



Universidad Austral de Chile  
Facultad de Ciencias Forestales

**Historia de incendios en bosques de *Araucaria araucana*  
(Mol.) Koch del Parque Nacional Villarrica, a partir de  
anillos de crecimiento y registros orales.**

Patrocinante: Sr. Mauro González C.  
Trabajo de titulación presentado como parte  
de los requisitos para optar al Título de  
**Ingeniero Forestal.**

**JUAN MAURICIO QUEZADA ALVAREZ**

VALDIVIA  
2008

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		<b>Nota</b>
Patrocinante:	Sr. Mauro González Cangas	7,0
Informante:	Sra. M <sup>a</sup> Eugenia Solari Alberti	6,2
Informante:	Sr. Carlos Le Quesne Geier	6,6

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. Mauro González C.

## Agradecimientos

Para poder agradecer en el papel a todos los seres queridos que se amontonan en los pasillos de mi corazón y que me han alentado en esta etapa de mi vida, necesitarías más del doble de la extensión de este trabajo. Pero trataré de hacerlo en una página, tal y como la planta trata de resumir su agradecimiento en la flor.

Agradezco a mi familia, por formar mi espíritu y por los pedacitos de cada uno que traje el primer día que llegué a Valdivia. A mis tíos Pelluco, Juan, Nelson y mi tío Bernardo, mis tías Sonia, Gina, Ludí, Miriam y María, a mis primas Paty, Rosana, Andrea, Yasnira, Nancy y mis primos Marcelo, Andrés y especialmente a Víctor Hugo, hermano de infancia, al cual admiro por la garra que tiene para sacar adelante sus estudios. También agradezco a las nuevas generaciones en mi familia por sus nuevas y frescas risas, por sus abrazos y miradas que impulsan siempre al futuro. Agradezco a mi padre por enseñarme a querer sin condiciones. Al Beto por alentarme siempre. Y a ti madre por darme tus manos, espalda, coraje y esperanza, por aconsejarme y enseñarme valores, todo lo que he logrado nace de ti. También agradezco las largas conversaciones con Lorena, donde siempre terminábamos entendiendo el mundo un poquito menos.

Quiero agradecer también a mi familia de Valdivia, a la Noe y la Anita por darme su presencia e implacable amistad. Ser amigo de ellas es por lo que me siento muy orgulloso. Agradecer también a mi compadre Bravo, por no presionarme para terminar la tesis, por enseñarme nuevos puntos de vista y por las productivas charlas perdidos en algún bar de Valdivia. Me gustaría escribirle a cada uno de mis amig@s lo importante que han sido en mi periodo académico, pero como ven la hoja se acaba, por ahora tendré que resumir agradeciendo a Jessica, María Paz, Peñaloza, Yovi, José Luis, Aizman, Paúl Dassori, Paulina Rojas, Héctor, Morales, Pili, Pame, Maripo, Carlos Bustos, Andrea Ríos, Michi, Claudia, Juta y a tod@s los que he tenido el gusto de conocer en los hermosos rincones de esta ciudad.

Quiero agradecer a Roxana, Jaque y Marcos por acogerme en su agradable casa. Además a toda la gente del Honors, CONECIF, IFSA y ALECIF, por luchar y reflexionar siempre por un mundo mejor. A Carlos Castillo por su amistad, las buenas charlas en torno al mate y por el invaluable apoyo en la elaboración de este trabajo, como también a Paúl Szejner, Rubén, Fabián, CONAF y a los encuestados del sector de Palguín por acogerme en sus casas y compartir su conocimiento. A las enseñanzas de la hermosa gente del Laboratorio de Dendrocronología al Emilio, Paz, Nati, Claudio, Duncan, Jonathan, Mabel, a Verito y Alejandra por las infinitas veces que me ayudaron y por poner el corazón en lo que hacen. Llevaré tatuada en mi memoria a la gente del Hogar Huacho Copihue especialmente a mis amigos Jano, Cristian, Lucho y Gordito, guardianes de hermosos momentos en ese lugar. Agradezco enormemente a los familiares de Cristian Días por recibirme los primeros días que llegué a Valdivia sólo con una mochila en la mano. A la gente de la DAE, por amortiguar reiteradas veces las garras financieras de la universidad.

Agradezco conocer a Silvina por el enorme amor y fuerzas que me transmite, por enseñarme como hacer un rico mate, gran compañero de mis momentos en soledad.

Por último quisiera agradecer a la profesora María Eugenia Solari, Carlos Le Quesne y Alexia Wolodarsky por su entusiasmo y comentarios para este trabajo, particularmente agradezco a Mauro González por darme su permanente confianza, apoyo, consejos y especialmente su amistad, cosas que aportan positivamente en mi formación profesional y personal.

*Dedicado a mis padres, Filomena del Carmen y Juan Raúl*

*“Vosotros sois el arco desde el que vuestros hijos,  
como flechas vivientes, son impulsados hacia delante”*

*Gilbrán Jalil Gilbrán*

## ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	3
2.1 Antecedentes generales de <i>Araucaria araucana</i>	3
2.1.1 Distribución geográfica	3
2.1.2 Asociaciones vegetales en bosques de <i>A. araucana</i>	4
2.1.3 Asociaciones vegetales en el Parque Nacional Villarrica	4
2.1.4 Autoecología de <i>Araucaria araucana</i> .	6
2.1.5 Dinámica post-incendio de los bosques de <i>Araucaria-Nothofagus</i>	6
2.2 Datación de incendios en dendrocronología	7
2.3 Estudios en historia de incendios	9
2.4 Historia ecológica	10
2.5 Posibles procesos históricos influyentes en el régimen de fuego en bosques de <i>Araucaria-Nothofagus</i> del Parque Nacional Villarrica	11
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	15
3.1 Área de estudio	15
3.1.1 Ubicación geográfica	15
3.1.2 Clima	16
3.2 Colecta de muestras	16
3.2.1 Tarugos	16
3.2.2 Cicatrices de fuego	16
3.3 Procesamiento de muestras	17
3.4 Conteo y fechado de incendios	18
3.5 Medición de anillos	18
3.6 Cofechado y desarrollo de la cronología de ancho de anillos	18
3.7 Estadísticos de intervalo de fuego	19
3.8 Recopilación de antecedentes históricos	20
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	21
4.1 Antecedentes generales de las cronologías de incendios	21
4.2 Cronologías de incendios	22
4.3 Análisis estadísticos de intervalos de fuego	25
4.3.1 Análisis del intervalo de fuego compuesto	25
4.3.2 Análisis del intervalo de fuego puntual	26

4.4	Antecedentes históricos orales de la influencia humana en el régimen temporal de incendios	28
4.4.1	Procesos de ocupación de la tierra y explotación de bosques	28
4.4.2	Incendios forestales	30
4.4.3	Uso cultural del fuego	32
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	33
5.1	Régimen temporal de incendios	33
5.2	Influencia humana en el régimen temporal de incendios	35
6.	Conclusiones	37
7.	BIBLIOGRAFÍA	38
	ANEXOS	
1	<i>Abstract and Key words</i>	
2	Mapa histórico	
3	Fragmentos de entrevistas sobre explotación de bosques	
4	Fotografías con señales de incendios en los sitios de estudio y cicatrices por daño antrópico en fustes	
5	Cronología de incendios del área de Quillelhue, PNV (González <i>et al.</i> , 2005)	

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Información general de las cronologías de incendios en el PNV	21
Cuadro 2. Estadísticos de la cronología de incendios separados por sitios y por periodos de análisis	25
Cuadro 3. Intervalos medios de fuegos puntuales de la cronología de incendios separados por sitios y por periodos de análisis	27
Cuadro 4. Fragmentos de entrevistas con información de la colonización del sector de Palguín	28
Cuadro 5. Fragmentos de entrevistas sobre incendios forestales del sector de Palguín	30
Cuadro 6. Fragmentos de entrevistas con información sobre el uso del fuego en el sector de Palguín	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Distribución geográfica del Tipo forestal Araucaria en Chile	3
Figura 2. Sección transversal de una cicatriz de <i>A. araucana</i> con tres marcas de incendio y sus correspondientes callos de cicatrización	8
Figura 3. Ubicación geográfica de los sitios de estudios y árboles muestreados, junto con lugares históricos relevantes en el sector de Quetrupillán del Parque Nacional Villarrica	15
Figura 4. Esquema de extracción de cicatrices de fuego a través de secciones transversales	17
Figura 5. Cronología de incendios para el sitio Chinay (SCH)	22
Figura 6. Cronología de incendios para el sitio Los Venados (SVE)	23
Figura 7. Cronología de incendios para ambos sitios	24

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo de titulación se desarrolló una reconstrucción histórica de incendios en bosques de *Araucaria-Nothofagus*, en los sitios de Chinay y Los Venados del sector de Quetrupillán en el Parque Nacional Villarrica, Chile. Conjuntamente se analizó la influencia histórica del ser humano en los patrones temporales de ocurrencia de estos eventos.

Se reconstruyó una cronología de incendios aplicando métodos dendrocronológicos, en base a secciones transversales extraídas de los fustes de individuos de *A. araucana*. Las marcas de incendio fueron fechadas con el programa COFECHA, asignando un año calendario a cada anillo de crecimiento. La representación gráfica y los cálculos de estadísticos se realizaron con el programa FHX2. Para una interpretación más integral de los datos, se reconstruyó parte de la historia ecológica del lugar, por medio de antecedentes orales de lugareños del sector de Palguín y el análisis de bibliografía histórica disponible.

El fuego ha estado presente en el sector de Quetrupillán desde al menos el año 1531, lo que señala la importancia de estos eventos para los bosques de *Araucaria-Nothofagus*. Para el sitio de Chinay y Los Venados, el IMF fue de aproximadamente 10 años para los últimos 250 años (1750-1882), considerando todas las series. La comparación del periodo indígena con el periodo de la colonización euro-chilena no presentó diferencias significativas, pero sí una disminución del IMF en el último periodo, para ambos sitios. Esto estaría indicando que las comunidades indígenas han sido también un factor importante en el régimen de incendios de estos bosques, asociado a la crianza y al movimiento de ganado, antes de la colonización de la región en el año 1883.

El establecimiento del parque (1940) y la aplicación de políticas más efectivas de prevención y combate por parte de CONAF (desde 1970), han resultado en una disminución de la ocurrencia de incendios durante la segunda mitad del siglo XX. Esto queda evidenciado en la memoria de los entrevistados y en la menor ocurrencia de incendios con posterioridad al año 1943.

Palabras claves: Bosques de *Araucaria-Nothofagus*, dendrocronología, régimen de incendios, historia ecológica, registros orales.

## 1. INTRODUCCIÓN

La disciplina que permite una ventana de información hacia el pasado, y que muestra posibles anomalías en eventos ambientales, es la dendrocronología. Esta técnica utiliza como *proxy* los anillos de los árboles, los cuales presentan una continuidad anual en bosques templados, como los presentes en Chile. La estructura de los anillos permite el registro de los procesos físicos y biológicos de los individuos (Fritts, 1976).

Uno de los métodos dendrocronológicos usados para el fechado y reconstrucción de regímenes de disturbios, es la datación por cicatrices en muestras de madera (series dendrocronológicas). Eventos como el fuego que provocan abrasión, son factibles de detectar con este método, a través de marcas discretas producidas en los anillos de los árboles (Kitzberger *et al.*, 2000). *Araucaria araucana* (Mol.) K. Koch ofrece un gran potencial de registro, al ser capaz de resistir incendios de baja y mediana intensidad, además de permitir un amplio análisis temporal, por ser una especie longeva.

Los bosques de esta especie se encuentran mayoritariamente en los sectores cordilleranos andinos de la IX Región de la Araucanía, donde los seres humanos han sido un factor fundamental en las alteraciones producidas en estos ecosistemas, especialmente en el periodo de colonización euro-chilena, derivado de la habilitación de terrenos para la explotación de los recursos naturales.

A la luz del impacto del ser humano en el ecosistema, surge recientemente un nuevo enfoque, denominado “historia ecológica”, que incluye dentro del estudio de la “historia del ser humano” (tradicionalmente contada al margen de los acontecimientos ambientales) la transformación histórica del medioambiente y la sociedad (Ramírez, 1996). Esta disciplina encuentra su mayor riqueza en donde los humanos y la vegetación se relacionan (Worster, 1989), como lo ha sido, en diferentes intensidades, las áreas de bosques cordilleranos de la IX Región de la Araucanía.

Bajo esta perspectiva, el ser humano se ha convertido en un actor fundamental en el ecosistema, resultando de vital importancia rescatar las historias socioculturales relacionadas con los bosques. Para este fin, es posible usar documentación histórica e información oral, que permite interpretar de una manera más integral los datos que entrega la dendrocronología.

Por lo anterior, este trabajo tiene como objetivo general:

- Reconstruir la historia de incendios en bosques de *Araucaria-Nothofagus*, analizando el rol del ser humano en los patrones temporales de ocurrencia, en el sector Quetrupillán del Parque Nacional Villarrica (PNV), IX Región de la Araucanía.

Conjuntamente, los objetivos específicos son:

- Reconstruir el régimen temporal de ocurrencia de incendios, en el sector de Quetrupillán.
- Analizar la vinculación e influencia histórica del ser humano en los patrones temporales de la ocurrencia de incendios, en el área de estudio.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes generales de *Araucaria araucana*

#### 2.1.1 Distribución geográfica

La familia *Araucariaceae* tiene como única especie representante en el país a *A. araucana*, endémica de los bosques templados de Sudamérica (Donoso, 1998). Las formaciones boscosas en donde participa esta especie toman el nombre de “Tipo forestal Araucaria” (Donoso, 1998), cubriendo actualmente una superficie de 261.073 ha en Chile (CONAF *et al.*, 1997) y 180.000 ha en Argentina (Lara *et al.* 1999). En la figura 1 se aprecia la distribución del Tipo Forestal Araucaria en Chile. El 97% de esta población se ubica en la Cordillera de los Andes, desde el volcán Antuco ubicado en el sur de la Región del Bío Bío (37°27'S), hasta el sur del volcán Quetupillán, ubicado al norte de la Región de los Ríos (39°40'S), entre altitudes de 900 a 1.700 m s.n.m (Donoso, 1998; Hechenleitner *et al.*, 2005; González *et al.*, 2006). Su distribución más austral es en las cercanías del lago Lolog (40°03'S) por la vertiente oriental Argentina de la Cordillera de los Andes (Donoso, 1998). Otra población relativamente pequeña se encuentra en la Cordillera de la Costa en Nahuelbuta (entre los 37°40'S y 37°50'S) desde los 850 hasta los 1.400 m s.n.m., y un sector más al sur, bajo y aislado, conocido como Villa las Araucarias (38°26'S a 38°29'S) a una altitud de 600 m s.n.m. (Donoso, 1998).

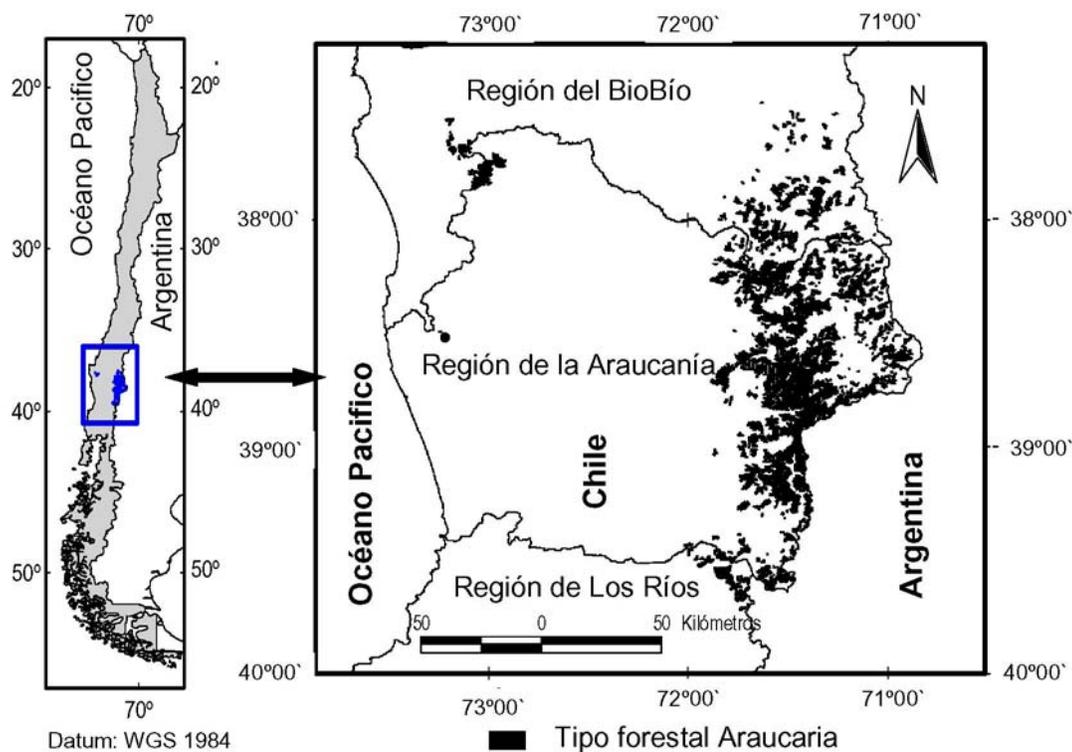


Figura 1. Distribución geográfica del Tipo forestal Araucaria en Chile (mapa elaborado en base a CONAF *et al.*, 1997).

### 2.1.2 Asociaciones vegetales en bosques de *A. araucana*

En la Cordillera de los Andes *A. araucana* limita con las nieves eternas, formando bosques en el límite de la vegetación arbórea. En algunos sectores, poblaciones de esta especie se conectan entre las dos vertientes de la Cordillera, por valles andinos o constituyendo poblaciones discontinuas. En los sectores bajos del rango altitudinal y por el lado chileno se asocia generalmente con *Nothofagus pumilio*, mientras que en valles de mayor altitud con *Nothofagus antarctica*. Estos bosques limitan en la parte inferior de su altitud con los tipos forestales Roble-Raulí-Coigüe y Coigüe-Raulí-Tepa, normalmente asociado con *N. dombeyi* (Donoso, 1998).

En la Cordillera de la Costa a mayor altitud *A. araucana* se asocia con *N. pumilio* y con *Nothofagus dombeyi*. En altitudes inferiores, se asocia con *N. alpina* y *Nothofagus obliqua* (Donoso, 1998). Además de las especies del género *Nothofagus*, se asocia con especies como *Drimys winteri*, *Saxegothaea conspicua*, *Eucryphia cordifolia*, *Weinmannia trichosperma* y ocasionalmente *Laurelia sempervirens* o *Laurelia philippiana* (Donoso, 1998).

Dentro de su distribución en Argentina *A. araucana* se asocia con *Austrocedrus chilensis*, cubriendo una superficie de 5.800 ha (Donoso *et al.*, 2006). Forman bosques mixtos en sitios secos y lugares rocosos o en sectores más húmedos, como los cercanos a cursos de agua, comunes en el ecotono de bosques méxicos y la estepa patagónica (González *et al.*, 2006). Al ir avanzando al este, *A. araucana* forma pequeños bosquetes o se presenta como individuos aislados, perdiéndose hacia la estepa patagónica (Donoso, 1998).

### 2.1.3 Asociaciones vegetales en el Parque Nacional Villarrica

Finckh (1995) realizó un análisis detallado de las comunidades boscosas del PNV, dividiéndolas en bosques siempreverdes (asociación de especies con hojas caducas y perennes), de *N. pumilio* y achaparrados de *N. antarctica*. La primera incluye asociaciones de *N. obliqua*, *L. sempervirens* con *Persea lingue* y de *N. dombeyi*, *N. alpina*, *Laureliopsis philippiana* con *D. diacanthoides*, siendo las especies de *Nothofagus* dominantes en el dosel superior, mientras que en los estratos medios e inferiores dominan especies siempreverdes, de ahí el nombre de la clasificación. En los bosques de *N. alpina*, esta especie domina junto con *L. philippiana* y *N. dombeyi*, mientras que en el estrato inferior se encuentran individuos de *D. diacanthoides* y *S. conspicua*. Otras asociaciones se dan entre *N. dombeyi* y *E. cordifolia*, hallándose solamente un bosquete fuera de los límites actuales del parque en las proximidades de la entrada al sector de Rucapillán (Figura 3), aquí domina *N. dombeyi* junto con *L. philippiana*, encontrándose *E. cordifolia* principalmente en depresiones y microcuencas. El sotobosque de estas asociaciones es dominado por *Chusquea culeou*.

Los bosques de *N. pumilio* descritos por Finckh (1995) son cuatro, de los cuales tres comparten sitio con *A. araucana*, por lo tanto pertenecientes al Tipo Forestal

Araucaria (Donoso, 1998). En el primero, *N. dombeyi* domina el dosel superior junto con *A. araucana*, *N. pumilio* y en el estrato secundario domina *S. conspicua*. En el sotobosque predomina *C. culeou* junto a arbustos de *Azara lanceolata*, *Fuchsia magellanica*, *Berberis linearifolia* y *Desfontaina spinosa*. Dentro del parque los bosques de este tipo se encuentran al lado sur del paso entre los volcanes Villarrica y Quetrupillán, en la vertiente noroeste del primero, en algunas áreas del Valle de Chinay en el sector de Quetrupillán (Figura 3). La segunda asociación presenta más individuos de *N. pumilio* y *A. araucana*, también se ven con más vigor especies subandinas como *Aristotelia chilensis*, *Viola reichei*, y *Maytenus disticha*, además de individuos de *Gaultheria phillyreifolia* y *Myrceugenia chrysocarpa*, desapareciendo las especies de origen valdiviano, como los arbustos y *S. conspicua*. Esta agrupación se encuentra al noroeste del volcán Villarrica, al oeste del Quetrupillán, en la parte sur del Valle Momolluco y al sur de la Cordillera el Mocho en altitudes que varían entre los 1.100 a 1.300 m s.n.m. Una tercera asociación, ubicada en el borde superior de los bosques descritos anteriormente, son los bosques dominados por *N. pumilio* y *A. araucana* (Luebert y Pliscoff, 2006), donde estas especies sobrepasan los 25 m de altura. El sotobosque está dominado por *C. culeou* junto con especies como *Ovidia andina*, *Escallonia alpina*, *Myrceugenia chrysocarpa* o *Berberis linearifolia*. Alguno de los sectores en donde se distribuye esta asociación son la vertiente oeste del volcán Villarrica, alrededor del sector de Quetrupillán (Figura 3) y al noroeste del volcán Lanín. Una cuarta asociación corresponde a bosques puros de *N. pumilio* con abundante sotobosque, ubicados al norte del mismo volcán.

Las asociaciones donde domina *N. antarctica* se encuentran al noreste del volcán Lanín entre los 1.150 a 1.300 m s.n.m. y en el valle de Chinay, que se caracterizan por la forma arbustiva de *N. antarctica*. El sotobosque se compone por especies de *Calandrinia gayana*, *Hippeastrum andicola* y *Senecio baccharidifolius*. En sectores de fondo de valle con suelos más profundos, entre los 1.000 a 1.200 m s.n.m., como los valles de Chinay, Momolluco y Puesco, se presentan bosques más altos con especies acompañantes como *Fragaria chiloensis*, *Baccharis magellanica*, *Hypoccharis gayana*, *Chloraea magellanica* y *Misodendron linearifolium*. En estos dos sectores *A. araucana* coloniza especialmente en lugares más húmedos. Otras asociaciones se encuentran en lugares muy húmedos de los valles de Puesco y Momolluco. En las lagunas Huenfuica y Pérdida, existen además formaciones ribereñas.

Otra asociación importante de destacar, son los grupos aislados de *A. araucana* sobre el límite actual de los bosques, que se encuentran en la vertiente sur y sureste del volcán Villarrica a unos 1.400 m s.n.m. En el sotobosque se encuentran especies típicas de la estepa andina (Finckh, 1995).

#### 2.1.4 Autoecología de *Araucaria araucana*

*Araucaria araucana* es una especie dioica y ocasionalmente monoica. Los ciclos de producción de semillas son cada dos años, dispersándose entre marzo y abril. Un cono femenino puede producir hasta 300 semillas. Los árboles adultos tienen forma de paraguas, de copa alta y sin ramas bajas, pudiendo llegar a una altura de más de 40 m y un diámetro de fuste de 2 m. Los individuos jóvenes son más piramidales y con ramas hasta el suelo. Sus hojas en forma de escamas son perennes, de color verde oscuro, coriáceas, de forma oval-lanceoladas, base ancha, ápice agudo e imbricadas, de disposición espiralada alrededor de la rama (González *et al.*, 2006).

Otras características autoecológicas de esta especie, que le permiten resistir incendios de baja y mediana intensidad, son su gruesa corteza (pudiendo llegar a 20 cm de espesor en individuos adultos), sus rebrotes vegetativos, su follaje grueso (Burns, 1993) y conos femeninos capaces de proteger del fuego a las semillas (González *et al.* 2006).

Los individuos de esta especie que sobreviven y se establecen luego de un incendio, se transforman en buenos registradores dendrocronológicos de estos disturbios. Además, debido a su gran longevidad (mayor a 1.000 años), se pueden obtener datos de gran amplitud temporal (González *et al.*, 2005).

#### 2.1.5 Dinámica post-incendio de los bosques de *Araucaria-Nothofagus*

Referido a la dinámica y su relación con los incendios, Burns (1993) menciona la aparente dependencia del fuego de los bosques de *Araucaria-Nothofagus* en el sector Argentino. Luego de un incendio y de la posterior invasión de *N. antarctica*, la conífera logra establecerse a partir de semillas de individuos sobrevivientes al incendio. La regeneración de *A. araucana* se mantiene viva el tiempo suficiente bajo el dosel, esperando la creación de claros por la especie pionera (de ciclo de vida más corto). Este autor menciona la relevancia que tiene la frecuencia e intensidad de los incendios, para la estructura de los bosques.

Otro tipo de coexistencia parece ocurrir entre asociaciones vegetales de *A. araucana* con *N. pumilio* y/o *N. dombeyi*, presentes en el PNV, donde eventos con aperturas masivas de dosel, como los provocados por incendios, permiten la colonización de especies intolerantes a la sombra del género *Nothofagus* (Donoso, 1998; González *et al.*, 2005). Bajo este dosel coetáneo, y al igual que en las asociaciones con *N. antarctica*, *A. araucana* accede al estrato superior luego de múltiples episodios de liberación producidos por la formación de claros. Lo anterior conduce a bosques con estructura multietánea de individuos de *A. araucana* (Veblen, 1982; Veblen *et al.*, 1995).

Cuando *A. araucana* comparten sitio mayoritariamente con individuos de *N. antarctica* y/o *N. alpina* la regeneración masiva de los *Nothofagus* se presenta principalmente en forma de “monte bajo” (regeneración por rebrotes de fustes y/o de

raíces) (Donoso, 1990). En cambio, si el sitio es ocupado por árboles de *N. dombeyi* y/o *N. pumilio*, la regeneración se presenta en forma de “monte alto” (regeneración por semillas) (Donoso, 1990).

## 2.2 Datación de incendios en dendrocronología

Los disturbios como los incendios forestales de mediana y alta intensidad, que causan la apertura del dosel, se pueden datar tradicionalmente de dos formas. La primera, por medio de los efectos morfológicos que dejan estos eventos en los anillos de crecimiento de los árboles sobrevivientes y el segundo, mediante el análisis demográfico de los individuos que se establecen (post disturbio) y los que mueren en el evento (Kitzberger *et al.* 2000). En este último caso es posible datar incendios mediante el cofechado del último anillo de crecimiento formado, antes de morir a causa del incendio. Este método presenta limitaciones si el incendio fue de intensidad alta, pues los árboles muertos en pie o troncos caídos, pueden estar parcialmente consumidos por el incendio, disminuyendo o eliminando el material para el trabajo dendrocronológico. Otra desventaja, es que especies de poca durabilidad natural (Kitzberger *et al.* 2000) como *A. araucana*, se degradan rápidamente después de morir (Pérez, 1983).

Las especies del género *Nothofagus* son capaces de establecerse masivamente post-incendio, formando parches coetáneos (Donoso, 1998; González, 2002; Kitzberger *et al.*, 2000). La dendrocronología se vale de este acontecimiento demográfico para poder datar los incendios, por medio de la obtención de tarugos de incremento de los árboles establecidos. Las muestras deben ser extraídas lo más cercano a la medula y la superficie del suelo, con el fin de obtener el primer anillo formado por el árbol al llegar al área (Kitzberger *et al.* 2000). Este método presenta limitaciones, pues el establecimiento ocurre paulatinamente, dificultando la obtención del año exacto en que ocurre el evento. Esta colonización depende de la habilidad competitiva de las especies, de la accesibilidad y las condiciones del lugar (como sustrato y topografía), además de las condiciones climáticas (Donoso, 1998). Así, el método puede ser un indicador aproximado de la fecha de incendio (Kitzberger *et al.* 2000).

Uno de los efectos fisiológicos que causan los incendios en los árboles sobrevivientes, son los cambios sincrónicos abruptos en el crecimiento radial de los anillos de los árboles, expresados en supresiones y liberaciones (Kitzberger *et al.*, 2000). La desventaja de estos métodos, es que los individuos arbóreos pueden reaccionar de forma parecida a otros eventos, como por ejemplo, las liberaciones de competencia al caer árboles vecinos o por la ocurrencia de periodos prolongados de condiciones climáticas favorables.

Referido a lo anterior, *A. araucana* a edades juveniles y luego de la ocurrencia de un incendio, ha demostrado tener incrementos significativos en el ancho de anillos, debido a la liberación de competencia (principalmente de *Nothofagus*). Una vez que

*A. araucana* sobrepasa el estado juvenil y se torna más resistente al fuego, deja de mostrar crecimientos sustanciales (Burns, 1993).

Otra forma de datar incendios, es a través de secciones transversales, extraídas de la base de los árboles sobrevivientes afectados por incendios (Arno y Sneck, 1977; Kitzberger *et al.*, 2000). El fuego causa en los árboles la muerte parcial del cambium. En la madera se producen marcas discretas en los anillos de crecimiento, y la consiguiente formación de callos de cicatrización (Figura 2) (Arno y Sneck, 1977; Kitzberger *et al.*, 2000; Villalba, 2000). Este método permite incluso determinar la estación en que se produjo el incendio, por la ubicación de la marca dentro del anillo afectado (Kitzberger *et al.*, 2000). Este método es factible de aplicar en muchas coníferas del hemisferio norte con anillos de crecimiento claramente definidos y de mayor tamaño (Grissino-Mayer *et al.*, 2004; Huffman *et al.*, 2004).

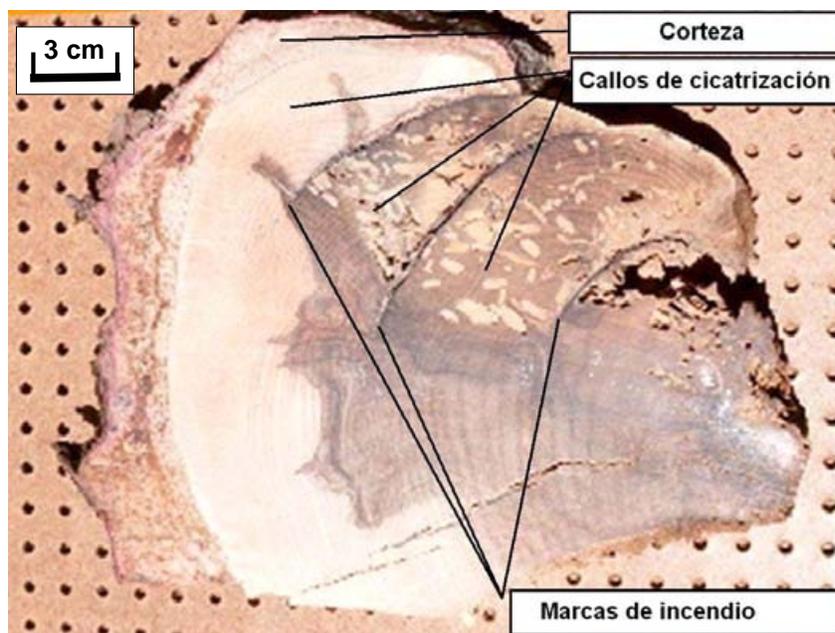


Figura 2. Sección transversal de una cicatriz de *A. araucana* con tres marcas de incendio y sus correspondientes callos de cicatrización (González, 2005).

Las cicatrices pueden provenir de dos fuentes fundamentales: árboles vivos y de tocones de árboles muertos o caídos (Kitzberger *et al.*, 2000). Cuando la data de muerte de *A. araucana* es avanzada, la pudrición del individuo no permite obtener secciones transversales útiles para su fechado.

Una vez que el árbol ha sido afectado por un incendio, se convierte en árbol registrador al quedar más vulnerable a ser afectado por eventos posteriores, ya que en el lugar de la cicatrización la corteza es más delgada (Agee, 1993). Esto facilita la formación de cicatrices múltiples (Figura 2), entregando mayor información sobre el régimen de incendios de un lugar.

Una de las limitaciones de este método resulta de la pérdida de información a través del tiempo, a causa de incendios sucesivos, que eliminan la evidencia de incendios pasados (Kitzberger *et al.*, 2000). Otra desventaja es que los árboles y los bosques, durante su desarrollo, presentan diferentes estados de sensibilidad en torno al fuego, dado lo cual, no registran todos los incendios ocurridos. Por estas razones Kitzberger *et al.* (2000) comentan que las “cicatrices generalmente son usadas como índice de ocurrencia de incendios y no como registros completos de historia de fuegos”.

### 2.3 Estudios en historia de incendios

Estudios basados en la reconstrucción de historia de incendios a través de métodos dendrocronológicos, han demostrado la relevancia de los incendios en algunos ecosistemas boscosos del centro-sur de Chile (Lara *et al.* 1999; Urrutia, 2000; González *et al.*, 2005; Bustos, 2007; Palma, 2007). Estos antecedentes han resultado relevantes para el manejo y restauración de los mismos (González, 2005; González y Veblen, 2007).

González *et al.* (2005) analizan la influencia temporal (para los últimos 500 años) y espacial de los incendios en bosques de *Araucaria-Nothofagus* en el sitio Quillehue del PNV, en el sector de Puesco. La metodología ocupada fue una combinación de muestras (series) de cicatrices de incendio y tarugos de incremento, con el objetivo de obtener la frecuencia de incendios, severidad y extensión espacial de las áreas quemadas. En los análisis estadísticos se ocuparon filtros, para clasificar incendios en diferentes severidades. Se comparó además diferentes periodos de influencia humana, delimitados entre los años 1696 a 1882 nombrado como periodo indígena y entre los años 1883 al 2000 señalado como periodo de la colonización euro-chilenas. Esta comparación arrojó evidencia del aumento en la frecuencia de incendios en el último periodo, vinculado a la influencia humana. Al encontrarse en *A. araucana* un incendio ocurrido hace más de 500 años atrás y a un individuo con 17 fechas de incendio, se destaca el potencial de esta especie para estudios de este tipo.

Otro estudio de la historia de incendios que incluyó cicatrices y tarugos de incremento es el realizado por Palma (2007) en bosques de *N. dombeyi* y *N. nervosa*, adyacentes a los de *Araucaria-Nothofagus*, en el Parque Nacional Tolhuaca (PNT). En el lugar se muestrearon cuatro zonas aledañas a la Laguna Malleco para caracterizar el patrón temporal y espacial de la historia de incendios. La amplitud temporal fue de 320 años, desde el año 1685 hasta el 2005, con una presencia de nueve fechas de incendio, siendo la más antigua en el año 1762 y la más actual el año 2001 (producto del incendio en febrero del año 2002). Al igual que en el estudio de González *et al.* (2005) la menor amplitud temporal y la escasez de cicatrices múltiples en los *Nothofagus*, se debe a la poca resistencia a incendios de mediana a alta intensidad de éstos, además de la abundante pudrición basal de *N. dombeyi*. El análisis estadístico arrojó un Intervalo Medio de Fuego (IMF) de 27 años, para todos los incendios, y de 48 años para los más severos. Con el análisis del establecimiento de rodales, se observó el rol del fuego en la formación de mosaicos boscosos en el

paisaje. La presencia de incendios recientes, pudiese tener vinculación con el establecimiento de colonos en las cercanías, como también a la ocurrencia natural.

Otra reconstrucción de la historia de incendios es la realizada por Lara *et al.* (1999) y Lara *et al.* (2000) en la Cordillera de la Costa, para bosques de *Fitzroya cupressoides* en dos sitios situados en la Cordillera Pelada. De un análisis de 14 muestras se obtuvo 8 fechas de incendio, siendo la más antigua del año 1364 y la más actual de 1943. Los resultados de estructura de edades arrojaron la presencia de bosques coetáneos producto de los incendios. En otro estudio con esta misma especie ubicado en el Parque Nacional Chiloé (PNCh) en el área de Abtao se encontró 7 fechas de incendio ( $n = 10$  cuñas), siendo la más actual en el año 1868 y la más antigua registrada en estos bosques en el año 1111 (Urrutia, 2000). Los incendios ocurridos desde el siglo XIX en adelante se relacionan con la fuerte presión antrópica, producto de la colonización europea, y los más antiguos fueron producidos posiblemente por poblaciones huilliches o tormentas eléctricas (Lara *et al.*, 1999; Lara *et al.*, 2000; Urrutia, 2000).

*Austrocedrus chilensis* es otra conífera de gran potencial dendrocronológico. Bustos, (2007) en base a 27 series con cicatrices, tarugos de incrementos, revisión bibliográfica histórica y entrevistas semi-estructuradas, explora las relaciones de los factores antropogénicos con la frecuencia de incendios en bosques de esta especie, ubicados en cuenca del río Cachapoal en la cordillera andina de la VI Región. En este estudio se encontró una fuerte relación entre las actividades humanas y la frecuencia de incendios, ligada al uso de los recursos del sector. También resulta relevante el aporte entregado por los entrevistados que gozaban del conocimiento y experiencia histórica del sector. Otros estudios en esta misma especie, desarrollados en el norte de la patagonia Argentina, vinculan el rol del ser humano y la variación climática con la historia de incendios (Kitzberger *et al.*, 1997; Veblen *et al.*, 1999; Kitzberger *et al.*, 2001; Veblen and Kitzberger, 2002; Kitzberger and Veblen, 2003; Veblen *et al.*, 2003).

## 2.4 Historia ecológica

La historia tradicional se ha desarrollado como una disciplina enfatizada en las relaciones sociales entre los seres humanos, enfocándose principalmente a las actividades políticas y económicas. Con este enfoque, las acciones humanas que se expresan en el medio ambiente y viceversa, son meramente descriptivas y al margen de hechos silenciosos, casi imperceptibles y más profundos, cuya información no ha sido analizada y muchas veces tampoco registrada en la historia (Ramírez, 1996). Algunas de estas acciones son la desertificación, la deforestación, la extracción de los recursos del bosque y las alteraciones en los regímenes de incendios. Existe entonces, información insuficiente que permita entender las interacciones entre las personas con los ecosistemas naturales y su vinculación con las problemáticas ambientales presentes.

A raíz de esto, surge la necesidad de combinar las ciencias naturales y la historia (Worster, 1989; Camus, 2006), constituyendo un trabajo transdisciplinario, que permita entender los errores ambientales pasados y mejorar decisiones del presente minimizando los riesgos (Ramírez, 1996). Es aquí donde el concepto de “historia ambiental” se acuña y cuyo eje central es el estudio de la interacciones entre la especie humana y su entorno natural (Worster, 1989).

La reconstrucción de paisajes del pasado es relevante para poder entender como éstos ecosistemas funcionaban antes de que las sociedades humanas los reorganizaran, y como fueron cambiando hasta la actualidad (Worster, 1989).

La ecología vegetal es la disciplina que ofrece mayor ayuda para estudiar las interacciones entre los organismos y su medio ambiente, ya que esta ciencia se preocupa del origen, dispersión y organización de las plantas. Dentro del desarrollo histórico de los humanos, las especies vegetales han sido un factor importante en conceptos de alimentación, medicamentos y resguardo ante la naturaleza, posicionando a la ecología de las plantas como una base fundamental de la historia ambiental (Worster, 1989).

Diversas opiniones surgen sobre la historia ambiental, pudiendo llegar incluso a nombrarse de diversas maneras. El nombre adquirido estará influenciado por el énfasis que se le pretende dar al estudio. De esta forma, los ecólogos que estudian el ambiente como un sistema, lo denominaran historia ecológica cuando en sus análisis incorporan a los seres humanos (Meléndez, 2002). El presente estudio, en base a métodos dendrocronológicos, reconstruye la historia de incendios e intenta explicar sus variaciones temporales al incluir en el análisis la influencia humana, adquiriendo una connotación de historia ecológica.

## **2.5 Posibles procesos históricos influyentes en el régimen de fuego en bosques de *Araucaria-Nothofagus* del Parque Nacional Villarrica**

En la Araucanía se han datado arqueológicamente dos complejos cerámicos (Vega, 2006). El primero, nombrado Pitrén, se habría desarrollado aproximadamente entre el año 400 y 1100 d.C. Estos asentamientos humanos basaban su economía principalmente en la recolección y la caza (Quiroz, 2001), sin descartarse actividades agrícolas incipientes (Vega, 2006). El segundo complejo, denominado El Vergel, se superpone al anterior, desarrollándose alrededor del año 1000 y 1500 d.C., en las cercanías de Angol hacia el sector de Arauco (Quiroz, 2001; Vega, 2006). En éste se aprecia un mayor desarrollo de la agricultura y domesticación de camélidos como *Lama guanicoe* (guanaco) (Quiroz, 2001; Vega, 2006).

Los sitios arqueológicos vinculados al PNV se ubican en los alrededores del lago Calafquén, al suroeste del parque. Dichos sitios están asociados al complejo Pitrén y representan la más antigua ocupación agroalfarera en el sur de Chile, datada en el año 660 d.C. (Vega, 2006). Otro sitio arqueológico relevante es el ubicado en el sector alto de Curarrehue a 1,5 km del lago Hualalafquén, en la Reserva Nacional

Villarrica (RNV), datado entre los años 680 y 1320 d.C. (Vega, 2006). Los antecedentes encontrados en estos sitios estarían indicando una tradición cultural cordillerana en altura.

Posteriormente, a través de las crónicas dejadas por los primeros españoles que exploraron el centro-sur de Chile, se ha podido saber más de la población indígena, estimándose una alta densidad de habitantes, principalmente mapuche, hacia el sur del río Bío Bío (Bengoa, 2003). Estas poblaciones presentaban una avanzada adaptación al medio, demostrada por la presencia de cultivos de maíz, papas, quinoa, ají, como también el manejo de ganadería de la alpaca y la llama, la recolección de frutos silvestres y pesca (Torrejón y Cisternas, 2003; Bengoa, 2003). La agricultura se basaba en una intensiva ocupación de sectores húmedos y preferentemente bajos y otra ocupación más extensiva en los cerros. En este último caso, se realizaban quemadas y tala de algunos sectores con bosque, que luego de agotado el suelo, se movilizaban a otro lugar (Aldunate y Villagrán, 1991; Otero, 2006).

Si bien se aprecia una variada utilización de los recursos, cobraban diferente importancia según el área biogeográfica en donde se encontraban distribuidos sus habitantes. De estas áreas se distinguen en un corte Oeste-Este, el *lafken mapu* entre la Cordillera de la Costa y el Océano Pacífico, el *lelfun mapu* que comprende el Valle Central y el *inapire mapu* referido a la Cordillera de los Andes (Aldunate y Villagrán, 1991).

La población indígena que se encuentra ligada al PNV es la ubicada en el *inapire mapu*, que presenta un fuerte vínculo con los bosques de *A. araucana*, conformándose un subgrupo de la población mapuche llamado pewenche que significa “gente de la araucaria”. Esta población basaba su economía mayormente en la recolección y la caza (Aldunate y Villagrán, 1991). La primera actividad denota una influencia estacional en los bosques de Araucaria, vinculada al piñoneo (recolección de la semilla de *A. araucana*), donde a fines de verano familias completas se trasladaban, desde los asentamientos ubicados en sectores bajos hacia los bosques de Araucaria de mayor altitud, volviendo en la época de las primeras nevazones (Aldunate y Villagrán, 1991). El PNV presenta abundancia de esta semilla, producto de lo extenso de sus bosques (Aldunate y Villagrán, 1991), en especial el sector de Quetrupillán, donde la actividad de recolección perdura hasta estos días (Vega, 2006).

Con la llegada de los españoles, el primer asentamiento hispano permanente en la Araucanía fue Concepción del Nuevo Extremo, fundado el año 1550 por Pedro de Valdivia (hecho que da comienzo al periodo colonial). Posteriormente se funda la ciudad de Villarrica por Gerónimo de Alderete, el año 1552 (González, 1986). Debido a estos y otros asentamientos hispanos, la utilización de los recursos naturales se fue modificando paulatinamente en la Araucanía, fundamentalmente por la introducción del modelo agropecuario hispano mediterráneo (Torrejón y Cisternas, 2002).

Hacia el año 1599 se produjo un levantamiento generalizado de la población mapuche contra los españoles, destruyendo las ciudades fundadas por los europeos en la Araucanía e impidiendo su penetración al sur del río Bío Bío (Torrejón y Cisternas, 2003). La ciudad de Villarrica, luego de un prolongado sitio, fue abandonada el año 1602 (San Martín, 1940). Este prolongado conflicto provocó que los bosques repoblaran las áreas donde la agricultura indígena había sido abandonada, en especial en el *lelfun mapu* (Otero, 2006).

La frontera de la Araucanía tradicionalmente delimitada por el río Bío Bío no fue impenetrable, existiendo una significativa perturbación ambiental producto del contacto intercultural (Torrejón y Cisternas, 2002, 2003). La economía agrícola tradicional indígena se transformó paulatinamente en un tipo de ganadería trashumante menos expuesta y más móvil, asimilando además cultivos de trigo y cebada (Torrejón y Cisternas, 2002, 2003; Otero, 2006). El área donde actualmente se encuentra el PNV presenta importantes características que pudieron haber estado vinculadas a esta actividad, principalmente por los pasos trasandinos, de connotación histórica, que permanecen abiertos en invierno (San Martín, 1940). El sector de Quetrupillán permite la conexión de las áreas norte y sur del cordón formado por los volcanes Villarrica, Quetrupillán y Lanín. Por lo anterior, se piensa que existió un fuerte movimiento de ganado, ligado a la alta densidad de pewenche que se estima en la cordillera para el periodo (Téllez, 1987).

Si bien la economía agrícola tradicional indígena se transformó, los bosques de *Araucaria-Nothofagus* no fueron aparentemente afectados (a excepción de los pasos cordilleranos y sectores de veranadas), hasta finales del siglo XIX con la colonización euro-chilena (González *et al.*, 2005). Esta colonización se llevó a cabo luego de la “pacificación de la Araucanía”, entre los años 1881 y 1891 (Aldunate y Villagrán, 1991). Los mapuches fueron destinados a reducciones, quedando así disponible el territorio para la colonización, fuertemente activa entre los años 1882 y 1901 (Aldunate y Villagrán, 1991; Otero, 2006). En febrero del año 1887 se forman las provincias de Malleco y Cautín, creando el marco político para la explotación de la región (El Colono, 1887). Anteriormente, en el año 1880 las primeras tropas chilenas llegan a la antigua ciudad de Villarrica y el 1º de enero del año 1883 se re-funda esta ciudad (San Martín, 1940; Vega, 2006). En ese mismo año se funda el cuartel de Pucón y otros asentamientos militares como Palguín, Maichín, Cunco, Llaima (actual Melipeuco), Nitrito (Anexo 2, Figura 1), Catequí, Liucura y Lleuco (en el alto Bío Bío), además de Lonquimay (Subercaseaux, 1888; Vega, 2006). Con respecto a la población mapuche en el sector, Subercaseaux (1888) relata la abundante presencia de ellos en las cercanías de la actual ciudad de Pucón.

Con estos acontecimientos comienzan las grandes quemas con el fin de habilitar suelos para agricultura y ganadería. Esta devastación fue promovida por la expansión del ferrocarril en la región. A mediados del siglo XIX comienza su construcción hacia el sur, llegando a Collipulli en el año 1888 y conectado a Valdivia el año 1907 (Alliende, 2001). Paulatinamente se procedió a la penetración de las zonas cordilleranas, llegando a través de ramales a Curacautín el año 1913, Cherquenco en 1916, Cunco en 1924 y Villarrica en 1934 (Otero, 2006).

Otro aspecto importante en la historia de los bosques de *Araucaria-Nothofagus* es la creación de reservas y parques nacionales. La Reserva Nacional Malleco (RNM) fue la primera en establecerse el año 1907. Con posterioridad, se fundó el PNV en el año 1940. Sus actuales terrenos y los colindantes, están ligados con anterioridad a la existencia de otras áreas de protección y de colonización (Vega, 2006). Si bien dentro de estas áreas se prohíbe y se combaten los incendios forestales, actualmente sus bosques siguen siendo influenciados por estos eventos. Unos de los incendios más recientes causados por tormentas eléctricas, han sido los que se produjeron en el verano de año 2002 y que afectaron al Parque Nacional Tolhuaca (PNT), Parque Nacional Conguillio (PNC) y la RNM.

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Área de estudio

##### 3.1.1 Ubicación geográfica

El presente trabajo fue desarrollado en el Parque Nacional Villarrica (PNV), en el sector de Quetrupillán (Palguín), ubicado geográficamente entre los paralelos  $39^{\circ} 38'$  y  $39^{\circ} 21'$  latitud sur y los meridianos  $72^{\circ} 03'$  y  $71^{\circ} 27'$  longitud oeste, al sureste del volcán Villarrica, entre los 1.200 y 1.800 m s.n.m (Figura 3).

Se establecieron dos sitios de muestreo, el primero corresponden al Sitio de Chinay (SCH) con una altitud de 1.310 m s.n.m., ubicado en el valle de Chinay, el cual es atravesado de norte a sur por el estero Pichillancahue y el camino que conecta a Pucón y Currarehue con Coñaripe. El segundo es el Sitio Los Venados (SVE), que se ubica hacia el faldeo noroeste del volcán Quetrupillán, con un difícil acceso y una altitud de 1.570 m s.n.m. (Figura 3).

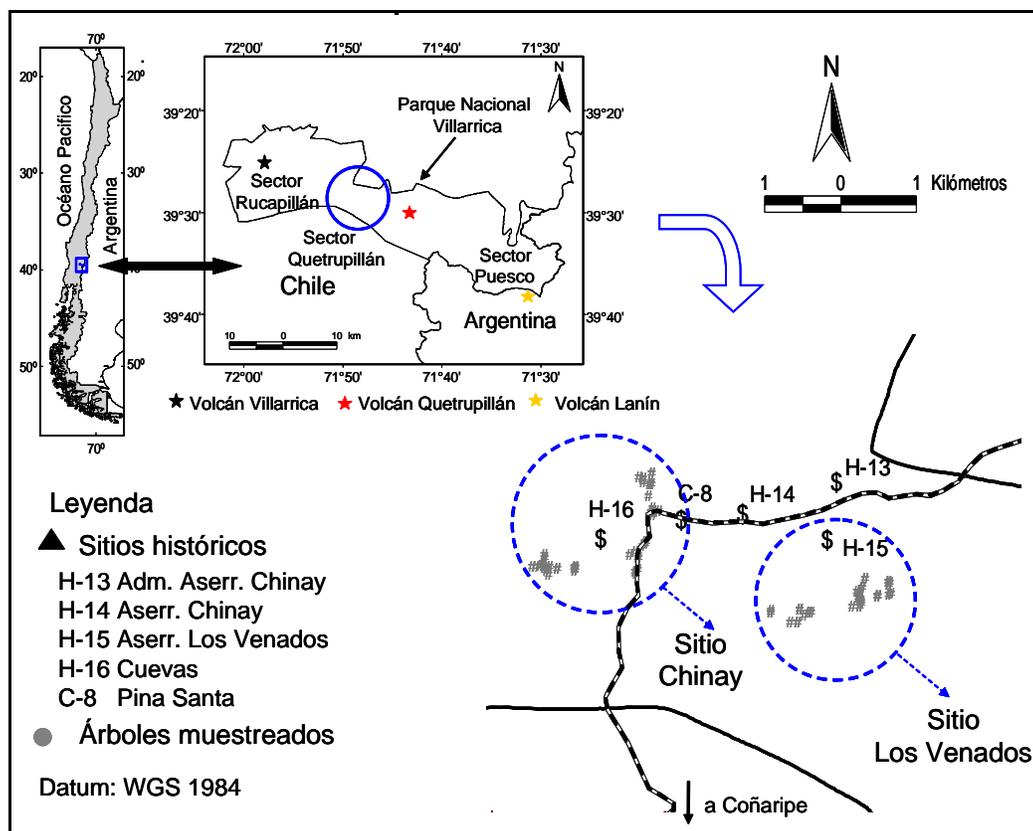


Figura 3. Ubicación geográfica de los sitios de estudios y árboles muestreados, junto con lugares históricos relevantes en el sector de Quetrupillán del Parque Nacional Villarrica.

### 3.1.2 Clima

Según INIA (1989), en los sectores bajos y extendiéndose fuera del PNV se estima un clima del tipo Marino Húmedo Patagónico, con una temperatura media anual de 9,7°C y una máxima media del mes más calido de 23,6°C y una mínima media del mes más frío de 1,2°C.

La estación climática de Pucón ubicada a 230 m s.n.m. presenta precipitaciones del orden de 2.150 mm anuales con un 54% de éstas concentrada entre los meses de mayo a agosto. El mes de junio es el más lluvioso. La temperatura media anual es de 12,17 °C con una media del mes más calido (febrero) de 17,1 °C y una media del mes más frío (julio) de 7,8 °C (CIRH, 2006).

Desde mediados de abril a agosto pueden caer precipitaciones en forma de nieve en los bosques de *A. araucana* y *N. pumilio*, pudiendo formar una capa de varios metros de espesor (Finckh, 1995; Donoso, 1998; González *et al.*, 2006), encontrándose en ocasiones restos de ésta hasta mediados de enero, en los sectores más altos.

En la amplia extensión de oeste a este del PNV, se refleja un gradiente de disminución de las precipitaciones en el mismo sentido. La vegetación responde con un marcado gradiente de continentalidad desde pluviselvas oceánicas, en la vertiente suroeste del volcán Villarrica, hasta las islas de vegetación estepárica, cerca del volcán Lanín (Finckh, 1995).

## 3.2 Colecta de muestras

### 3.2.1 Tarugos

Con la finalidad de desarrollar una cronología de anchos de anillos de crecimiento, para el fechado de las cicatrices de incendio, se muestrearon individuos de *A. araucana* adultos en ambos sitios, que no presentasen evidencia de cicatrices, facilitando así el cofechado a través de la señal común de los individuos (Kitzberger *et al.*, 2000). La herramienta ocupada para la extracción de los tarugos fue un taladro de incremento de 16 pulgadas de longitud. Éstas fueron tomadas a 1,3 m sobre el nivel de suelo (diámetro a la altura del pecho), para evitar posibles pudriciones internas basales.

### 3.2.2 Cicatrices de fuego

Para determinar las fechas de incendio, se extrajeron cuñas principalmente de individuos de *A. araucana*, que presentasen evidencia de haber sido afectados por un incendio. Esta evidencia consistió en la presencia de una cicatriz en forma de “V” invertida, más ancha en la base del árbol y angostándose más arriba (Figura 4) y en restos de carbón en el área dañada del fuste. Finalmente se evaluó con pequeños

golpes, la pudrición interna de los individuos, descartando aquellos en que se presentaba muy avanzada.

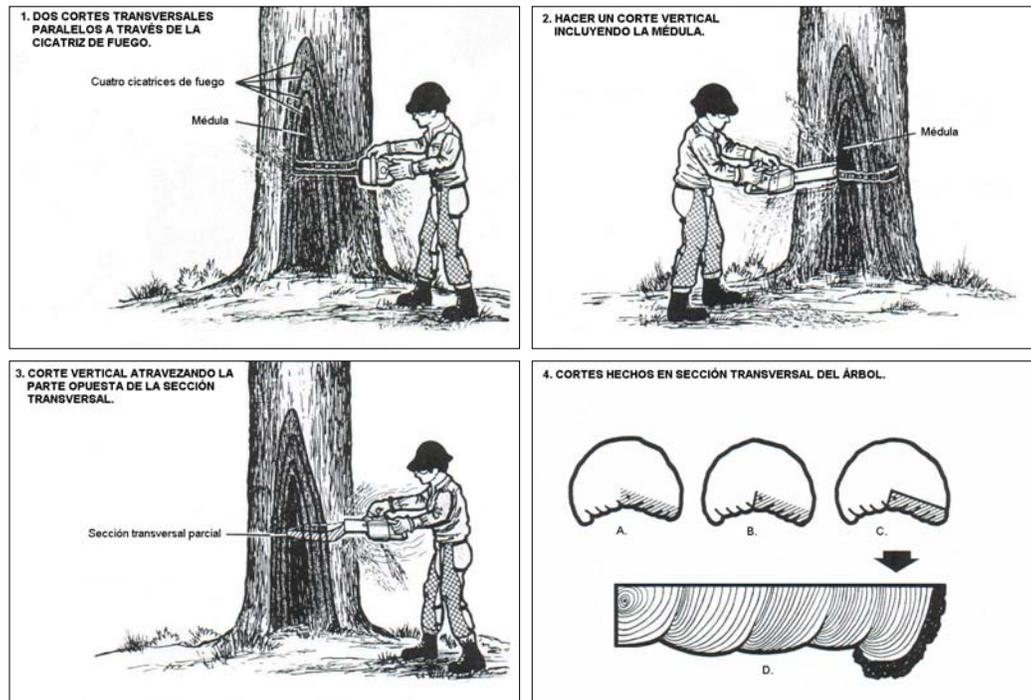


Figura 4. Esquema de extracción de cicatrices de fuego a través de secciones transversales (modificado de Arno y Sneek, 1977).

La figura 4, muestra la técnica de muestreo utilizada en la extracción de secciones transversales parciales en árboles vivos o muertos en pie, que presentan cicatrices de incendio. Ésta consiste en efectuar 2 cortes horizontales paralelos separados por 1 a 2 cm entre ellos, para posteriormente liberar la sección utilizando palanca con un cincel o introduciendo la punta de la motosierra en la base de los cortes horizontales. Esta técnica bien realizada no es dañina y permite muestrear sin problemas árboles vivos (Arno y Sneek, 1977; Kitzberger *et al.*, 2000). En el presente estudio se utilizó la técnica de palanca, por ser la que causa menor impacto.

### 3.3 Procesamiento de muestras

Los tarugos de incremento fueron secados y montados en molduras de madera, para posteriormente ser pulidos. Las muestras de cicatrices fueron secadas y unidas las partes que se fragmentaron en el proceso de extracción.

El pulido se realizó con una lijadora orbital, comenzando con lijas de granos grueso para ir gradualmente utilizando granos más finos. Esto permitió la visibilidad de los anillos de crecimiento (Stokes y Smiley, 1996).

Las muestras se encuentran almacenadas en la xiloteca de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universal Austral de Chile.

### **3.4 conteo y fechado de incendios**

Luego de ser pulidas las cicatrices, se procedió al conteo de los anillos e identificación de las fechas de incendio (Figura 2). Esto se llevó acabo visualmente con una lupa binocular 40 x 15, en el Laboratorio de Dendrocronología.

Para seguir una secuencia cronológica en las muestras, se marcó cada década con un punto, cada medio siglo con dos puntos y cada siglo con tres puntos.

El año calendario se ajustó de acuerdo a la convención de Schulman (1956), aplicable al hemisferio sur. Esta convención asigna a cada anillo de crecimiento un año calendario, que corresponde al año en que comienza el crecimiento de éste. De modo que las muestras tomadas en verano del año 2006, que presentaron completo el anillo más cercano a la corteza, se le asignó como último año formado 2005. Si el anillo estaba incompleto, el último anillo formado correspondió al año 2004.

### **3.5 Medición de anillos**

A través de un dendrómetro Velmex Inc se midió el ancho de los anillos. Esta máquina se compone de un carro de medición incremental (que desplaza la muestra) y de un contador, acompañado de una lupa binocular 40 x 15 que mide el anillo con una precisión de 0.001 mm. Los datos que registra el contador quedan almacenados en archivos digitales, los que sirven de base para el programa COFECHA (Holmes, 1983).

### **3.6 Cofechado y desarrollo de la cronología de ancho de anillos**

Para desarrollar la cronología de ancho de anillos, se cofecharon las muestras de tarugos de incremento con el programa computacional COFECHA (Holmes, 1983), permitiendo así un tipo de control "experimental", que asegura la ubicación en el tiempo, de cada uno de los anillos de crecimiento (Fritts, 1976), evaluando los anillos faltantes o los anillos ausentes (Kitzberger *et al.*, 2000).

La cronología de ancho de anillos terminada, fue usada para cofechar una a una las muestras con incendios, estableciendo un año calendario a cada anillo de crecimiento y a las marcas de incendio detectadas visualmente (Figura 2). Las muestras que presentaron paquetes de anillos o pudrición que impedían el cofechado completo de la serie, fueron analizadas por segmentos (Kitzberger *et al.*, 2000). Las series de árboles muertos se ingresaron al programa COFECHA con año de inicio cero (flotantes), para posteriormente ser corregidas (Kitzberger *et al.*, 2000),

mediante correlaciones móviles entre segmentos de 50 años con traslape de 25 años (Kitzberger *et al.*, 2000).

### 3.7 Estadísticos de intervalo de fuego

Una vez fechados los incendios de las muestras con cicatrices, los datos se ingresaron al programa FHX2 (Grissino-Mayer, 1995), obteniendo una representación gráfica de las fechas de incendio. En estos gráficos varias fechas se señalaron como aproximadas (+/- 1 o 2 años), producto de la dificultad para definir certeramente el año del evento. Éstas fueron incluidas sin discriminación en el análisis del régimen de incendios. Además, se calcularon los estadísticos, intervalo medio de fuego (IMF) y su desviación estándar (SD), la probabilidad del intervalo medio de Weibull (WMPI) y el intervalo medio de fuego puntual (IMP) (Kitzberger *et al.*, 2000).

El IMF es el promedio aritmético expresado en años, de los intervalos entre la ocurrencia de incendios en un área, en otras palabras, es el intervalo promedio libre de incendios (Kitzberger *et al.*, 2000). WMPI es el intervalo de fuego asociado con la probabilidad de tener el 50% de los intervalos mayores y el 50% menores a este valor (Kitzberger *et al.*, 2000). Esta función más flexible se adapta mejor a los datos, cuando estos se alejan de una distribución normal, con sesgo positivo debido a los intervalos de fuego más largos (Kitzberger *et al.*, 2000).

Como todos los incendios normalmente no afectan el total del área de estudio, se obtuvo el IMP, que es el promedio aritmético en años de los intervalos del fuego en un mismo lugar. En otras palabras, es la recurrencia de estos eventos en un mismo punto (Kitzberger *et al.*, 2000). Este estadístico se basó considerando las muestras de cicatrices múltiples.

A todo los incendios ocurridos en el área se les aplicó filtros, donde se analizó los eventos que estuvieran representados por el  $\geq 10\%$  y  $\geq 20\%$  de los árboles registradores (un árbol se convierte en registrador desde el año en que es afectado por un incendio). Filtros de iguales características son ocupados en el sector de Quillehue por González *et al.* (2005). Estos filtros, son utilizados con el fin de clasificar los incendios en diferentes severidades, asumiendo que a mayor número de series con un mismo evento, refleja una mayor severidad. Hay que considerar que esta semejanza no es siempre cierta, pudiendo existir incendios severos que están representados por pocas muestras, debido a que fuegos más actuales pudiesen eliminar progresivamente la evidencia.

Para hacer un análisis en las cronologías de incendios (en cada sitio y en el conjunto), de la posible influencia humana se compararon los estadísticos para dos periodos. El primero corresponde al periodo indígena. El inicio de éste, fue definido considerando un mínimo de dos muestras que registraran un incendio y que existiera en ese mismo año al menos cuatro series registradoras (1754 para el SCH y 1531 para el SVE), y el final en el año 1882. El segundo periodo es desde el año 1883,

donde comienza la colonización euro-chilena, hasta el año 2005 (último anillo formado por las muestras). Los requisitos para el inicio del periodo de análisis tienen como objetivo una mayor solidez de los datos. Ya que a mayor profundidad temporal hay menos series registradoras, disminuyendo la capacidad de registro. Además, de la posible eliminación de evidencia por incendios más actuales. La separación de los periodos en el año 1883 también es ocupada en el estudio de González *et al.* (2005), coincidente con la refundación de la ciudad de Villarrica y el fuerte cambio de uso de los recursos naturales, producido por la colonización.

### **3.8 Recopilación de antecedentes históricos**

Para la obtención de antecedentes históricos se recopiló, seleccionó y analizó material bibliográfico disponible, relacionado al área de estudio, desde el S. XVI hasta el S. XX. Los documentos consistieron en fuentes primarias de periódicos, crónicas, croquis y archivos nacionales, además de fuentes secundarias, como discusiones bibliográficas y estudios históricos-culturales. Dentro de estas fuentes la búsqueda se orientó a los procesos y eventos que tuvieran influencia directa o indirecta en la ocurrencia de incendios y en el cambio de uso de los ecosistemas.

La obtención de antecedentes históricos orales, se basó en la metodología de la investigación cualitativa (Rodríguez, 1999), a través de entrevistas semi-estructuradas a siete habitantes del sector, las cuales fueron grabadas y posteriormente transcritas. Estas se centraron en los siguientes temas:

- Formas y periodos de colonización.
- Incendios forestales en el sector: fecha de ocurrencia, origen, extensión, duración y severidad.
- Uso cultural del fuego.
- Manejo de ganadería y agricultura.
- Explotación de bosques de *A. araucana*: fechas de explotación, lugar de explotación, formas de explotación y actores involucrados.

La elección de los informantes se orientó a personas que gozaran de conocimiento y experiencia histórica del sector, dispusieran de tiempo para la entrevista y disposición a participar. El muestreo fue de tipo intensivo, al seleccionar expertos en el tema de los asentamientos humanos en el sector (Rodríguez, 1999).

La información oral recopilada a través de las entrevistas (realizadas el mes de febrero del año 2007) fue analizada, agrupada y sintetizada, para posteriormente ser triangulada y discutida con los datos dendrocronológicos y el material bibliográfico histórico disponible.

## 4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Antecedentes generales de las cronologías de incendios

El número total de árboles muestreados en el sitio de Chinay (SCH) y Los Venados (SVE) fue de 82, de los cuales el 20% no fue posible de utilizar en este estudio, por presentar problemas como paquetes de anillos angostos, avanzada pudrición y poca claridad en las marcas de incendio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación de los sitios, número de muestras por especie e información general de la historia de incendios del PNV. Los números en paréntesis representan las muestras que fueron descartadas.

Nombre	Código	Latitud	Altitud	Nº de árboles			Primer incendio	Último incendio	Nº de fechas de incendio
		Longitud	m s.n.m.	<i>Araucaria</i>	<i>Nothofagus</i>	Total			
Chinay	SCH	39°46' S 71°85' W	1.310	43 (12)	2	45 (12)	1693	2001	27
Los Venados	SVE	39°48' S 71°82' W	1.570	37 (5)	0	37 (5)	1531	1987	28
Total				80 (15)	2	82 (17)	1531	2001	45
Quillehue* (Sector Puesco)	SQU	39°35' S 71°31' W	1.300	59	85	144	1446	1990	41

\* González *et al.*, 2005

El SCH presentó 27 fechas de incendio, una menos que el SVE, mientras que para ambos sitios (SCH y SVE) se registraron 45 incendios, cuatro más que los encontrados por González *et al.* (2005), en el sitio de Quillehue, donde el número de muestras fue superior al del presente estudio ( $n = 144$  con un 59% de individuos de *Nothofagus*) (Cuadro 1). Sólo dos muestras, correspondientes al 4% del total, se obtuvieron de individuos de *Nothofagus dombeyi* en el SCH.

En el SVE se encontró el incendio más antiguo del sector de Quetrupillán, datado en el año 1531, y el segundo más antiguo (obtenido a través de métodos dendrocronológicos) en bosques de *A. araucana*, después del incendio registrado por González *et al.* (2005) en el año 1446 (Anexo 5, Figura 1). El incendio más reciente para este estudio correspondió al año 2001 en el SCH (Cuadro 1).

## 4.2 Cronologías de incendios

El periodo temporal de registro de incendios en el SCH es de más de 300 años, con eventos que van desde el más antiguo en el año 1693 hasta el más actual en el año 2001 (Figura 5).

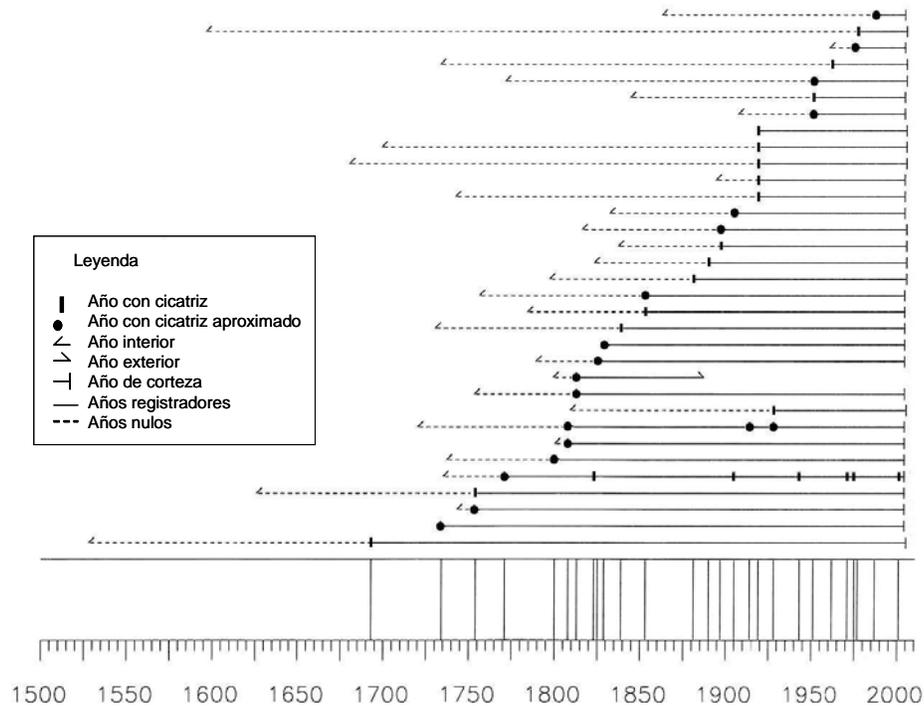


Figura 5. Cronología de incendios para el sitio Chinay (SCH). Las líneas horizontales representan la cobertura temporal de cada muestra ( $n = 33$ ). Las líneas verticales en la parte inferior del gráfico resumen las fechas de incendio.

En el SCH, de un total de 27 fechas de incendio, los eventos mejor registrados con más de una muestra fueron en los años 1754, 1808, 1813, 1853, 1897, 1905, 1919, 1928, 1951 y 1975, destacándose los años 1919 y 1951, representados con cinco y tres series, respectivamente (Figura 5). En este mismo sitio, sólo dos series tuvieron cicatrices múltiples, una con tres marcas de incendio y otra con siete (Figura 5). Los árboles en donde se obtuvieron estas muestras presentaron una forma particular de daño en el fuste, a la que se llamó “cicatriz boca” (Anexo 4, Figura 2), presente únicamente en individuos de *A. araucana*.

La distribución de las fechas de incendio en todo el periodo temporal del SCH, muestra que el 48% de los eventos ocurrieron antes del año 1883 (periodo indígena) y un 52% posterior a ese año (periodo de colonización euro-chilena) (Figura 5). Después de la creación del PNV (1940) las fechas de incendio registradas sumaron el 30% del total (Figura 5).

El periodo de ocurrencia de incendios en el SVE fue de 460 años, entre los años 1531 y 1991 (Figura 6). De los 28 incendios para este sitio, 12 fueron representados en más de una muestra en los años 1531, 1768, 1771, 1810, 1845, 1885, 1914, 1924, 1943, 1952, 1971 y 1977. Los incendios con más de dos series ocurrieron en los años 1810, 1943 y 1952, destacándose el año 1943 presente en diez series (Figura 6). Se presentaron siete muestras con cicatrices múltiples. Tres de estas muestras tuvieron dos marcas de incendio, dos tuvieron tres, una tuvo cuatro y otra tuvo nueve registros de incendio (Figura 6). Los árboles con cuatro y nueve marcas de incendio presentaron forma de “cicatriz boca” en el fuste (Anexo 4, Figura 2).

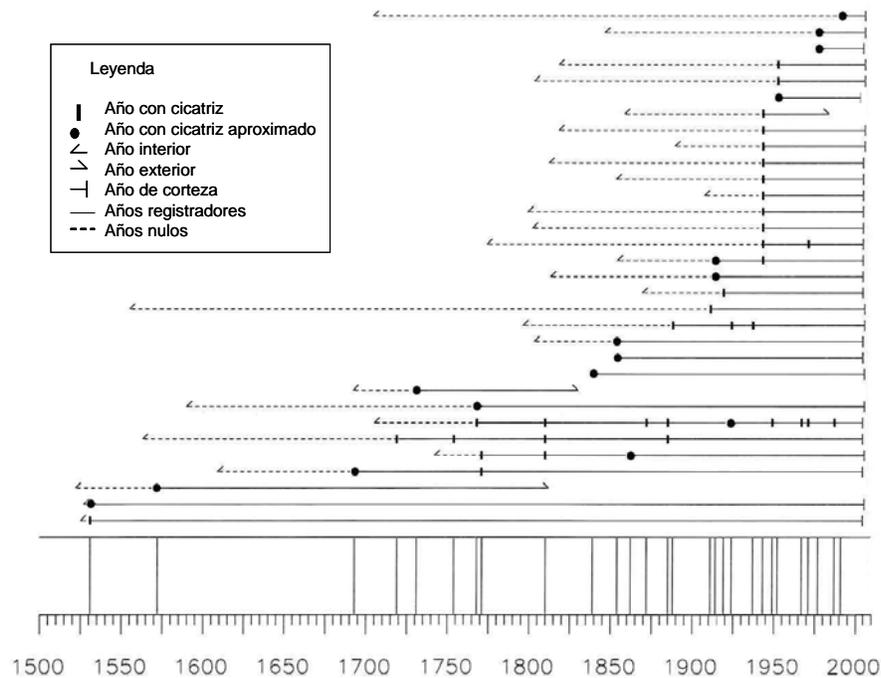


Figura 6. Cronología de incendios para el sitio Los Venados (SVE). Las líneas horizontales representan la cobertura temporal de cada muestra ( $n = 32$ ). Las líneas verticales en la parte inferior del gráfico resumen las fechas de incendio.

Las fechas de incendio para el SVE se distribuyeron en un 46% antes del año 1883 y un 54% con posterioridad a ese año. Luego de la creación del PNV se registró el 29% de las fechas de incendio con respecto al total (Figura 6).

La amplitud temporal de la cronología de incendios para ambos sitios fue de 470 años, entre los años 1531 y 2001. Del total de incendios (45) el 22% se encuentra representado en los dos sitios, en los años 1693, 1754, 1771, 1839, 1914, 1919, 1943, 1971, 1977 y 1987 (Figura 7).

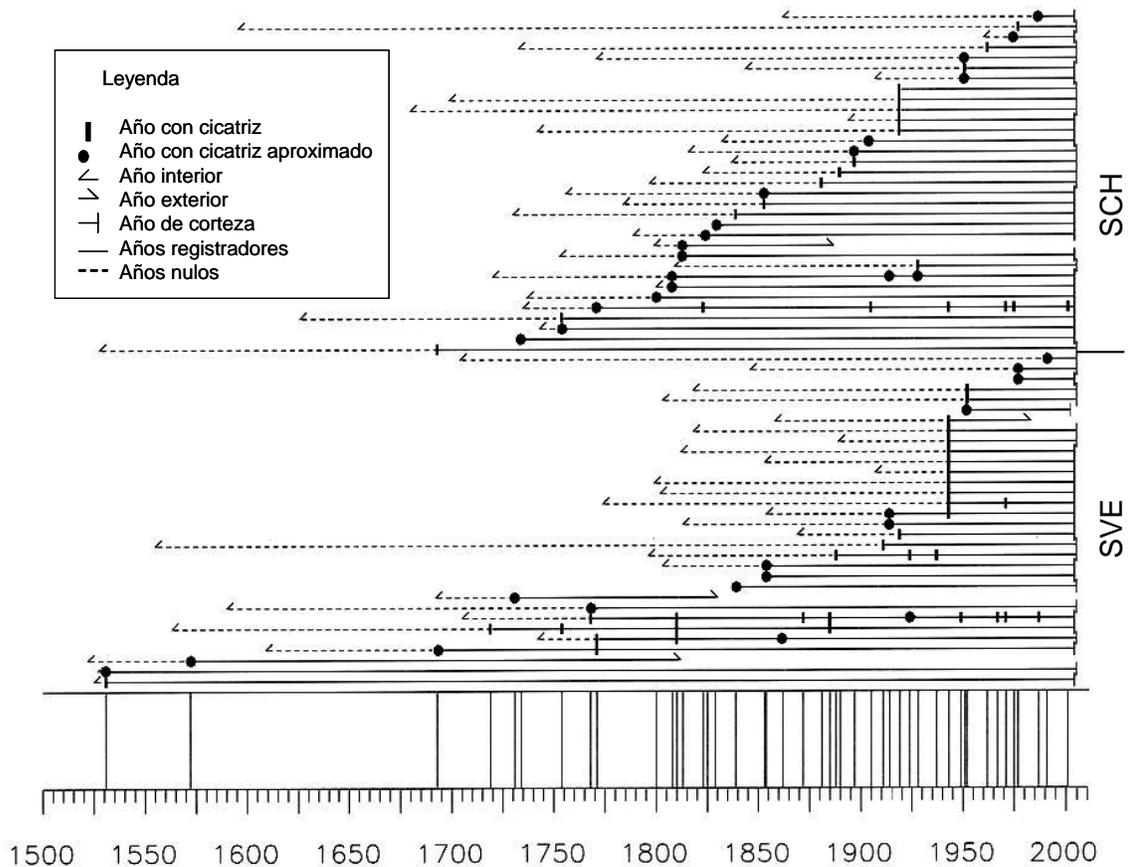


Figura 7. Cronología de incendios para ambos sitios (SCH y SVE). Las líneas horizontales representan la cobertura temporal de cada muestra ( $n = 65$ ). Las líneas verticales en la parte inferior del gráfico resumen las fechas de incendio.

El 49% de los incendios del total, ocurren antes del año 1883 y el restante posterior a esta fecha. Después de la creación del PNV (1940) los incendios suman el 27%. Estos porcentajes cambian levemente si restringimos el análisis a los incendios que estuvieron representados a lo menos por dos series, con un 44% de incendios antes del año 1883, de esta misma forma, luego del año 1940 los incendios suman el 28% del total. Los incendios de 1919 y 1943 son los únicos representados con más de tres series (seis y once, respectivamente) (Figura 7).

### 4.3 Análisis estadísticos de intervalos de fuego

#### 4.3.1 Análisis del intervalo de fuego compuesto

La delimitación del inicio del periodo indígena, para la comparación de los estadísticos de fuego con el periodo de la colonización euro-chilena, comienza en el año 1754 en el SCH, fecha en la que hay cuatro series registradoras y un incendio registrado por dos series, y el año 1768 para el SVE, con siete series registradoras y un incendio en dos series (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estadísticos de la cronología de incendios separados por sitios y por periodos de análisis, comprendidos desde el incendio más antiguo (con  $\geq 2$  series con marca de incendio y con un mínimo de cuatro series registradoras) hasta el año 1882 (periodo indígena) y desde el año 1883 al 2005 (periodo de la colonización euro-chilena al presente). Para estos periodos se aplicó filtros de  $\geq 10$  y  $\geq 20\%$  de las series con marcas de incendio, con respecto a las series registradoras en el mismo año. Los periodos en donde no aparecen los filtros indican que el número de incendios no fue suficiente para los cálculos (mínimo 4). Letras iguales indica que no hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Periodo de análisis	Filtros (%)	WMPI (años)	IMF (años)	SD	Nº de IF	Máximo IF (años)	Mínimo IF (años)
<b>SCH (n=33)</b>							
1754-1882	Todas	10,9	12,7a	9,5	10	29	2
	$\geq 10^*$	27,4	33,0	25,2	3	54	5
1883-2005	Todas	8,4	8,5a	3,6	13	15	2
	$\geq 10$	16,9	18,0	12,5	3	32	8
1754-2005	Todas	9,3	10,3	6,8	24	29	2
	$\geq 10$	24,6	28,1	19,2	7	54	5
	$\geq 20^*$	39,6	55,0	50,5	3	106	5
<b>SVE (n=32)</b>							
1768-1882	Todas	14,6	17,3a	13,8	6	39	3
	$\geq 10$	22,3	28,7	22,4	3	44	3
	$\geq 20$	22,3	28,7	22,4	3	44	3
1883-2005	Todas	6,7	7,6a	5,8	14	23	3
	$\geq 10$	16,2	16,8	9,3	4	29	9
1768-2005	Todas	8,7	10,6	9,5	21	39	3
	$\geq 10$	20,3	23,0	15,0	8	44	3
	$\geq 20$	30,7	35,0	20,4	5	58	3
<b>Total (n=65)</b>							
1754-1882	Todas	6,9	8,5a	7,1	15	29	1
	$\geq 10$	7,4	11,8	14,9	5	37	2
1883-2005	Todas	5,0	5,3a	2,8	22	10	1
1754-2005	Todas	5,6	6,5	5,1	38	29	1
	$\geq 10$	14,2	27,0	37,2	7	106	2

WMPI (sigla en inglés), probabilidad del intervalo medio de Weibull; IMF, intervalo medio de fuego; SD, desviación estándar; IF, intervalo de fuego.

\* Se incluye las fechas de incendio que registraron  $\geq 2$  series.

En el SCH el IMF, considerando todas las series, presentó un valor de 12,7 y 8,5 años, para el periodo indígena y de la colonización euro-chilena, respectivamente (Cuadro 2). Esta disminución se acentúa para los incendios analizados con el filtro

≥10%, con valores de 33 años para el periodo indígena y 18 años para el periodo de colonización. Por su parte, el WMPI mostró resultados similares al IMF en ambos periodos. Para todo el periodo de registro (1754-2005), sin el uso de filtro, el IMF fue de 10,3 años, aumentando a 55 años en los incendios más severos (≥20% de las series registradoras), ocurridos en los años 1754, 1808, 1813 y 1919 (Cuadro 2 y Figura 5).

De la misma forma, el SVE considerando todas las series, presentó valores de 17,3 y 7,6 años, tanto para el periodo indígena como para el periodo de colonización euro-chilena (Cuadro 2). Con la aplicación del filtro ≥10%, se observa para el periodo indígena y de colonización, un aumento del IMF con 28,7 y 16,8 años, respectivamente. El WMPI presentó valores más bajos que el IMF conservando la tendencia a disminuir en el periodo de la colonización euro-chilena. Para todo el periodo de registro (1768-2005), sin el uso de filtro, el IMF fue de 10,6 años, mientras que para los eventos más severos (filtro ≥20%), fue de 35 años, con incendios ocurridos en los años 1768, 1771, 1810, 1854, 1885 y 1943 (Figura 6).

Además, considerando de ambos sitios conjuntamente, no se encontró diferencias significativas entre los dos periodos (Cuadro 2). El valor del IMF, sin el uso de filtro, fue de 8,5 y 5,3 años, para el periodo indígena y de colonización euro-chilena, respectivamente. Con la aplicación del filtro ≥10%, se registraron eventos para el periodo indígena, con un IMF de 11,8 años y un WMPI de 7,4 años. En el análisis de todo el periodo (1754-2005) y sin el uso de filtro, se obtuvo un IMF de 6,5 años y un WMPI de 5,6 años. Para este mismo periodo y con el filtro ≥10%, el IMF fue de 27 años y el WMPI de 14,2 años. Por otra parte, no se registraron incendios con el filtro ≥20%. Comparativamente, en el sitio Quillehue se obtuvieron valores más bajos en el IMF y el WMPI, para todas las muestras y sin el uso de filtro, de 7,2 y 5,8 años, respectivamente (González *et al.*, 2005). En este mismo sitio, con la aplicación del filtro ≥25% y para todas las muestras, se obtuvo un IMF de 62 años (González *et al.*, 2005).

En resumen, es posible observar en los valores del IMF y del WMPI, que son más bajos para el periodo de la colonización euro-chilena. Lo anterior es válido, tanto para el análisis individual de los sitios, como para el conjunto de estos, como también para el total de incendios y para los más severos (obtenidos a través de los filtros).

#### 4.3.2 Análisis del intervalo de fuego puntual

Del total de series, en el SCH se registraron dos cicatrices múltiples y en el SVE siete (Figura 7), las que permitieron obtener el intervalo medio de fuego puntual (IMP).

Para el SCH y para todo el periodo de registro, el IMP fue de 25,6 años y el WMPI de 20,8 años (Cuadro 3). Para el periodo indígena no se pudo calcular los estadísticos, debido a que los intervalos de fuego no fueron suficientes. Sin embargo, para el periodo de la colonización euro-chilena, el IMF y el WMPI fue de 16 y 15 años, respectivamente.

Cuadro 3. Intervalos medios de fuegos puntuales de la cronología de incendios separados por sitios y por periodos de análisis, comprendidos desde el incendio más antiguo (con  $\geq 2$  series con marca de incendio y con un mínimo de cuatro series registradoras, en base a la cronología de incendio completa) hasta el año 1882 (periodo indígena) y desde el año 1883 al 2005 (periodo de la colonización euro-chilena al presente). Letras iguales indica que no hubo diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

Periodo de análisis	WMPI (años)	IMP (años)	SD	Nº de IF	Máximo IF (años)	Mínimo IF (años)
<b>SCH (<math>n=2</math>)</b>						
1754-1882*	-	-	-	-	-	-
1883-2005	15,0	16,0	9,4	6	28	4
1754-2005	20,8	25,6	23,5	9	82	4
<b>SVE (<math>n=7</math>)</b>						
1768-1882	19,5	26,0a	23,3	4	52	3
1883-2005	10,2	11,3a	7,6	9	26	3
1768-2005	12,4	15,6	14,4	14	52	3
<b>Total (<math>n=9</math>)</b>						
1754-1882	12,9	16,9a	15,2	7	39	2
1883-2005	8,4	8,9a	5,1	13	18	3
1754-2005	9,8	11,8	9,9	21	39	2

WMPI (sigla en inglés), probabilidad del intervalo medio de Weibull; IMP, intervalo medio de fuego puntual; SD, desviación estándar; IF, intervalo de fuego.

\* = Datos insuficientes.

Al igual que para el sitio anterior, en el SVE se observó para el periodo de la colonización euro-chilena incendios más frecuentes con un IMP de 11,3 años, mientras que para el periodo indígena fue de 26 años (Cuadro 3). La misma tendencia mostró el WMPI, con un valor de 19,5 y 10,2 años, para el periodo indígena y el de colonización, respectivamente.

Por otra parte, en el análisis conjunto de ambos sitios, el IMP fue de 16,9 y 8,9 años en el periodo indígena y el periodo de la colonización euro-chilena. Además, para todo el periodo, el IMP fue de 11,8 años y el WMPI de 9,8 años.

Al igual que los estadísticos del análisis del fuego compuesto, se observó que el IMP y el WMPI de las series con cicatrices múltiples, son menores para el periodo de colonización euro-chilena.

#### 4.4 Antecedentes históricos orales de la influencia humana en el régimen temporal de incendios

En base a las entrevistas realizadas a los habitantes de los alrededores del río Palguín (acceso norte del sector de Quetrupillán), y a un funcionario del PNV, se recopilaron antecedentes relevantes de acuerdo a los temas definidos en este estudio.

##### 4.4.1 Procesos de ocupación de la tierra y explotación de bosques

Los primeros habitantes posibles de identificar en las entrevistas son mapuche provenientes del sector de Temuco (Cuadro 4, C13) y, con posterioridad, de Argentina (Cuadro 4, C1). Estos dos grupos aventuraban viajes al sector cordillerano en busca de lugares para habitar, a raíz de las presiones producidas por robos y ataques de mapuche provenientes del sector del volcán Llaima (Cuadro 4, C13) y por la colonización extranjera (Cuadro 4, C1), en Temuco y Neuquén, respectivamente.

Cuadro 4. Fragmentos de entrevistas con información de la colonización del sector de Palguín.

Cita	Informante	Lugar evento	Fecha evento*	Cita textual	Comentario
C1	José Ñanco	Argentina-Chile		“Era argentino el finado de mi abuelo y el finado de mi abuela igual... el año... no me dijo, pero hace largos años...-Un mapuche los recibió al llegar a las cercanías del norte de volcán Villarrica y le dijo- no se acuerde más de la Argentina, aquí pa arriba hay dos rincones grandes, están desocupaditos no los topa nadie todavía, en Palguín que le digo... a otro lado del río Palguín pa allá, ese llega hasta el Mocho, volcán Mocho. Y este lado del río Palguín se llama el lugar Sabuerrupu`.”	Descripción de la llegada de Antonio Huenun Ñanco abuelo de José Ñanco. Quien junto a sus parientes, escapaban de la presión producto de la colonización.
C2	José Ñanco	Termas de Palguín	1900 a 1903	“...llegó después, se fue a instalar ahí, donde esta la agüita, ahí están las termas, Las Termas de Palguín Alto, ahí hay baño buuu harto, de lo que uno quiera ahí tiene. De esa manera llegó el francés ese Revillarred... Más o menos como en 1900... 1902, 1903 sería.”	Descripción de la llegada de uno de los primeros colonos llamado José Revillarred.
C3	José Ñanco	Palguín	1920 a 1930	“Aquí llegó como en 1920... unos 1928 llegaron... llegaron, llegaron los colonos, llegaron consultaron y cedieron, llegaron esa gente, desde el rincón para arriba, llegaron mucha gente.”	
C4	José Ñanco	Palguín	1930	“Después de eso llegaron los colonos, llegó tal la Roca... llegaron hasta los santiaguinos...después de 1930... En esos años, venían llegando de apoco, de apoco hasta que no quedo fiscal...”	
C5	Andrés García	Quetrupillán		“Él fue el pionero... lo único que acá pasaba, pero venían a esconder eran los cuatrereros, salían por el Mocho, pero esos tenían su guarida no hacían mejoras...por laguna azul... por el Mocho (volcán Quetrupillán) se va pa Puesco, hay salían los cuatrereros iban bordeando salían por todo el cordón arriba.”	“pionero” corresponde al colono José Revillarred abuelo de Andrés.

C6	Andrés García	Palguín	1938 y 1941	"En el gobierno de Pedro Aguirre Cerda... le fueron a pedir trabajo el Frente Popular... y sabe usted traían a la gente pobre para acá al campo y el que tenía un millón de pesos se los llevaban para Santiago."	Esta oleada de colonos santiaguinos estableció la colonia La Santiago.
C7	Jorge Paredes	Palguín	post 1930	"Los primeros colonizadores que llegaron a la zona son del 1930 el año 40 en adelante, otro antes otros después..."	
C8	Jorge Paredes	Palguín		"Las comunidades indígenas con sus títulos de merced... en los valles con las mejores tierras las planicies, no había campo abierto en esa oportunidad y ellos abrieron espacio para criar ganado y poder sobrevivir y alimentarse. Después llega esta presión del colono nacional vinieron extranjeros, vinieron chilenos, vinieron de todo, españoles y fueron colonizando poniendo los ojos donde estaba esta riqueza forestal, por ejemplo Palguín Alto tiene un sector la colonia La Santiago, la colonia Palguín alto..."	
C9	Jorge Paredes	Palguín	1930 a 1962	"El año 50 ya estaban todos con sus títulos... pero el año 62 son los últimos títulos que entregó el estado de Chile gratuitamente a los colonos... terrenos fiscales... de ahí para atrás desde el año 1930 en adelante..."	
C10	Jorge Paredes	Palguín	1900	"Yo creo que en el 1900 ya empezó gente a meterse en este cañón, aparte que estaban las comunidades y vieron interés que era una selva de madera virgen, pero los últimos títulos son del año 62..."	
C11	Nazael Ulloa	Palguín	1920	"...en el 1920 fue cuando mi papá empezó a entrar a este lugar..."	
C12	Nazael Ulloa	Palguín	1940	"El 40 ya estaba lleno de colonos...hacían arreglo y como le decía después le llegaban los títulos..."	
C13	Heliodoro Antillanca	Temuco-Palguín		"Los primeros habitantes fueron... de Temuco para abajo... de ahí vinieron para acá y aquí se encontraron que no habían habitantes... decían que la gente era muy mala por ahí por el sector del Llaima... y le iban a robar o asaltar..."	Habitantes anteriores a Antonio Huenun Ñanco ver C1. "aquí" corresponde a Palguín bajo.
C14	Heliodoro Antillanca	Palguín	1915	"...empezaron a llegar los colonos... como en 1915 empezaron..."	Llegada aislada de algunos colonos.

\* = Debido a que los entrevistados entregan fechas aproximadas de la ocurrencia de eventos, los años indicados en esta columna son los más representativos deducidos de las entrevistas.

Se aprecia también movimiento de ganado por "cuatrerros" por el volcán Quetrupillán, los que posiblemente cruzaban a territorio Argentino, por los pasos próximos al volcán Lanín (Cuadro 4, C5).

Antes de la instalación de los fuertes en el área de Villarrica (año 1883) el sector de Palguín era principalmente conocido por pewenche que habitaban el sector, como lo demuestra el periódico El Colono (1888) al anunciar que "Se han descubierto nuevas termas de agua sumamente medicinales en las faldas del volcán Quetrupillán, en el lugar llamado Palguin, al oriente de la laguna de Villa-Rica...". Con posterioridad a 1900 se aprecia la llegada de los primeros colonos extranjeros (Cuadro 4, C2, C10,

C14), instalándose el colono José Revillarred en el área de las Termas de Palguín, posiblemente las mismas descritas por el periódico.

Una fuerte ocupación de la tierra se aprecia entre los años 1920 y 1950 (Cuadro 4, C3, C7, C11, C12), se instalan además, colonos provenientes de Santiago a finales de la década de 1930, siendo este periodo recordado, como los años con mayor arribo de personas (Cuadro 4, C4, C6, C8). En la década de 1950 las tierras estaban en su mayoría ocupadas (Cuadro 4, C9).

Esta misma década se recuerda como un periodo de fuerte explotación maderera (Anexo 3, Cuadro 1). Los bosques de *A. araucana* del sector de Quetrupillán fueron explotados por Ferrocarriles del Estado (Figura, 3), a través de una concesión propuesta en el año 1948 y realizada con posterioridad a esta fecha (Vega, 2006). Se recuerda que las actividades fueron breves (Anexo 3, Cuadro 1, EX6). En la figura 3 se puede apreciar el lugar en donde estaban ubicados los dos aserraderos en el sector de Quetrupillán.

#### 4.4.2 Incendios forestales

Los incendios más antiguos y de grandes magnitudes que recuerdan los entrevistados son entre los años 1940 a 1945 (Cuadro 5, IF1, IF4, IF8, IF11). Según se relata estos incendios tuvieron gran extensión afectando sectores del lago Caburgua (Cuadro 5, IF1) y Curarrehue (Cuadro 5, IF1, IF8), sin pasar al sur del volcán Quetrupillán (Cuadro 5, IF1). Dentro de las fuentes de origen de los incendios se menciona los producidos por aserraderos (Cuadro 5, IF2) y quema de coironales en Argentina (Cuadro 5, IF8). Recordándose además como años de sequía (Cuadro 5, IF8). Estos incendios, afectaron a sitios con bosques de *A. araucana* (Cuadro 5, IF2, IF8).

Cuadro 5. Fragmentos de entrevistas sobre incendios forestales del sector de Palguín.

Cita	Informante	Lugar evento	Fecha evento*	Cita textual	Comentario
IF1	José Ñanco	Sureste de la provincia de Cautín	1942	"... en año 1942 el incendio grande que hubo... De aquí pa arriba para las Aguas Pobres, Rinconada, hasta allí alcanzó y de allá de Curarrehue pa allá digamos... Huicapalihue, ahí estaba todo quemado. Y el Solao el cerro ese Minetue, Cueilapo, Pichari, Caburga y allá Caburgua para abajo, Quitraleuco, Quelhue, todo eso estaba llenito de fuego. Aquí al sur llegó hasta el volcán Villarrica no más, no paso pa abajo...."	
IF2	José Ñanco	Volcán Villarrica	1942	"El incendio que hizo el aserradero que le estaba diciendo... vino a aserrar y después quemo el cerro ahí, esa parte más o menos, pa allá no bajó, pa acá para el lado del Mocho tampoco bajó. Ahí desperdiciaron mucha madera, hoy en día Pino Araucaria es un oro."	Vinculado a IF1

IF3	José Ñanco	Sector de Quetrupillán	post 1942	"No. Incendios había pero poco, no podían porque ya estaba quemada la basura que había."	Vinculado a IF1 y IF2
IF4	Andrés García	Palguín	1944 y 1960 a 1964	"Después del 44, la década del 60 hubo aquí un ola de pirómanos... en 1960 hasta 1964 ahí comenzaron a caer preso..."	
IF5	Andrés García	Palguín		"...casi todo los años habían incendios, cuando no era uno era otro..."	
IF6	Andrés García	PNV	1979	"...el 89 se quemó todo el parque... empezó en un campo... le prendieron fuego a una ruma de palos, cuando hubo una sequía en el año... 79... ahí se quemó todo el parque, se quemaron como 900 araucarias, ahí en el cerro el Venado ahí murieron todas esas araucarias ahí cayeron todo después se desplomo todo ese cerro... eso fue acá pal Mocho..."	
IF7	Andrés García	PNV	1964	"El año 64 el 1º de marzo hizo erupción el volcán, cuando se llevó a Coñaripe... y para acá tiraba de esa espuma que se llama escoria, pero así prendía encandécete... y se veía en la noche... se veía una cositas roja. Ya después con el aire se apagaban. Pero en el parque cayeron y habían fuego por todos lados... y no era que fueran las escoria ñiore, fuimos a ver y justo había caído un montón de escoria en una parte blandita y había pasto seco y agarro el fuego..."	Erupción del volcán Villarrica.
IF8	Jorge Paredes	Sureste de la provincia de Cautín	1940 a 1945	"Uno de los incendios más grandes que están en la zona son del año 1945 del 40 al 45, uno el 45 violento y el 40 también, por grandes quemas de los coironales en la Pampa Argentina y serían climas tan secos... y esos fuegos pasaron la Argentina... ardió todo una temporada... hasta Curarrehue está todo quemado... llegó hasta Chinay, iban quedando islotes..."	
IF9	Jorge Paredes	Palguín	1978	"Los últimos incendios en la zona de Palguín son el año 78... Posterior al 78 todo es pequeño... yo mismo tuve que hacer el informe..."	Afectó bosques <i>A. araucana</i> en el parque.
IF10	Jorge Paredes	Alrededores del PNV	post 1970	"Desde que nace la CONAF... del 70 en adelante... ya cambia el método de terminar con este uso del roce a fuego... antes el método del gobierno justamente, porque eran selvas vírgenes se autorizó el roce a fuego... después 1970 en adelante ya había un control, eso porque el SAG lo tenía, ya los roce a fuego no existían..."	
IF11	Heliodoro Antillanca	Palguín Bajo	1940 a 1950	"... el año 42 hubieron incendios...yo me recuerdo bien que hubieron dos incendios grandes... como el año 40 y después pasó otro como el año 50 y tanto..."	

\* = Debido a que los entrevistados entregan fechas aproximadas de la ocurrencia de eventos, los años indicados en esta columna son los más representativos posibles de deducir de las entrevistas.

Posterior a los incendios catastróficos mencionados anteriormente, se reconoce la permanente ocurrencia de estos eventos, pero con menor severidad (Cuadro 5, IF3, IF5). Sus causas están asociadas al despeje de los bosques (Cuadro 5, IF3) o por pirómanos (Cuadro 5, IF4). Sin embargo a fines de la década de los años 1970 se aprecia la ocurrencia de otro gran incendio (Cuadro 5, IF6, IF9). Jorge Paredes, quien realizó el informe del evento para CONAF, lo fecha en el año 1978 (Cuadro 5, IF9). Se recuerda nuevamente como un periodo seco (Cuadro 5, IF6) y con incendios que afectaron los bosques de *A. araucana* del sector de Quetrupillán (Cuadro 5, IF6, IF9). Su origen se vincula a actividades antrópicas (Cuadro 5, IF6). Con posterioridad

a este último incendio no se recuerdan otros de gran severidad. La presencia de CONAF (desde el año 1970) en el área se muestra como relevante en el control y uso del fuego para el despeje de bosques (roce a fuego) (Cuadro 5, IF10).

Resulta notable destacar la ocurrencia de pequeños focos de incendio dentro del parque el año 1964 producto de la erupción del volcán Villarrica (Cuadro 5, IF7).

#### 4.4.3 Uso cultural del fuego

El uso más frecuente del fuego esta ligado al despeje de bosque (Cuadro 6, UF1, UF2, UF3, UF5) y quema de pastizales en Argentina (Cuadro 5, IF8), probablemente para mejorar el talaje para la ganadería. Con el mismo objetivo se sembraba pasto ovinillo (*Dactylis glomerata*) luego del despeje con fuego (Cuadro 6, UF3).

Cuadro 6. Fragmentos de entrevistas con información sobre el uso del fuego en el sector de Palguín. No se presentan las fechas de los eventos, por ser manifestaciones culturales frecuentes y temporalmente amplias.

Nº	Informante	Lugar evento	Cita textual	Comentarios
UF1	José Nanco	Palguín	“Claro, trozábamos pedazos así, quemábamos y de ahí sembrábamos, después limpiábamos la tierra. Aquí estaba lleno de monte, pero a tanto que ya no queda más, no queda más.”	Respuesta en base a la consulta sobre el uso del fuego para la siembra o el ganado.
UF2	Andrés García	Palguín	“...la gente mire antigua, ve hacer un cosa y se le graba eso en la memoria. Ellos los que tenía en la cabeza, de que con el fuego se limpiaba más rápido todo, bueno esta bien si, ¿bueno y el daño que provoca?... acá el fuego hizo mucho estragos...”	
UF3	Andrés García	Palguín	“...antes habían bosques y volteaban el bosque le allegaban el fuego, tiraban pasto ovinillo y era rentable lo vendían...”	
UF4	Jorge Fagalde	Bosques de Araucaria	“Si usábamos pero con hartito cuidado, nosotros llevábamos azadón... entonces se limpiaba bien, bien y hacíamos un hoyito ahí hacíamos fuego, para calentar tetera, tomar matecito, hacer fueguito, pa cocer piñones...”	Uso del fuego en las piñoneadas.
UF5	Nazael Ulloa	Palguín	“Decían voy a quemar este pedacito de madera, lo preparaba, se sacaba las ramas a la orilla para quemar esa parte, de una hectárea y cuando prendía fuego, ahí volaba el fuego se le arrancaba y no había como apagarlo...”	Forma de despeje de bosque para sembrar.

Aunque se aprecia una preparación previa del terreno, para encenderle posteriormente fuego (Cuadro 6, UF1, UF3, UF5), en ocasiones se producían incendios fuera de control (Cuadro 6, UF5). Estos eventos ligados a periodos de reconocida sequía producían incendios forestales de grandes magnitudes (Cuadro 5, IF6, IF8).

Otro uso del fuego que esta ligado directamente con los bosques en que participa *A. araucana*, es el de fogones para calefacción y alimentación en los periodos de piñoneo (Cuadro 6, UF4).

## 5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Régimen temporal de incendios

La ocurrencia de incendios desde hace más de 450 años, señala la importancia de estos eventos para los bosques de *Araucaria-Nothofagus*. Por otra parte, esta amplia ventana de registro en los individuos de *A. araucana*, está ligada a la gran longevidad de esta especie y la resistencia a incendios de baja a mediana intensidad.

La ausencia de diferencias estadísticas para los IMF, entre el periodo indígena y de la colonización euro-chilena, entrega nuevos antecedentes del régimen de incendios presente en los bosques de *Araucaria-Nothofagus*. El estudio realizado por González *et al.* (2005) en el sitio de Quillehue, constató una disminución significativa de los intervalos de fuego posterior al año 1883, fecha en que comenzó la colonización de la región de la Araucanía. Esta diferencia en los resultados puede estar ligada a la influencia particular del ser humano en cada sector. Aunque en el SCH y en el SVE no se encontró diferencias estadísticas, se puede observar una disminución del IMF y del WMPI en el periodo de la colonización euro-chilena (Cuadro 2). Lo anterior puede estar relacionado con el arribo de colonos al sector de Palguín y el posterior cambio de uso de la tierra, pero también puede estar influenciado por limitaciones del método, que guardan relación con la eliminación de evidencia de incendios antiguos a causa de incendios severos más actuales (Kitzberger *et al.*, 2000, González *et al.*, 2005). Uno de estos incendios pudo ser el del año 1943, que está representado por el mayor número de series en el presente estudio. Sin embargo, el fuerte cambio del uso del suelo posterior al año 1883 en la Región de la Araucanía, se encuentra bien documentado, donde las aperturas de áreas para la ganadería y agricultura, debió haber afectado en el aumento de la frecuencia de incendios. Es importante destacar, que la colonización de la región fue de forma paulatina, donde sectores de menor altitud y de más fácil acceso, debieron haber sido los primeros en ser colonizados.

Aunque el SCH y el SVE se encuentran en diferentes condiciones topográficas, los resultados del IMF, para el periodo completo de registro, mostraron ser muy similares (10,3 vs 10,6 respectivamente). Estos antecedentes estarían sugiriendo regimenes temporales de incendios parecidos entre ambos sitios, posiblemente influenciados por el uso histórico de las áreas.

Para los incendios de mayor severidad, se registraron mayoritariamente eventos con el filtro  $\geq 10\%$  y sólo en el periodo indígena del SCH se registraron incendios con el filtro  $\geq 20\%$ , comparativamente, en el sitio de Quillehue (González *et al.*, 2005) se observaron eventos más severos usando los filtros de  $\geq 20\%$  y  $\geq 25\%$ . Para este sitio los datos tienen una fuerte influencia de las series de *Nothofagus*, que marcan masivamente incendios menos severos y superficiales, y que ocasionalmente también son registrados por individuos de *A. araucana* (en especial si son árboles registradores). De todas maneras, estos eventos también se registraron analizando solamente las series de *A. araucana*. Lo anterior sugiere incendios menos severos y menos recurrentes en el sector de Quetrupillán.

De los incendios más representados ninguno mostró similar importancia en los dos sitios (Figura 7). El incendio del año 1919 fue el que se registró en la mayor cantidad de series en el SCH, no obstante sólo estuvo presente con una muestra en el SVE. Además, el incendio del año 1943 que es el más representado en el SVE, fue registrado con una muestra en el SCH. Cabe recordar, que si un incendio esta presente en gran cantidad de muestras no es un absoluto indicador de su severidad, pero el incendio del año 1943 coincide con los antecedentes orales que lo indican como uno de los incendios más severos recordados.

Los antecedentes entregados por el IMP mostraron tendencias parecidas a los del IMF (Cuadro 3). El IMP disminuyó en el periodo de la colonización euro-chilena, pero esta disminución no fue significativa. La recurrencia de un incendio al mismo lugar puede estar fuertemente ligada al uso de los sitios para la ganadería a través de la quema repetitiva, para el renuevo de pastizales. Esto parece haber sido más fuerte en el SVE en especial durante el periodo de colonización. En este sitio existen sectores desprovistos de vegetación que presentan abundantes árboles muertos y restos de carbón y una vegetación dominada por herbáceas y pequeños arbustos. Estos lugares pudieron haber servido de veranada para el ganado (Anexo 4, Figura 1). Si bien en el SCH se observa una menor recurrencia de incendios para un mismo lugar, esto también puede estar ligado a la eliminación de evidencias por incendios actuales, pues al ser un área de menor altitud debió haber sido ocupada para la ganadería.

Entre los años 1940 a 1945 son considerados históricamente secos para la región (González *et al.*, 2005; Otero, 2006), lo que favoreció la ocurrencia de grandes incendios. Al igual que en este estudio, los bosques *F. cupressoides* de la cordillera de las costa presentaron un incendio en el año 1943, como también los bosques de *Austrocedrus* al norte de Esquel en Argentina (Veblen *et al.* 1999). En el sitio de Quillelhue se registraron dos incendios severos en el año 1942 y 1944, simultáneamente con la floración y muerte masiva a nivel regional de *C. culeou*. Esta condición pudo haber aumentado la severidad y expansión de los incendios, como los ocurridos en el año 2002 y que afectaron parques nacionales (González *et al.*, 2005; Peñaloza, 2007). Como se mencionó anteriormente, el SVE también presenta evidencias de un evento severo en estos años (1943). El SCH posiblemente por características topográficas no fue afectado extensivamente por un incendio en el periodo. Lo anterior pudiese ser corroborado con antecedentes orales del sector de Coñaripe.

Es importante destacar el efecto que tienen los incendios con fecha aproximada (+/- 1 o 2 años) sobre los estadísticos. La omisión de esta información en las series, aumentaría el valor de los intervalos de fuego, en todo el periodo de registro. Por otro lado, la inclusión podría estar subestimando los IMF en ambos sitios. Si se desea analizar la relación de la ocurrencia de incendios con eventos climáticos de resolución anual y en muchos casos estacional, es necesario trabajar con fechas de incendio que se hayan fechado correctamente. Por otro lado, los incendios aunque fechados aproximadamente, pueden ser importantes para entender su rol en la

dinámica de los bosques, especialmente para aquellos ecosistemas boscosos donde la ocurrencia de incendios es relativamente baja.

## 5.2 Influencia humana en el régimen temporal de incendios

Los registros arqueológicos establecen que el ser humano ya habitaba la zona hace más de 1000 años (Vega, 2006). En 1531, cuando ocurrió el primer incendio registrado en este estudio, el pueblo mapuche se encontraba consolidado en la región de la Araucanía y su densidad era considerable. El piñoneo realizado tradicionalmente por pewuenche, los vincula directamente con los bosques de *A. araucana*, donde el uso del fuego está presente. Es probable que los incendios más antiguos hayan estado vinculados a alguna fogata. La ocurrencia natural también se presenta como posible fuente de origen, en tormentas eléctricas secas, o por volcanismo a través de piroclastos incandescentes (Cuadro 5, IF7). Estos eventos, unidos a periodos climáticos secos y/o floraciones masivas de *C. culeou*, pudieron haber favorecido la ocurrencia de incendios forestales más severos y extensos.

En las cronologías de incendios del presente estudio se aprecia como, gradualmente y posterior al año 1700, la ocurrencia de incendios se hace más frecuente. Desde el año 1800 en adelante esto se acentúa. Con la llegada de los españoles y la posterior confrontación con los mapuche (año 1599), la actividad pecuaria va adquiriendo paulatinamente una fuerte relevancia, basada mayoritariamente en el ganado europeo. Se acentúa entonces una de las posibles fuentes de origen del fuego, que es la apertura de bosques para la alimentación del ganado. La ubicación más baja y el carácter de paso que tiene el SCH, le brindan condiciones para un mayor movimiento de personas y ganado entre el sector de Calafquen con Villarrica y Pucón. Por otra parte, el SVE a pesar de encontrarse a una mayor altitud, también parece haber sido ocupado como área de paso hacia Argentina, a través de antiguos senderos. Uno de estos senderos parece ser el que actualmente recorre el parque de oeste a sureste, llegando al paso internacional con Argentina. Esta podría ser la razón por la que estos sitios no entregan diferencias significativas entre los dos periodos analizados, además de una alta ocurrencia de incendios antes del año 1883.

En el sector de Palguín, y según la información entregada por los entrevistados, la afluencia de colonos es baja entre los años 1900 y los 1920 aproximadamente. Con posterioridad a esta fecha la ocupación humana se acrecienta. Esto se ve reflejado en la cronología de incendios del SVE, pues posterior al año 1910 la frecuencia de incendios se hace mayor. El aumento en la frecuencia en este periodo no se expresa claramente en el SCH, debido posiblemente a que este sector tiene una fuerte influencia de las ocupaciones humanas del área sur del PNV (accesible por el camino a Coñaripe).

La ocupación casi completa de las tierras en el sector de Palguín ocurre aproximadamente en la década de los años 1950. El establecimiento del parque (1940) y las políticas efectivas de prevención y combate por parte de CONAF (1970),

además de la mayor conciencia de las personas en el uso del fuego, están vinculados a una disminución de la ocurrencia de incendios. Estos antecedentes se encuentran presentes en la memoria de los entrevistados.

El último incendio de gran magnitud recordado por los entrevistados es en el año 1978 y al parecer este evento afectó principalmente a lugareños y parte del parque. Si bien este incendio es claramente fechado por la información oral, no queda clara el área que afectó al parque. Para posteriores investigaciones es recomendable la búsqueda de más información referente a este evento.

Referido al uso del fuego para el despeje de bosques, es reconocido por los entrevistados, como la principal fuente accidental de incendios forestales descontrolados. Otra fuente de origen de incendios esta ligada al uso del mismo para el renuevo de pastizales. De los incendios de origen intencional se destaca uno vinculado a aserraderos para la explotación de *A. araucana*. Los incendios ocurridos en los años 1949 y 1951, pudiesen tener vinculación con estas faenas.

Por último, resulta interesante destacar los árboles con “cicatrices boca” que parecen tener una fuerte influencia humana. Posiblemente el primer evento que afecta al árbol es de origen mecánico, el cual afecta el cambium en un segmento generalmente en forma de elipsoide, que fluctúa desde la base del árbol hasta los 2 m. Los orígenes pudiesen ser: naturales, provocados por golpes de otros árboles o abrasiones por deslizamiento de tierra (Villalba, 2000), lo cual es muy difícil de establecer. Otra posibilidad es el origen humano. En las actividades madereras, de piñoneo y de veranadas, en los bosques de *A. araucana*, es común el establecimiento de campamentos o “rucos” (alojamientos provisorios) y corrales para animales, en los que en ocasiones se intervienen individuos de esta especie para usarlos como apoyo estructural, desprendiéndoles segmentos de corteza del árbol (Anexo 4, Figura 3). Se han observado otras intervenciones similares ligadas a aspectos religiosos en bosques del Alto Bío Bío (Anexo 4, Figura 3).

Lo interesante de estos individuos, es que permanecen más sensibles a posteriores incendios, llegando a registrar hasta nueve eventos. Esta sensibilidad pudiese estar ligada al desprendimiento completo de la corteza, dejando más expuesto al cambium. En cambio el daño producido por incendios en *A. araucana*, normalmente conservan la corteza muerta por un periodo largo, posiblemente es suficiente para protegerla de incendios posteriores de baja severidad, hasta la formación de la nueva y delgada corteza.

## 6. CONCLUSIONES

Los incendios en los bosques de *Araucaria-Nothofagus* del sector de Quetrupillán, se encuentran presentes desde al menos el año 1531, señalando la importancia de estos eventos para los bosques de *Araucaria-Nothofagus*. Durante este periodo se observan variaciones en la frecuencia temporal, asociado principalmente a actividades humanas en el sector.

Al comparar los IMF entre el periodo indígena y de la colonización euro-chilena en el sector de Quetrupillán, se aprecia que el arribo masivo de colonos a la Región de la Araucanía post 1883, no aumentó significativamente la frecuencia de incendios, respecto al patrón temporal previo.

La presencia de pasos cordilleranos y el camino que conecta al sector de Pucón y Curarrehue con Coñaripe, pudo provocar una mayor presión del ser humano, asociado al movimiento de ganado de los mapuches, antes de la colonización euro-chilena. Esto debió incidir en una alta ocurrencia de incendios antes del año 1883.

El establecimiento del parque (1940) y políticas más efectivas de prevención y combate por parte de CONAF (1970), además de la mayor conciencia de las personas en el uso del fuego, están vinculadas a una disminución de la ocurrencia de incendios. Esto se ve evidenciado en la memoria de los entrevistados y en la menor presencia de incendios con posterioridad al año 1943.

El uso del fuego para el despeje de bosques se reconoce por los entrevistados, como la principal fuente accidental de incendios forestales descontrolados. Además, otras causas de incendios están asociadas a actividades de antiguos aserraderos y por erupciones volcánicas.

La omisión de los incendios fechados aproximadamente podría estar sobrestimando el valor de los IMF, mientras que, la inclusión los podría estar subestimando. Por otro lado, los incendios aunque fechados aproximadamente, se muestran importantes para entender su rol en la dinámica de los bosques.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Agee, J. K. 1993. Fire Ecology of Pacific Northwest Forests. Island Press, Washington, DC. pp 75-112.
- Aldunate y Villagrán, 1991. Recolectores de los bosques templados del cono sur americano. En: Botánica indígena de Chile. Moesbach W., C. Aldunate y C. Villagrán (eds.). Editorial Andrés Bello. Santiago (Chile). pp. 23-38
- Alliende, M. 2001. La construcción de los Ferrocarriles en Chile 1850-1913. Revista Austral de Ciencias Sociales. (5): 143-161
- Arno, S. y K. Sneck. 1977. A method for determining fire history in coniferous forests of the mountain west. General Technical Report INT-42, USDA Forest Service, Tucson, AZ. 28 p.
- Bengoa, J. 2003. Historia de los antiguos mapuches del sur; Desde antes de la llegada de los españoles hasta las paces de Quilín. Santiago (Chile), Catalonia Ltda. 518 p.
- Burns, B. 1993. Fire-induced dynamics of *Araucaria araucana-Nothofagus antarctica forest* in the southern Andes. Journal of Biogeography. 20(6): 669-685
- Bustos, C. 2007. Historia de incendios en bosques de *Austrocedrus chilensis* (D. Don.) Pic. Serm. et Biz. en la cuenca andina del río Cachapoal, Chile. Trabajo titulación Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 24 pp.
- Camus, P. 2006. Ambiente, bosques y gestión forestal en Chile 1541-2005, Santiago, LOM Ediciones. 374 p.
- CIRH. 2006. Estación Climática de Pucón. Centro de Información de Recursos Hídricos, Dirección de Agua, Ministerios de Obras Públicas.
- Corporación Nacional Forestal (CONAF); Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y Banco Mundial (BIRF). 1997. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago, 78 p.
- Donoso, C. 1990. Ecología Forestal; el bosque y su medio ambiente. Segunda ed. Santiago, Editorial Universitaria. 368 p.
- Donoso, C. 1998. Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, Estructura y dinámica. Cuarta ed. Santiago, Editorial Universitaria. 483 p.

- Donoso, C.; B. Escobar; M. Pastorino; L. Gallo y J. Aguayo. 2006. *Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizzarri; Ciprés de la Cordillera, Len. En: Donoso, C. (ed.) Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología. Valdivia (Chile). pp. 36-53
- El Colono. 1887. Nuevas Provincias. El Colono, Angol (Chile); Febrero, 16
- El Colono. 1888. Termas de Palguin. El Colono, Angol (Chile); Enero, 18
- Finckh, M. 1995. Análisis de las comunidades boscosas del Parque Nacional Villarrica (IX Región, Chile) y sus consecuencias para la conservación del patrimonio natural. Temuco. 114 p.
- Fritts, H. 1976. Tree rings and climate. New York, Academic Press.
- Grissino-Mayer, H.D. 1995. Tree-ring reconstructions of climate and fire at El Malpais National Monument, New Mexico, Phd Thesis, University of Arizona, Tucson, Arizona, USA. 388 p.
- Grissino-Mayer, H.D. ; W. Romme; L. Floyd y D. Hanna. 2004. Climatic and human influences on fire regimes of the southern San Juan mountains, Colorado, USA. *Ecology* 85(6): 1708-1724
- González, J.G. 1986. Villa Rica: historia inédita. Villarrica (Chile), Ilustré Municipalidad de Villarrica, Chile. 369 p.
- González, M. E. 2002. Fire history of *Araucaria-Nothofagus* forests in the Andean cordillera of south-central Chile. Ph.D. Thesis, University of Colorado, Boulder, Colorado, USA. 388 p.
- González, M. E. 2005. Fire history data as reference information in ecological restoration. *Dendrochronologia* 22: 149-154
- González, M. E.; T. Veblen. y J. Sibold. 2005. Fire history of *Araucaria-Nothofagus* forests in Villarrica National Park, Chile. *Journal of Biogeography* (32): 1187-1202
- González, M. E.; M. Cortés; F. Izquierdo; L. Gallo; C. Echeverría; S. Bekkesy y P. Montaldo. 2006. *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch.; *Araucaria*(o), Pehuén, Piñonero, Pino Araucaria, Pino chileno, Pino del Neuquén, Monkey puzzle tree. En: Donoso, C. (ed.) Las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina: Autoecología. Valdivia (Chile). pp. 36-53
- González, M. E. y T. Veblen. 2007. Incendios en bosques de *Araucaria araucana* y consideraciones ecológicas al madereo de aprovechamiento en áreas recientemente quemadas. *Revista Chilena de Historia Natural* 80: 243-253

- Hechenleitner, P.; M. Gardner; P. Thomas; C. Echeverría; B. Escobar; P. Brownless y C. Martínez. 2005. Plantas amenazadas del Centro-Sur de Chile; Distribución, conservación y propagación. Primera Edición. Chile, Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 p.
- Holmes, R. 1983. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-ring Bull.* 44: 69-75
- Huffman, J.; W. Platt; H.D., Grissino-Mayer y C. Boyce. 2004. Fire history of a Barrier Island Slash Pine (*Pinus elliottii*) savanna. *Natural Areas Journal* 24(3): 258-268
- INIA. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura. 221 p.
- Kitzberger, T.; T. T. Veblen y R. Villalba. 2000. Métodos dendrocronológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. En: Roig F. (ed.). *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina, EDIUNC. pp. 17-78
- Kitzberger, T.; T.T. Veblen y R. Villalba. 1997. Climatic influences on fire-regimes along a rain forest-to-xeric woodland gradient in northern Patagonia, Argentina. *J. of Biogeography* 24(1): 35-47.
- Kitzberger, T.; T.W. Swetnam y T.T. Veblen. 2001. Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niños-Southern Oscillation. *Global Ecology & Biogeography*. 10: 315-326
- Kitzberger, T. y T.T. Veblen. 2003. Influences of climate on fire in northern patagonia, Argentina. Chapter 10. In: Veblen, T.; W. Baker; G. Montenegro y T. Swetnam (eds.). *Fire and climatic changes in temperate ecosystems of the western americas*. New York, Springer. pp. 296-321
- Lara, A.; M.E. Solari *et al.* 1999. Cobertura de la vegetación original de la EcoRegion de los bosques Valdivianos en Chile hacia 1950. Informe técnico. Proyecto FB 49-WWF UACH, Valdivia (Chile)
- Lara, A.; S. Fraver; J.C. Aravena; y A. Wolodarsky. 1999. Fire and the dynamics of *Fitzroya cupressoides* (alerce) forests of Chile Cordillera Pelada. *Ecoscience*. 6(1): 100-109
- Lara A.; R. Villalba; J.C. Aravena; A. Wolodarsky y E. Neira. 2000. Desarrollo de una red de cronologías de *Fitzroya cupressoides* (alerce) para Chile y Argentina. En: Roig F. (ed.). *Dendrocronología en América Latina*. Mendoza, Argentina, EDIUNC. pp. 217-245

- Luebert, F. y P. Plischoff. 2006. Sinopsis Bioclimática y vegetacional de Chile. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. 316 p.
- Meléndez, S. 2002. La historia ambiental: aportes interdisciplinarios y balance crítico desde América Latina. Publicaciones Electrónicas en Historia, archivística y estudios sociales. Universidad de Costa Rica, Escuela de Historia. 7(19)
- Ministerio de Guerra. 1887. Oficios del Cuartel General del Ejército del Sur, años 1884-1887. En: Archivo Nacional (clan; mgue.; 1251)
- Otero, L. 2006. La huella del fuego: historia de los bosques nativos poblamiento y cambios en el paisaje del sur de Chile. Santiago (Chile), Pehuén. 168 p.
- Quiroz, D. 2001. Ocupaciones El Vergel en la costa de la Araucanía. En: 4º Congreso chileno de antropología. Campus Juan Gómez Millas de la Universidad de Chile, noviembre 19-23 de 2001. Santiago. pp. 2454-2467
- Ramírez, F. 1996. La necesidad de avanzar hacia una Historia Ecológica para Chile. Ambiente y desarrollo 12(2): 61-69
- Ramírez, C. 1989. Past and present landscape and land use. *In*: Dillehay, T. Monteverde. A late Pleistocene Settlement in Chile. Smithsonian Institution Press, Washington. Vol. I.
- Rodríguez, G.; J. Gil Flores y E. García. 1999. Metodología de la investigación cualitativa. Segunda ed. Málaga, Ediciones Aljibe. 378 p.
- San Martín, F. 1940. El paso de la Villarrica. Buenos Aires, Taller de Sebastián de Amorrortu e Hijos. p. 76
- Stokes, M. y T. Smiley. 1996. Introduction to Tree-Ring Dating. University of Chicago. Press. 73 p.
- Schulman, E. 1956. Dendroclimatic Changes in semiarid América. Tucson, University of Arizona Press.
- Subercaseaux, F.A. 1888. Memorias de la campaña a Villa-Rica. Santiago, Imprenta de la Librería Americana de Carlos 2º. p. 183
- Palma, J. 2007. Reconstrucción de la historia de incendios en bosques de *Nothofagus dombeyi* (Mird.) Oerst y *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. Et Mil. en el Parque Nacional Tolhuaca. Trabajo titulación Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 34 pp.

- Peñaloza, R. 2007. Zonificación de la severidad de incendio natural y su distribución topográfica cuantitativa en el Parque Nacional Tolhuaca, IX Región. Trabajo titulación Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. de Cs. Forestales. 67 pp
- Pérez, V. 1983. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Santiago, CONAF y FAO. 451 p. (Documento de trabajo N° 47)
- Téllez, E. 1987. La población pehuenche de la cordillera chilena en tiempos de la dominación española. Cuadernos de Historia. 7: 195-207
- Torrejón, F. y M. Cisternas. 2002. Alteraciones tempranas del paisaje ecológico araucano por la asimilación mapuche de la agroganadería hispano-mediterránea (siglos XVI y XVII). Revista Chilena de Historia Natural (75): 729-736
- Torrejón, F. y M. Cisternas. 2003. Impacto ambiental temprano en la Araucanía deducido de crónicas españolas y estudios historigráficos. Bosque 24(3): 45-55
- Urrutia, R. 2002. Desarrollo de una cronología de ancho de anillos para alerce (*Fitzroya cupressoides*) y reconstrucción de la historia de incendios en el área de Abato, Parque Nacional Chiloé, X Región. Tesis Ing. For. Santiago, Pontificia Universidad Católica de Chile, Fac. de Agronomía e Ing. Forestal. 71 p.
- Veblen, T.T. 1982. Regeneration patterns in *Araucaria araucana* forests in Chile. Journal Biogeography 9: 11-28
- Veblen, T.T.; T. Kitzberger; B. Burns y A. Rebertus. 1995. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques del sur de Chile y Argentina. En: Armesto, J C. Villagran y M.T.K. Arroyo, (eds.). Ecología de los bosques nativos de Chile. Santiago (Chile), Editorial Universitaria. pp. 169-198
- Veblen, T.T.; T. Kitzberger; R. Villaba y J. Donnegan. 1999. Fire history in northern Patagonia: The roles of humans and climatic variation. Ecological Monographs 69(1): 47-67.
- Veblen, T.T. y T. Kitzberger. 2002. Inter-hemispheric comparison of fire history: The Colorado Front Range, U.S.A., and the Northern Patagonian Andes, Argentina. Plant Ecology 163: 187-207.
- Veblen, T.T.; T. Kitzberger; E. Raffaele y D. Lorenz. 2003. Fire history and vegetation changes in northern patagonia, Argentina. Chapter 9. In: Veblen, T.; W. Baker; G. Montenegro y T. Swetnam (eds.). Fire and climatic changes in temperate ecosystems of the western americas. New York, Springer. pp. 265-295

- Vega, L. 2006. Antecedentes Histórico-Culturales Parque Nacional Villarrica IX Región. Informe técnico CONAF. 85 p.
- Villalba, R. 2000. Métodos en Dendrocronología y su potencial uso en América del sur. En: Roig F. (ed.). Dendrocronología en América Latina. Mendoza, Argentina, EDIUNC. pp. 17-78
- Worster, D. 1989. "Haciendo Historia Ambiental" ("Apéndice" del libro The Ends of the Earth). Tomado de Transformaciones de la Tierra. Una antología mínima de Donald Worster. C. Herrera. Panamá, 2000. 108 p.

## **ANEXOS**

**Anexo 1**  
***Abstract and Key words***

## **Fire history of *Araucaria araucana* (Mol.) Koch forests from Villarrica National Park, using tree-rings and oral records.**

### **Abstract:**

The goal of the present study was to reconstruct the fire history of the *Araucaria-Nothofagus* forests, in the area of Quetrupillan within Villarrica National Park, Chile. Also, the human influence on temporal changes of fire occurrence was analyzed.

A fire chronology was developed using cross-sections of fire-scarred trees from *A. araucana*. The fire marks and the fire years were cross-dated with the COFECHA program, assigning to each growth ring a calendar year. The graphic representation and statistic analysis were carried out with the FHX2 program. To obtain a more complete data interpretation, the ecological history of the area was studied using oral interviews with local people and available historical documents.

Fire has been present in these forests since 1531, which highlights the importance of fire events on the *Araucaria-Nothofagus* forests. For the sites Chinay and Los Venados, the IMF (mean fire interval) was c. 10 yr for the last 250 years (c. 1750-2005, all samples). The MFI between the indigenous period and the euro-chilean period was not statistically significant, although there was a shorter MFI for the last period in both sites (SCH and SVE). This would indicate that indigenous people have also been an important factor in determining the fire regimes in these forests, associated with livestock raising and herding before white settlement of the region (c. 1883).

The creation of the park (1940) and more effective policies of fire suppression by CONAF (since 1970), resulted in a decreasing fire occurrence during the second half of the 20<sup>th</sup> century. This is supported by the information provided in the interviews and by the lower occurrence of fires recorded after 1943.

**Key words:** *Araucaria-Nothofagus* forests, dendroecology, fire history, ecological history, oral records.

**Anexo 2**  
**Mapa histórico**

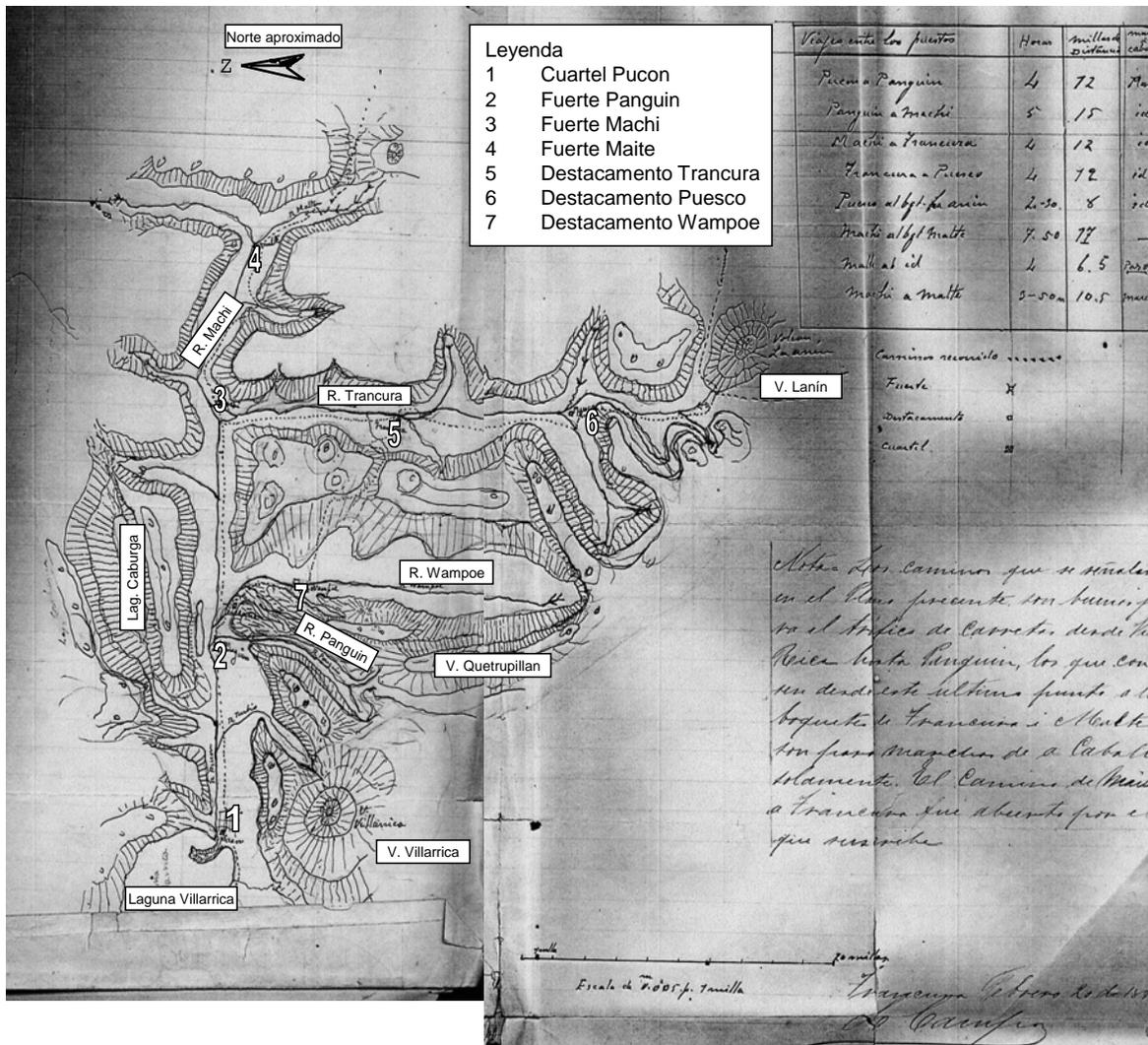


Figura 1. Plano confeccionado en el año 1887 donde se muestran establecimientos militares y caminos cercanos al actual PNV. Los nombres descritos se ajustan en lo posible, a los del mapa original. De la escritura del borde derecho inferior se puede distinguir lo siguiente "Los caminos que se señalan en el plano presente, son buenos para el tráfico de carretas desde Villa Rica (actual Villarrica) hasta Panguin (actual Palguín), los que conducen desde este último punto a los boquetes de Trancura i Maite son para marchas de a caballo solamente. El camino de Machi a Trancura fue abierto por el que suscribe. Trancura febrero 20 de 1887" (modificado del Ministerio de Guerra, 1887).

**Anexo 3**  
**Fragmentos de entrevistas sobre explotación de bosques**

Cuadro 1. Fragmentos de entrevistas con información sobre la explotación de bosques en el sector de Palguín.

Nº	Informante	Lugar evento	Fecha evento*	Cita textual	Comentarios
EX1	José Ñanco	Cercanías volcán Villarrica	1940	"Puro Huica pa allá, como se llama... el se fue a instalar en el parque pa allá en el volcán Villarrica, así en el bajo, ahí se instalo, aserró Pino Araucaria harto, ese hizo una grande... Ese fue... como el año 40 fue... se fue el señor... Después llegaron los señores con maquina, aserradero, había harta madera, madera de Raulí... ahora no, no queda nada, unos renuevos hay pero poco."	
EX2	Andrés García	Palguín	1940 aprox.	"...la fiebre de la madera, llegaron los primeros aserraderos, como quien dice, la gente despertó... como el año 40, o sea que mucho antes llegarían pero a la zona cerca de Villarrica todo... pero para que llegara acá por los caminos, ese eran los problemas. Si acá había puro camino de tierra... con 12 yunta de bueyes traían un locomovil..."	Llegada de los primeros aserraderos a Palguín.
EX3	Andrés García	PNV	1953 a 1955	"...del año 53 a 55 fue ferrocarriles del estado... explotó Antonio Mímica... dentro del parque... tenían dos aserraderos... después sacaron basas de 12 metros labradas a hacha... se iban a meter al Mocho no alcanzaron... el 20% de lo que explotaron se perdió..."	
EX4	Andrés García	PNV	1954 a 1955	"Mire la explotación de aquí llevaban aserriao a Pucón y de Pucón no supe más, porque estaba en la escuela y apenas tenía 10 años..."	Sobre el destino de explotación de <i>A. araucana</i> .
EX5	Jorge Paredes	Palguín	1950 a 1960	"...las grandes explotaciones de bosques son del año 50 en adelante hasta el 1960..."	
EX6	Jorge Paredes	PNV	post 1950	"El parque Villarrica fue intervenido en sus tres sectores, en Puesco... esta zona de los lagos andinos... en Quetrupillán... en Chinay, Chayupen también fue intervenido... eso fue el estado... intervinieron extrayendo la araucaria... el año 50 en adelante... un periodo corto..."	
EX7	Nazael Ulloa	Palguín		"...el raulí lo compraban los españoles el coihue Ferrocarriles del Estado..."	
EX8	Roberto García	Palguín	1954	"El parque lo explotaron también en el año 54 me parece... la explotación la hizo un seño Antonio Mímica la hicieron con Ferrocarriles parece, sacaron araucaria... hicieron camino la sacaban en basa en camiones... la llevaban a Pucón... no voltearon al barrer fueron dejando..."	

\* = Debido a que los entrevistados entregan fechas aproximadas de la ocurrencia de eventos, los años indicados en esta columna son los más representativos posibles de deducir de las entrevistas.

**Anexo 4**  
**Fotografías**

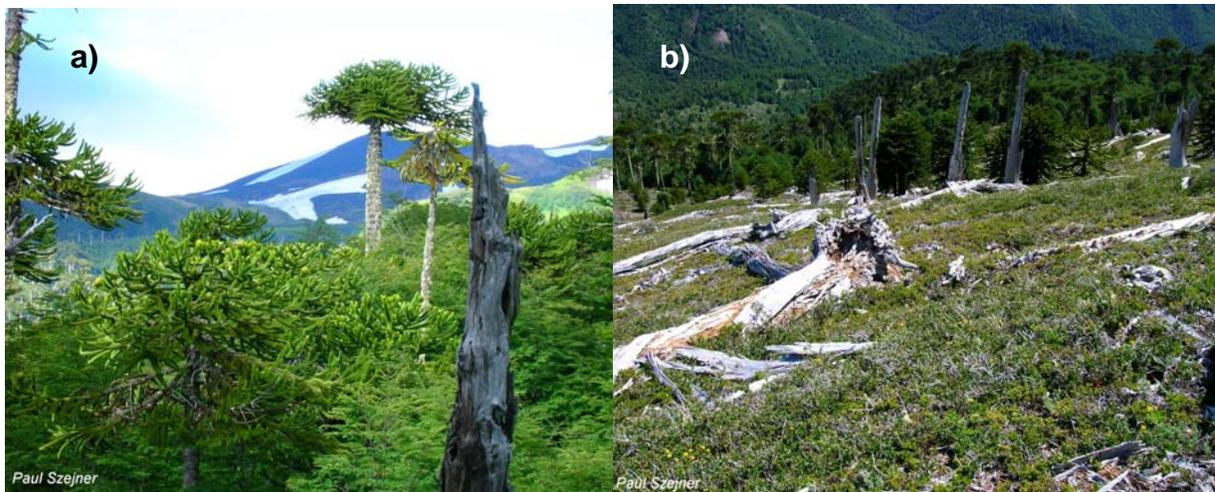


Figura 1. Sitios de estudio en el sector de Quetupillán del PNV. a) Una de las áreas del Sitio Chinay cubierto de vegetación, donde se aprecia un fuste de *A. araucana*, muerto por un incendio antiguo. b) Una de las áreas del Sitio Los Venados descubierta de vegetación arbórea, producto de un incendio (Fotografías, Paul Szejner).



Figura 2. Fuste de un individuo de *A. araucana* con múltiples cicatrices de incendio, que adquiere una forma particular nombrada "cicatriz boca".



Figura 3. Individuos de *A. araucana* con desprendimiento de corteza de origen antrópico, en la comuna de Lonquimay. a) Rama insertar en dos árboles con fines de apoyo estructural en las actividades de piñoneo (señalado con un elipsoide), en bosques del sector de Icalma (Fotografía, Fernando Bustos). b) Virgen insertar en el fuste de un árbol, en bosques del sector del Alto Bío Bío.

**Anexo 5**  
**Cronología de incendios del área de Quillehue, PNV (González *et al.*, 2005)**

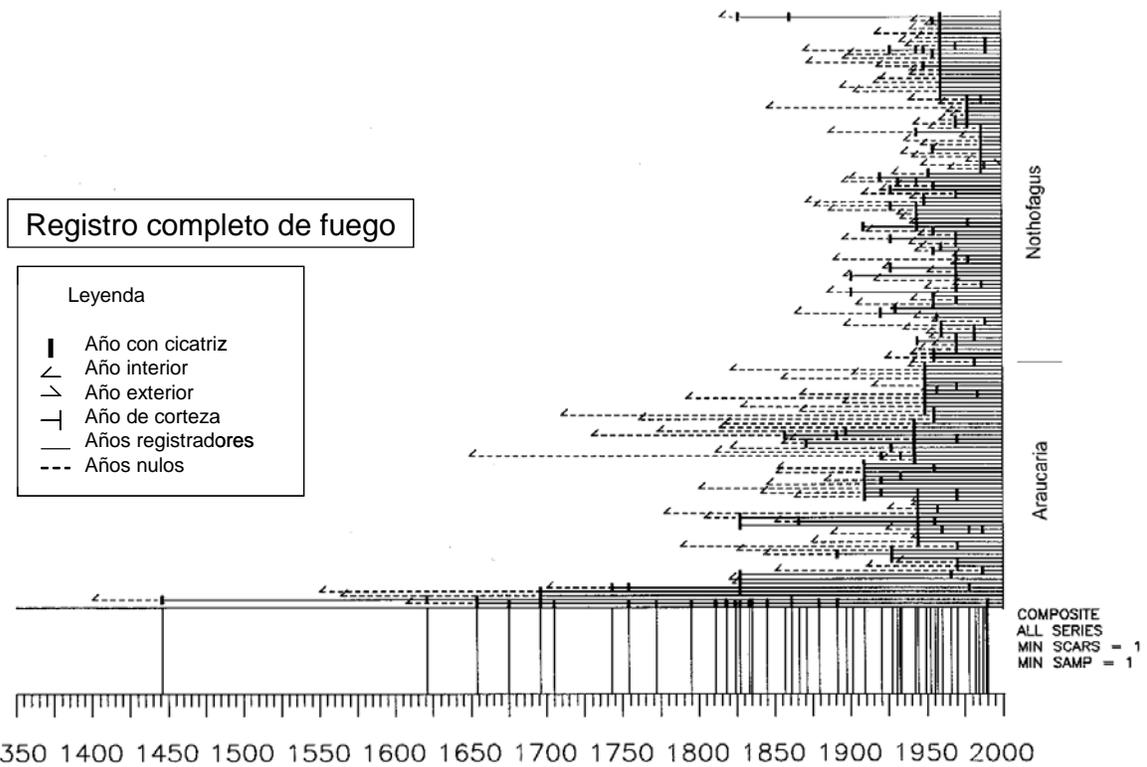


Figura 1. Cronología de incendios para el área del sector de Quillehue. Las líneas horizontales representan la cobertura temporal de cada muestra ( $n = 144$ ). Las líneas verticales en la parte inferior del gráfico resumen las fechas de incendio (modificado de González *et al.*, 2005).