12 |
| 50 | 2 | 13 | 0,43 | 2,71 | 1 | 6 | 0,21 | 1,33 |
| 55 | 1 | 6 | 0,25 | 1,56 | --- | --- | --- | --- |
| 60 | --- | --- | --- | --- | 1 | 6 | 0,31 | 1,95 |
| 65 | --- | --- | --- | --- | 1 | 6 | 0,37 | 2,34 |
| 70 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 75 | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 80 | 1 | 6 | 0,55 | 3,47 | --- | --- | --- | --- |
| Totales | 43 | 269 | 2,84 | 17,77 | 19 | 119 | 2,65 | 16,57 |

| Especies acompañantes* | | | | |
|------------------------|------------|-------------------|---|-------------|
| Clases (cm) | Frecuencia | Densidad (arb/ha) | Área Basal (m ²) (m ² /ha) | |
| 5 | --- | --- | --- | --- |
| 10 | 4 | 25 | 0,06 | 0,36 |
| 15 | --- | --- | --- | --- |
| 20 | 2 | 13 | 0,08 | 0,52 |
| 25 | --- | --- | --- | --- |
| 30 | --- | --- | --- | --- |
| 35 | --- | --- | --- | --- |
| 40 | --- | --- | --- | --- |
| 45 | --- | --- | --- | --- |
| 50 | --- | --- | --- | --- |
| 55 | --- | --- | --- | --- |
| 60 | --- | --- | --- | --- |
| 65 | --- | --- | --- | --- |
| 70 | --- | --- | --- | --- |
| 75 | --- | --- | --- | --- |
| 80 | --- | --- | --- | --- |
| Totales | 6 | 38 | 0,14 | 0,88 |

* *Azara petiolaris* y *Escallonia revoluta*

Cuadro 4. Estimación de anillos faltantes al centro mediante el método geométrico de Duncan 1987.

| Nº Tarugo | Largo ¹ | Altura ² (mm) | X ³ | NAF ⁴ | Edad ⁵ | Edad Total ⁶ |
|-----------|--------------------|--------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------------|
| 1 | 5 | 1,0 | 1,7 | 2,13 | 13 | 15 |
| 2 | 17 | 3,5 | 3,7 | 3,26 | 7 | 10 |
| 3 | 6 | 1,0 | 4,0 | 1,25 | 8 | 9 |
| 7 | 3 | 0,2 | 0,58 | 9,87 | 44 | 54 |
| 9 | 30 | 4,0 | 4,4 | 6,85 | 110 | 117 |
| 10 | 28 | 2,0 | 3,2 | 15,63 | 99 | 115 |
| 12 | 5 | 0,2 | 1,12 | 14,04 | 41 | 55 |
| 14 | 8 | 1,0 | 1,05 | 8,10 | 49 | 57 |
| 15 | 4 | 0,5 | 1,05 | 4,05 | 51 | 55 |
| 16 | 10 | 0,5 | 1,4 | 18,04 | 48 | 66 |
| 19 | 12 | 1,0 | 1,3 | 14,23 | 119 | 133 |
| 21 | 7 | 1,0 | 0,81 | 8,18 | 117 | 125 |
| 22 | 10 | 1,0 | 2,5 | 5,20 | 174 | 179 |
| 23 | 10 | 1,5 | 2,2 | 4,13 | 178 | 178 |
| 24 | 5 | 0,8 | 0,6 | 7,18 | 249 | 256 |
| 25 | 10 | 0,5 | 1,0 | 25,25 | 229 | 254 |
| 26 | 2,5 | 1,0 | 1,8 | 0,71 | 114 | 115 |
| 27 | 1 | 0,2 | 0,1 | 7,25 | 48 | 55 |
| 28 | 7,5 | 0,8 | 2,2 | 4,18 | 40 | 44 |
| 29 | 10 | 1,0 | 0,81 | 16,05 | 51 | 67 |
| 30 | 6 | 1,0 | 1,7 | 2,94 | 40 | 43 |
| 32 | 7 | 0,5 | 2,8 | 4,46 | 37 | 41 |
| 35 | 17 | 2,0 | 3,0 | 6,35 | 35 | 41 |
| 36 | 6 | 1,0 | 1,4 | 3,57 | 44 | 48 |
| 38 | 20 | 5,0 | 6,0 | 2,08 | 18 | 20 |
| 39 | 12 | 1,5 | 5,2 | 2,45 | 12 | 14 |
| 40 | 20 | 4,0 | 6,0 | 2,42 | 22 | 24 |

¹: Largo anillo faltante; ²: Altura anillo faltante; ³: Promedio ancho de anillo de los últimos tres años; ⁴: NAF: número de anillos faltantes; ⁵ Edad sin método de Duncan; ⁶: Edad estimada con el método de Duncan.

Fórmula 1:
$$NAF = [(L^2/8H) + (H/2)]/X$$

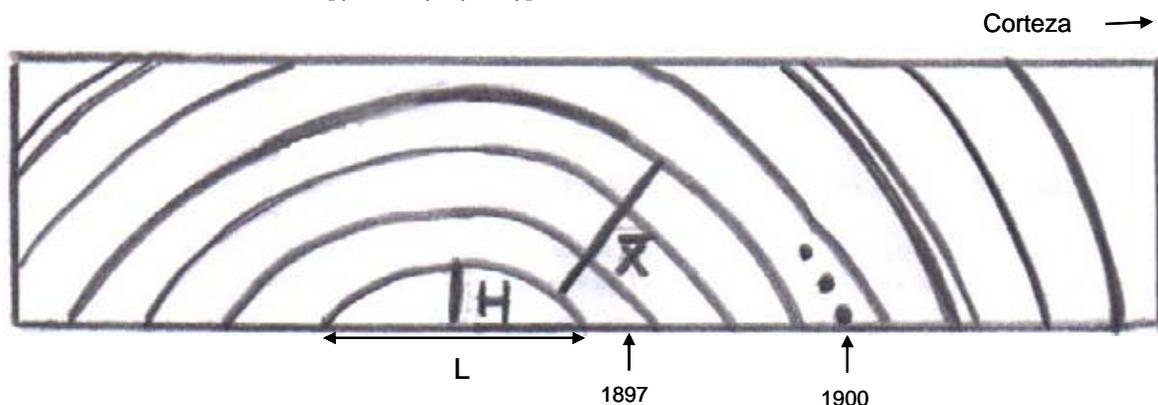


Figura 1. Estimación de anillos faltantes, con el método geométrico de Duncan 1987.

Anexo 3

Fotografías del área de estudio y hábito de los individuos

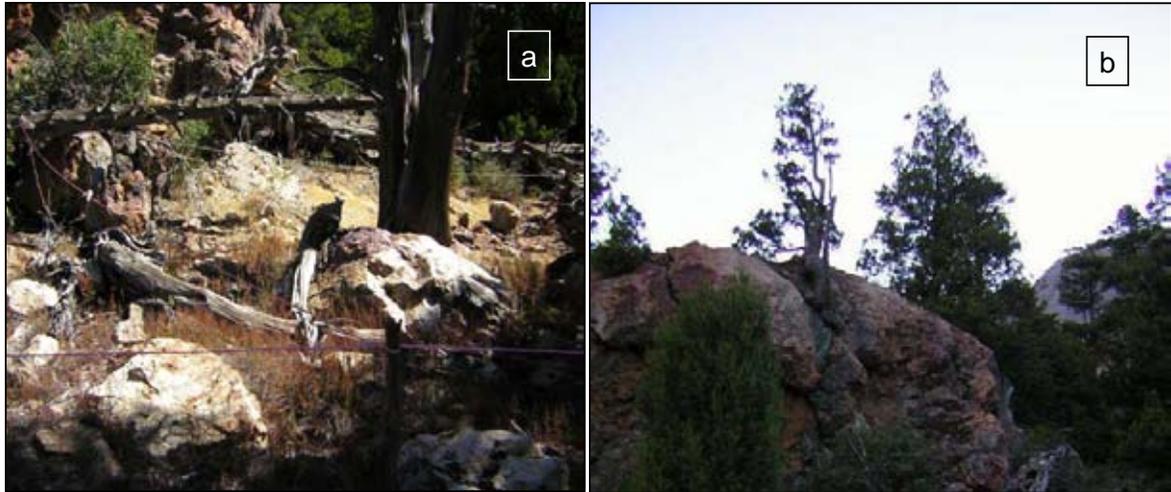


Foto 1 [a y b]. Vista interior de la parcela permanente, nótese la rocosidad en el primer plano [a] y el gran tamaño de los bloques de roca [b]



Foto 2. Sector con acumulación de agua, donde se observa la presencia de *Cortaderia araucana* (Cola de zorro) y *Juncos sp* en la parcela. Alrededor se ven individuos de *Austrocedrus*, en donde fue posible encontrar abundante regeneración de esta especie.

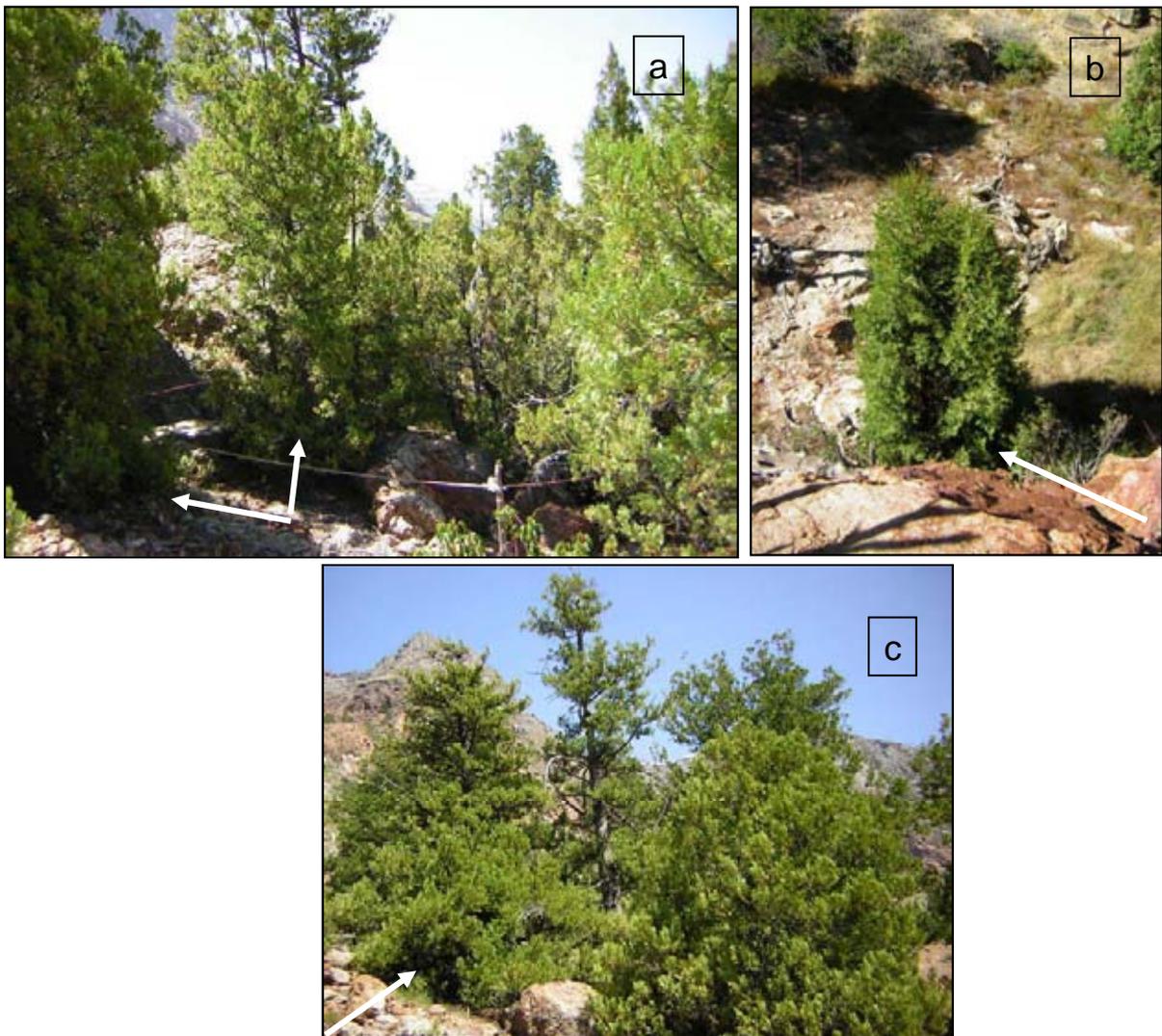


Foto 3 [a, b y c]. Hábito de los individuos de *Austrocedrus* se observa que la primera rama viva comienza a nivel de suelo, revelando que se trata de un bosque abierto.

Anexo 4

Listado florístico del sector “Los Corrales de Urriola”.

Cuadro 5. Lista florística del sector “Los Corrales de Urriola”, exposición Este.

| Especie | Nombre común | Familia |
|--------------------------------|---------------------------|------------------|
| <i>Acaena sp.</i> | Clonque | Compositae |
| <i>Alstroemeria versicolor</i> | Mariposa del campo | Alstroemeriaceae |
| <i>Aristotelia chilensis</i> | Maqui | Elaeocarpaceae |
| <i>Adiantum sulphureum</i> | Palito negro | Adiantaceae |
| <i>Austrocedrus chilensis</i> | Ciprés de la Cordillera | Cupressaceae |
| <i>Azara petiolaris</i> | Lilen | Flacourtiaceae |
| <i>Baccharis sp.</i> | | Compositae |
| <i>Blechnum chilense</i> | Costilla de vaca | Blechnaceae |
| <i>Berberis microphylla</i> | Calafate | Berberidaceae |
| <i>Calandrinia sericea</i> | Té de burro | Portulacaceae |
| <i>Calceolaria sp.</i> | | Scrophulariaceae |
| <i>Convolvulus arvensis</i> | Correhuela | Convolvulaceae |
| <i>Cortaderia araucana</i> | Cola de Zorro | Poaceae |
| <i>Ephedra andina</i> | Pingo-pingo | Ephedraceae |
| <i>Eryngium paniculatum</i> | Ñocha pequeña | Apiaceae |
| <i>Eriosyce curvispina</i> | Quisquito | Cactaceae |
| <i>Escallonia revoluta</i> | Lun, Corontillo | Escalloniaceae |
| <i>Guindilla trinervis</i> | Guindilla | Sapindaceae |
| <i>Kageneckia angustifolia</i> | Olivillo de la Cordillera | Rosaceae |
| <i>Lactuca serriola</i> | Lechuguilla | Asteraceae |
| <i>Leuceria cerberoana</i> | Flor blanca | Compositae |
| <i>Lomatia hirsuta</i> | Radal | Proteaceae |
| <i>Maytenus boaria</i> | Maitén | Celastraceae |
| <i>Mutisia subulata</i> | Clavel del campo | Asteraceae |
| <i>Mutisia latifolia</i> | Clavel del aire | Asteraceae |
| <i>Quinchamalium chilense</i> | Quinchamali | Santalaceae |
| <i>Retanilla ephedra</i> | Retamilla | Rhamnaceae |
| <i>Ribes sp</i> | Zarzaparrilla | Grossulariaceae |
| <i>Schinus montanus</i> | Laura | Anacardiaceae |
| <i>Scyphanthus elegans</i> | Monjita | Loasaceae |
| <i>Solanum ligustrinum</i> | Natre | Solanaceae |

Anexo 5

Esquema de la parcela en el sitio, en donde se muestra la ubicación de los individuos en el espacio.

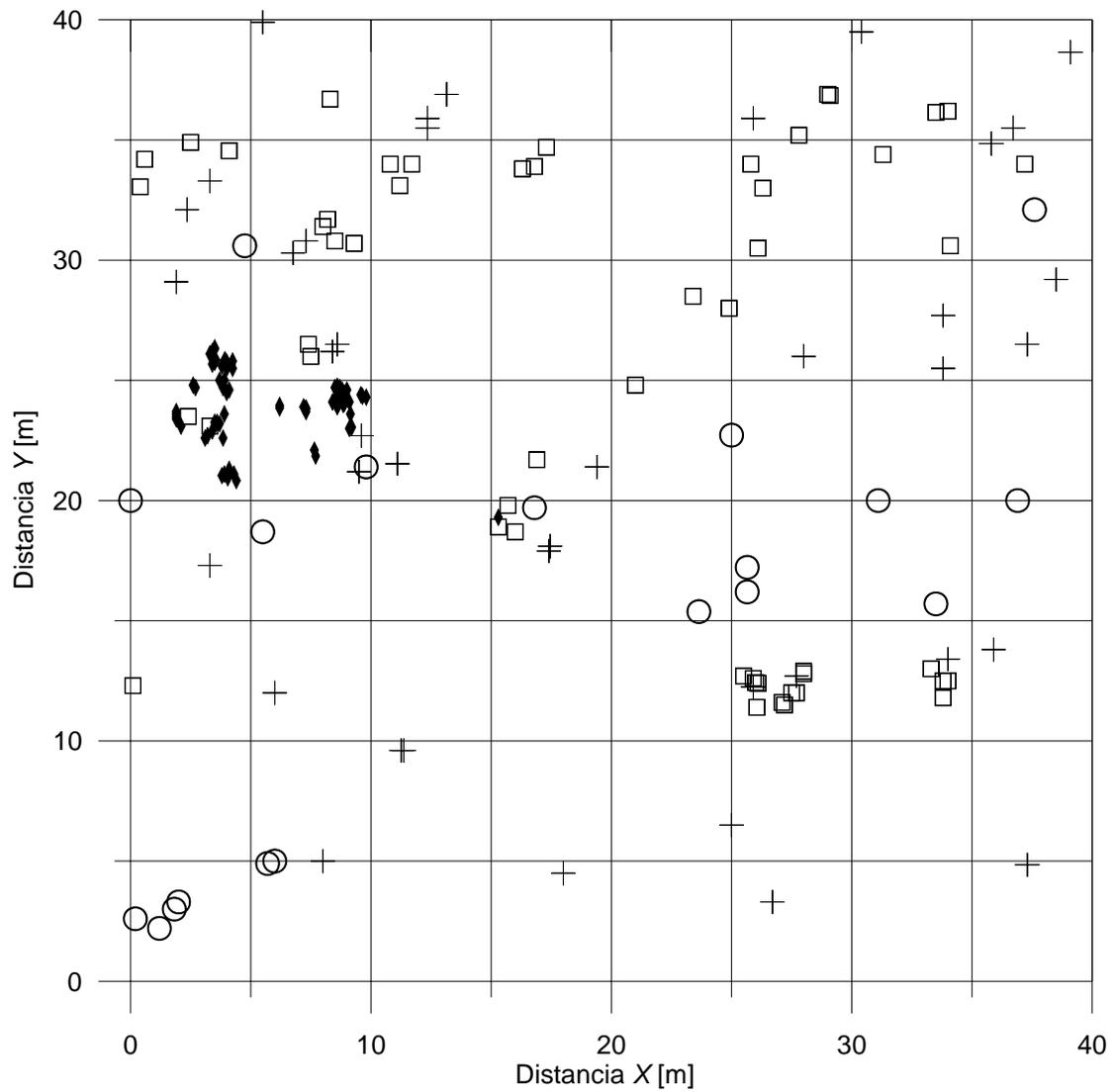


Figura 2. Representación gráfica de la parcela en proyección horizontal. +: Individuos vivos; O: Individuos muertos; □: Regeneración; y ◆: Plántulas. Cada cuadrante tiene una superficie de 25 m².

Anexo 6

Función $L(t) - t$ y $L_{12}(t)-t$, y límites de confianza para el área de estudio.

Cuadro 6. Variación del índice $K(t)$ con la distancia "t" para los individuos adultos con diámetro > 5 cm.
 $W(t)$ = Corrección del efecto borde según Getís y Franklin (1987).

| Adultos | | | | |
|---------|-------------|------------|-------------|------------|
| t | L(t)-t | LsupAleat | LinfAleat | W(t) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 1,37737507 | 0,82750488 | -0,5 | 0,41421331 |
| 1 | 1,09896951 | 0,66216609 | -1 | 0,26279168 |
| 1,5 | 0,98353409 | 0,64817064 | -1,5 | 0,15611584 |
| 2 | 1,51224805 | 0,90162873 | -1,0613123 | 0,3110737 |
| 2,5 | 1,13552184 | 0,90176939 | -1,17249512 | 0,11269173 |
| 3 | 0,79253257 | 1,20072658 | -1,12262493 | 0 |
| 3,5 | 0,44492435 | 1,16953001 | -1,21726496 | 0 |
| 4 | 0,69805921 | 1,32454678 | -1,71726496 | 0 |
| 4,5 | 0,68239812 | 1,2848419 | -2,03179921 | 0 |
| 5 | 0,66330008 | 1,15386539 | -1,98066893 | 0 |
| 5,5 | 0,73614547 | 1,30076895 | -1,4355961 | 0 |
| 6 | 0,5996075 | 1,10372716 | -1,47507678 | 0 |
| 6,5 | 0,28709986 | 1,10908751 | -1,18197371 | 0 |
| 7 | 0,12254659 | 1,17278028 | -1,33820925 | 0 |
| 7,5 | 0,38677106 | 1,62441785 | -1,42270128 | 0 |
| 8 | 0,14684875 | 1,58258693 | -1,31151643 | 0 |
| 8,5 | 0,75458388 | 1,57302477 | -1,03117612 | 0 |
| 9 | 0,68530802 | 1,51485774 | -1,10480628 | 0 |
| 9,5 | 0,98033899 | 1,38682418 | -1,36410842 | 0 |
| 10 | 1,02037017 | 1,50703349 | -1,3760434 | 0 |
| 10,5 | 1,25547994 | 1,19117625 | -1,28207796 | 0,02599963 |
| 11 | 1,13258446 | 1,16112054 | -1,27745005 | 0 |
| 11,5 | 0,97162609 | 1,32041349 | -1,49407905 | 0 |
| 12 | 1,12690339 | 1,17240837 | -1,6689138 | 0 |
| 12,5 | 1,38948015 | 1,02117151 | -1,20199688 | 0,16566835 |
| 13 | 0,9969614 | 0,86012181 | -1,20685187 | 0,06620287 |
| 13,5 | 1,0219911 | 1,19002988 | -1,16308167 | 0 |
| 14 | 1,0011719 | 1,43942499 | -1,27702826 | 0 |
| 14,5 | 1,29417275 | 1,31385058 | -1,21048232 | 0 |
| 15 | 1,25950332 | 1,3096426 | -1,3055149 | 0 |
| 15,5 | 0,89550267 | 1,28138172 | -1,18508152 | 0 |
| 16 | 0,6955862 | 1,33452274 | -1,39402844 | 0 |
| 16,5 | 0,5792693 | 1,5194416 | -1,37411304 | 0 |
| 17 | 0,46166579 | 1,52552387 | -1,41241789 | 0 |
| 17,5 | 0,30670813 | 1,34872034 | -1,50551089 | 0 |
| 18 | -0,09193473 | 1,14449975 | -1,69654145 | 0 |
| 18,5 | -0,23694701 | 1,22553958 | -1,36095489 | 0 |
| 19 | -0,387891 | 1,38329595 | -1,36574937 | 0 |
| 19,5 | -0,39143935 | 1,13878448 | -1,57561613 | 0 |
| 20 | -0,63472366 | 1,06952384 | -1,82939001 | 0 |

Cuadro 7. Variación del índice $K(t)$ con la distancia "t" para la regeneración (DAP < 5 cm; altura >25 cm y <2 m). $W(t)$ = Corrección del efecto borde según Getís y Franklin (1987).

| Regeneración | | | | |
|--------------|-------------|------------|-------------|------------|
| t | L(t)-t | LsupAleat | LinfAleat | W(t) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 1,40425059 | 0,54300116 | -0,5 | 0,82574159 |
| 1 | 2,56252731 | 0,59321065 | -1 | 1,23606798 |
| 1,5 | 2,98874814 | 0,6126365 | -0,89782309 | 1,57310506 |
| 2 | 3,16487877 | 0,79264384 | -0,79564592 | 1,49357819 |
| 2,5 | 3,14594526 | 0,74912417 | -1,02497351 | 1,35100853 |
| 3 | 2,88197067 | 0,88085875 | -0,78448849 | 1,20161842 |
| 3,5 | 2,65695261 | 0,8254484 | -0,7470196 | 1,16473226 |
| 4 | 2,50421772 | 0,91439538 | -0,88305704 | 0,88448646 |
| 4,5 | 2,27744112 | 0,93094444 | -0,76420215 | 0,79432463 |
| 5 | 2,23808182 | 0,91987868 | -0,6895554 | 0,81904762 |
| 5,5 | 2,20525387 | 0,91026633 | -0,74217884 | 0,78367958 |
| 6 | 2,18684577 | 1,05807257 | -0,63873553 | 0,66523327 |
| 6,5 | 2,12448993 | 1,14313857 | -0,7756662 | 0,51143888 |
| 7 | 1,9040503 | 1,03041974 | -0,76219841 | 0,48734894 |
| 7,5 | 1,62755003 | 1,23573559 | -0,9762019 | 0,17713631 |
| 8 | 1,70362128 | 1,28824336 | -1,09161662 | 0,17453881 |
| 8,5 | 1,75208234 | 1,30905533 | -1,07008158 | 0,18621333 |
| 9 | 1,76827321 | 1,37821487 | -1,10173473 | 0,15728479 |
| 9,5 | 1,63156486 | 1,31522442 | -0,94018042 | 0,14025883 |
| 10 | 1,66034241 | 1,38319004 | -0,95153175 | 0,11870895 |
| 10,5 | 1,6442355 | 1,42181852 | -0,82669688 | 0,09891726 |
| 11 | 1,45839703 | 1,30824673 | -0,72385086 | 0,07388931 |
| 11,5 | 1,28356988 | 1,27883304 | -0,90395785 | 0,00217009 |
| 12 | 1,10618474 | 1,17752309 | -0,83259722 | 0 |
| 12,5 | 0,85166659 | 0,95886875 | -0,77138056 | 0 |
| 13 | 0,75528338 | 1,11125447 | -0,86812393 | 0 |
| 13,5 | 0,83038544 | 1,04565329 | -0,76032186 | 0 |
| 14 | 0,68857477 | 0,97399013 | -0,8487517 | 0 |
| 14,5 | 0,83053535 | 1,19458097 | -0,88861205 | 0 |
| 15 | 0,77449861 | 1,15267585 | -1,00337176 | 0 |
| 15,5 | 0,56847691 | 1,13031845 | -0,88107599 | 0 |
| 16 | 0,44889191 | 1,06522318 | -1,01218823 | 0 |
| 16,5 | 0,2403416 | 1,02499176 | -1,14425403 | 0 |
| 17 | 0,06842832 | 0,98947484 | -1,15367013 | 0 |
| 17,5 | 0,06491893 | 1,1305447 | -1,42460905 | 0 |
| 18 | 0,12491856 | 1,14338573 | -1,51187337 | 0 |
| 18,5 | 0,07681915 | 1,36260659 | -1,55042745 | 0 |
| 19 | -0,04993933 | 1,278884 | -1,78524813 | 0 |
| 19,5 | -0,19544728 | 1,37390906 | -1,87397968 | 0 |
| 20 | -0,09170893 | 1,3883594 | -2,07475486 | 0 |

Cuadro 8. Variación del índice $K(t)$ con la distancia "t" para las plántulas (altura < 25 cm desde el suelo). $W(t)$ = Corrección del efecto borde según Getís y Franklin (1987).

| Plántulas | | | | |
|-----------|------------|------------|-------------|------------|
| t | L(t)-t | LsupAleat | LinfAleat | W(t) |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 6,44064411 | 0,45337072 | -0,5 | 6,28011039 |
| 1 | 8,30859641 | 0,43376026 | -0,61078802 | 7,53898725 |
| 1,5 | 9,30019353 | 0,66176879 | -0,54662928 | 7,14865818 |
| 2 | 10,2898338 | 0,53993677 | -0,45363961 | 9,81293158 |
| 2,5 | 10,7501062 | 0,52169481 | -0,54470334 | 9,59155021 |
| 3 | 11,3885766 | 0,52853566 | -0,46891637 | 10,8877828 |
| 3,5 | 11,8398956 | 0,36168338 | -0,44957087 | 14,1487237 |
| 4 | 12,0775174 | 0,44909546 | -0,48880657 | 12,3983333 |
| 4,5 | 12,1300572 | 0,47332046 | -0,43674947 | 12,8086165 |
| 5 | 13,2634974 | 0,45909998 | -0,41545502 | 14,6410431 |
| 5,5 | 14,6369688 | 0,40558019 | -0,53340542 | 15,1561308 |
| 6 | 15,8413448 | 0,50233574 | -0,49039132 | 15,4513861 |
| 6,5 | 15,9177307 | 0,660715 | -0,64900583 | 11,6490594 |
| 7 | 15,9838123 | 0,8371518 | -0,69516436 | 9,88481416 |
| 7,5 | 15,7104194 | 0,90513728 | -0,73114502 | 9,04812208 |
| 8 | 15,2997525 | 0,92362454 | -0,52593589 | 9,91757753 |
| 8,5 | 14,8618161 | 0,82001575 | -0,49669682 | 10,6642867 |
| 9 | 14,3717059 | 0,62894281 | -0,55910159 | 11,5675501 |
| 9,5 | 13,8863898 | 0,71911969 | -0,46720848 | 11,0991803 |
| 10 | 13,3863898 | 0,67147707 | -0,49185036 | 10,9297799 |
| 10,5 | 12,8942012 | 0,64040729 | -0,49932784 | 10,7514401 |
| 11 | 12,3942012 | 0,55775515 | -0,51332275 | 11,0509666 |
| 11,5 | 11,9110738 | 0,49576783 | -0,6425251 | 10,0284432 |
| 12 | 11,423919 | 0,46931352 | -0,67569467 | 9,56727259 |
| 12,5 | 10,954142 | 0,50257489 | -0,66811446 | 8,92770332 |
| 13 | 10,4972939 | 0,49308193 | -0,69020685 | 8,45458201 |
| 13,5 | 10,0275783 | 0,55744553 | -0,72684626 | 7,37381708 |
| 14 | 9,56324135 | 0,63832359 | -0,7556306 | 6,40259041 |
| 14,5 | 9,0814981 | 0,74910932 | -0,75298851 | 5,54716784 |
| 15 | 8,5814981 | 0,70271784 | -0,84239562 | 5,09915971 |
| 15,5 | 8,0814981 | 0,70398648 | -0,95831364 | 4,43813457 |
| 16 | 7,5814981 | 0,74696306 | -0,96232385 | 3,99847153 |
| 16,5 | 7,0814981 | 0,70743823 | -1,0118008 | 3,70748904 |
| 17 | 6,5814981 | 0,72482189 | -0,983399 | 3,42852393 |
| 17,5 | 6,0814981 | 0,70881129 | -1,06566779 | 3,0277544 |
| 18 | 5,5814981 | 0,77010499 | -1,09416104 | 2,58085115 |
| 18,5 | 5,0814981 | 0,73720194 | -1,04296319 | 2,44038943 |
| 19 | 4,5814981 | 0,69688377 | -1,06491096 | 2,20491881 |
| 19,5 | 4,0814981 | 0,78022602 | -0,95852929 | 1,89864099 |
| 20 | 3,5814981 | 0,7985871 | -1,05408031 | 1,5021104 |

Cuadro 9. Variación del índice $K_{12}(t)$ con la distancia "t" para adultos v/s plántulas y adultos v/s regeneración.

| Adultos v/s Plántulas | | | | Adultos v/s Regeneración | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-------------|--------------------------|---------------|------------|-------------|
| t | $L_{12}(t)-t$ | Lsuplndep | Linflndep | t | $L_{12}(t)-t$ | Lsuplndep | Linflndep |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | -0,5 | 0,98826259 | -0,5 | 0,5 | 0,68875589 | 0,70770978 | -0,5 |
| 1 | -0,39555939 | 1,92288934 | -1 | 1 | 0,98916878 | 0,97771842 | -1 |
| 1,5 | -0,54429532 | 1,98724629 | -1,5 | 1,5 | 1,04959701 | 1,23764328 | -1,5 |
| 2 | 0,96114246 | 2,22892532 | -2 | 2 | 1,32001434 | 1,3478142 | -1,10419761 |
| 2,5 | 1,57717527 | 2,28744024 | -2,5 | 2,5 | 1,4892728 | 1,21134441 | -1,20555911 |
| 3 | 1,58339819 | 2,86489683 | -3 | 3 | 1,59000734 | 1,42746478 | -1,55409517 |
| 3,5 | 1,85918693 | 3,36942022 | -3,5 | 3,5 | 1,28064272 | 1,26324523 | -1,81229069 |
| 4 | 2,04281811 | 3,79584274 | -4 | 4 | 0,95884966 | 1,27184152 | -1,96276286 |
| 4,5 | 1,98818757 | 3,83372503 | -4,10844427 | 4,5 | 0,92428426 | 1,44340528 | -2,01029675 |
| 5 | 1,92427281 | 3,87153657 | -4,57259591 | 5 | 1,02975621 | 1,45043437 | -2,08443482 |
| 5,5 | 1,99804985 | 4,02686498 | -5,07259591 | 5,5 | 1,03764037 | 1,42314099 | -2,04491728 |
| 6 | 2,14342927 | 4,39250925 | -5,52344172 | 6 | 1,274535 | 1,34167143 | -1,79132583 |
| 6,5 | 2,78475915 | 4,38176853 | -5,88321508 | 6,5 | 1,386206 | 1,34220096 | -1,63076674 |
| 7 | 3,16915063 | 4,27792618 | -6,00316131 | 7 | 1,17856 | 1,39274905 | -1,86623252 |
| 7,5 | 3,28870047 | 4,23259917 | -5,26355404 | 7,5 | 1,07360654 | 1,51380265 | -1,88021538 |
| 8 | 3,51142264 | 4,62906619 | -5,28536342 | 8 | 1,31269552 | 1,57205353 | -1,80971703 |
| 8,5 | 3,65990337 | 4,89726514 | -5,57576896 | 8,5 | 1,30788217 | 1,61780844 | -1,69113063 |
| 9 | 3,76167655 | 5,14178059 | -5,14805121 | 9 | 1,39377638 | 1,71433058 | -1,79713548 |
| 9,5 | 3,71742195 | 5,31831536 | -5,15796922 | 9,5 | 1,23279156 | 1,71160722 | -1,76483181 |
| 10 | 3,65176986 | 5,36701141 | -5,18582716 | 10 | 1,27066381 | 1,6616417 | -1,66453283 |
| 10,5 | 3,8764894 | 5,34919298 | -5,58218553 | 10,5 | 1,41257281 | 1,65981304 | -1,69739612 |
| 11 | 3,95390425 | 5,33423383 | -5,94508418 | 11 | 1,36459413 | 1,62706452 | -1,64670565 |
| 11,5 | 3,78108294 | 5,36154927 | -6,36682335 | 11,5 | 1,14994451 | 1,5159018 | -1,58500927 |
| 12 | 3,6552108 | 5,12841997 | -6,59736103 | 12 | 1,04096489 | 1,58638704 | -1,56977182 |
| 12,5 | 3,42691206 | 4,85748241 | -6,70283275 | 12,5 | 1,06661399 | 1,41045122 | -1,5537955 |
| 13 | 3,22002959 | 4,76030353 | -6,63336093 | 13 | 1,03317791 | 1,3433038 | -1,57351393 |
| 13,5 | 3,29864987 | 4,77968825 | -6,60565107 | 13,5 | 0,94008273 | 1,31067524 | -1,43085532 |
| 14 | 3,20717925 | 4,7709279 | -6,8099276 | 14 | 0,92848197 | 1,25412133 | -1,46317072 |
| 14,5 | 3,15960442 | 4,70354186 | -6,70379737 | 14,5 | 0,97295873 | 1,24123349 | -1,53560107 |
| 15 | 3,26326214 | 4,96003898 | -6,2990087 | 15 | 1,0132718 | 1,27168764 | -1,49838257 |
| 15,5 | 3,50443113 | 5,01532188 | -5,82459535 | 15,5 | 1,10533973 | 1,32381076 | -1,63066609 |
| 16 | 3,54146184 | 4,79792682 | -5,99463171 | 16 | 1,05115243 | 1,34037031 | -1,81083369 |
| 16,5 | 3,63320628 | 4,8629028 | -6,19730135 | 16,5 | 0,95537016 | 1,33667727 | -1,82248011 |
| 17 | 3,54515561 | 4,91530227 | -6,37404604 | 17 | 1,03092006 | 1,33653733 | -1,77664209 |
| 17,5 | 3,35767762 | 5,10339859 | -6,7521485 | 17,5 | 1,15171 | 1,148177 | -1,9038158 |
| 18 | 3,12784908 | 5,28145424 | -6,97438199 | 18 | 1,00763834 | 1,13892513 | -1,96312221 |
| 18,5 | 2,79856404 | 5,33653466 | -7,32089366 | 18,5 | 1,00003586 | 1,17767164 | -1,88985555 |
| 19 | 2,35791813 | 5,21548165 | -6,98215477 | 19 | 0,89346392 | 1,19020885 | -1,88924823 |
| 19,5 | 1,88262147 | 5,01298156 | -6,86934243 | 19,5 | 0,92032739 | 1,2271507 | -1,96904042 |
| 20 | 1,45694653 | 5,0135927 | -6,85406965 | 20 | 0,65753792 | 1,2936943 | -2,05210615 |

Cuadro 10. Variación del índice $K(t)$ con la distancia "t" para los individuos muertos. Según el programa de Mortalidad de Duncan. $W(t)$ = Corrección del efecto borde según Getís y Franklin (1987).

| t | L(t)-t | LsupAleat | LinfAleat | W(t) | LsupMort | LinfMort |
|------|-------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 1,87553496 | 1,17975698 | -0,5 | 0,41421348 | 2,14860241 | -0,5 |
| 1 | 1,37553496 | 1,37553496 | -1 | 0 | 1,64860241 | -1 |
| 1,5 | 2,77799556 | 1,85951424 | -1,5 | 0,27339706 | 1,53007522 | -0,17569886 |
| 2 | 3,1371889 | 1,35951424 | -2 | 0,52914634 | 2,19367131 | -0,1271557 |
| 2,5 | 2,90483992 | 1,94421915 | -2,5 | 0,21615063 | 2,31567786 | -0,15538666 |
| 3 | 2,659848 | 1,44421915 | -3 | 0,27353036 | 2,63296498 | 0,24386197 |
| 3,5 | 2,159848 | 1,53927112 | -1,82024302 | 0,18472221 | 2,71005912 | -0,25613803 |
| 4 | 1,659848 | 1,81614064 | -2,32024302 | 0 | 2,84061665 | -0,25431098 |
| 4,5 | 2,23905269 | 1,75254436 | -2,53282375 | 0,11352778 | 3,06087088 | -0,03085563 |
| 5 | 2,27712056 | 1,55678842 | -2,62446504 | 0,1722766 | 3,26414302 | -0,33877438 |
| 5,5 | 2,5494848 | 1,43132793 | -2,93415596 | 0,25613584 | 3,52790426 | -0,61936812 |
| 6 | 3,35014156 | 1,19002462 | -2,3920515 | 0,60303491 | 3,7562083 | 0,42196213 |
| 6,5 | 3,33025027 | 1,61891747 | -2,5330571 | 0,41217324 | 3,52405812 | 0,31930421 |
| 7 | 3,25175788 | 2,1642035 | -2,34914499 | 0,24096397 | 3,74642099 | 0,377501 |
| 7,5 | 3,02338958 | 2,20897985 | -2,26836183 | 0,18189582 | 3,85548259 | -0,00458266 |
| 8 | 2,81964562 | 1,74558753 | -2,0321915 | 0,2843094 | 3,86733461 | 0,05693937 |
| 8,5 | 2,44926142 | 1,24558753 | -2,1824621 | 0,35112499 | 3,76370502 | 0,34563627 |
| 9 | 2,20399404 | 1,06767975 | -2,2981259 | 0,33760544 | 4,56136788 | 0,42167212 |
| 9,5 | 1,82921342 | 1,31567619 | -2,05389008 | 0,15240455 | 4,91215748 | 0,42561819 |
| 10 | 1,7821009 | 1,50260945 | -2,48294497 | 0,07012612 | 4,96964659 | 0,44016475 |
| 10,5 | 1,46747582 | 2,05481181 | -2,13458276 | 0 | 5,16935991 | 0,3257029 |
| 11 | 0,96747582 | 2,19396395 | -2,44191906 | 0 | 5,20936606 | 0,09618348 |
| 11,5 | 0,75517699 | 1,80046041 | -2,94191906 | 0 | 4,86953273 | 0,28480088 |
| 12 | 0,9963578 | 1,48520155 | -2,17021279 | 0 | 4,80026989 | 0,11770349 |
| 12,5 | 0,86929689 | 1,77397416 | -2,2283619 | 0 | 4,76248002 | -0,16725963 |
| 13 | 0,36929689 | 1,7926528 | -2,45077418 | 0 | 4,75513942 | 0,01747622 |
| 13,5 | -0,13070311 | 1,83329971 | -2,6650141 | 0 | 4,76056916 | 0,03183164 |
| 14 | 0,01319841 | 2,14417033 | -2,27039544 | 0 | 4,92389761 | 0,19242868 |
| 14,5 | -0,22978054 | 2,37332966 | -2,47429936 | 0 | 5,06073032 | 0,28422714 |
| 15 | -0,72978054 | 1,98836575 | -2,2693649 | 0 | 5,19797921 | 0,47070696 |
| 15,5 | -0,99315746 | 2,01624491 | -2,39967581 | 0 | 5,22837444 | 0,54006366 |
| 16 | -1,07041997 | 1,76547804 | -2,50504511 | 0 | 5,35079302 | 0,77961286 |
| 16,5 | -0,62186369 | 1,48363479 | -2,34244621 | 0 | 5,28049485 | 0,83633688 |
| 17 | -0,02919233 | 1,88334192 | -2,64994913 | 0 | 5,17826311 | 0,69720636 |
| 17,5 | 0,42477455 | 2,15937204 | -2,57186239 | 0 | 5,23830314 | 0,63346047 |
| 18 | 0,14250716 | 1,93732956 | -2,48540297 | 0 | 5,27652316 | 0,50474749 |
| 18,5 | 0,07633937 | 1,82335869 | -2,62052059 | 0 | 4,99868241 | 0,32495292 |
| 19 | -0,42366063 | 2,00952925 | -2,89506825 | 0 | 4,80452851 | -0,02193372 |
| 19,5 | -0,75174159 | 1,78148237 | -3,17298121 | 0 | 5,10093673 | 0,37528679 |
| 20 | -0,74393593 | 1,8810658 | -3,10415151 | 0 | 5,08963828 | 0,18360932 |

Cuadro 11. Variación del índice K(t) con la distancia "t" para los individuos «vivos + muertos» , según el programa de Mortalidad de Duncan

| FasyM | L(t)-t | LsupAleat | LinfAleat | LsupMort | LinfMort |
|-------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0,5 | 1,09321385 | 1,59896724 | 0,43869347 | 2,14860241 | -0,5 |
| 1 | 0,70321724 | 1,29930618 | -0,06130653 | 1,64860241 | -1 |
| 1,5 | 0,94503128 | 1,68132894 | -0,17249896 | 1,53007522 | -0,17569886 |
| 2 | 1,20645375 | 2,18395555 | 0,38176226 | 2,19367131 | -0,1271557 |
| 2,5 | 0,92517447 | 1,88950736 | 0,0600658 | 2,31567786 | -0,15538666 |
| 3 | 0,70192642 | 1,5787035 | -0,2048235 | 2,63296498 | 0,24386197 |
| 3,5 | 0,57914141 | 1,51346813 | -0,22703416 | 2,71005912 | -0,25613803 |
| 4 | 0,52696665 | 1,29060942 | -0,39515967 | 2,84061665 | -0,25431098 |
| 4,5 | 0,51394429 | 1,36058566 | -0,38817254 | 3,06087088 | -0,03085563 |
| 5 | 0,45030207 | 1,38282216 | -0,3717537 | 3,26414302 | -0,33877438 |
| 5,5 | 0,39555709 | 1,40862988 | -0,4883004 | 3,52790426 | -0,61936812 |
| 6 | 0,52096754 | 1,48659169 | -0,62476831 | 3,7562083 | 0,42196213 |
| 6,5 | 0,31820486 | 1,27472489 | -0,62473544 | 3,52405812 | 0,31930421 |
| 7 | 0,24804457 | 1,14352504 | -0,49318903 | 3,74642099 | 0,377501 |
| 7,5 | 0,32148699 | 1,09596294 | -0,49910288 | 3,85548259 | -0,00458266 |
| 8 | 0,11606277 | 0,98958515 | -0,69234653 | 3,86733461 | 0,05693937 |
| 8,5 | 0,40388407 | 1,24655591 | -0,46946333 | 3,76370502 | 0,34563627 |
| 9 | 0,21991084 | 1,04612233 | -0,63744846 | 4,56136788 | 0,42167212 |
| 9,5 | 0,3624761 | 1,36324591 | -0,5350861 | 4,91215748 | 0,42561819 |
| 10 | 0,2869787 | 2,83807788 | -0,61899464 | 4,96964659 | 0,44016475 |
| 10,5 | 0,27789954 | 3,21314169 | -0,71970888 | 5,16935991 | 0,3257029 |
| 11 | 0,16111457 | 3,34830173 | -0,85046617 | 5,20936606 | 0,09618348 |
| 11,5 | 0,09839589 | 3,45521115 | -0,78984334 | 4,86953273 | 0,28480088 |
| 12 | 0,27831572 | 3,80281629 | -0,55397402 | 4,80026989 | 0,11770349 |
| 12,5 | 0,37800264 | 4,53361608 | -0,36619956 | 4,76248002 | -0,16725963 |
| 13 | 0,07234448 | 4,03361608 | -0,6516041 | 4,75513942 | 0,01747622 |
| 13,5 | 0,01517413 | 4,20919836 | -0,93888813 | 4,76056916 | 0,03183164 |
| 14 | 0,01029513 | 4,32415071 | -0,78363893 | 4,92389761 | 0,19242868 |
| 14,5 | 0,07592279 | 4,22967175 | -0,72937118 | 5,06073032 | 0,28422714 |
| 15 | -0,05709831 | 3,84427499 | -0,81652859 | 5,19797921 | 0,47070696 |
| 15,5 | -0,25252729 | 3,79412977 | -1,07336566 | 5,22837444 | 0,54006366 |
| 16 | -0,38629715 | 3,4705332 | -1,18364892 | 5,35079302 | 0,77961286 |
| 16,5 | -0,4108255 | 3,87239994 | -1,30940317 | 5,28049485 | 0,83633688 |
| 17 | -0,4116365 | 3,95153019 | -1,67247664 | 5,17826311 | 0,69720636 |
| 17,5 | -0,44501081 | 4,24039974 | -1,58659598 | 5,23830314 | 0,63346047 |
| 18 | -0,62617224 | 4,44183623 | -2,03502177 | 5,27652316 | 0,50474749 |
| 18,5 | -0,74066508 | 4,27177074 | -2,12057067 | 4,99868241 | 0,32495292 |
| 19 | -0,86937381 | 3,98072647 | -2,2921125 | 4,80452851 | -0,02193372 |
| 19,5 | -0,92321341 | 4,0310591 | -2,34468222 | 5,10093673 | 0,37528679 |
| 20 | -1,00968033 | 3,97621465 | -2,58078115 | 5,08963828 | 0,18360932 |