



**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA**  
**CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN MADERA Y SUS**  
**BIOMATERIALES**

---

**ANÁLISIS DE LA MADERA DE *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.)**  
**de Laub., VARIABILIDAD Y COMPARACIÓN CON MADERAS**  
**FÓSILES AFINES**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniera Forestal

**VALERIA ANDREA MIRANDA BERRIOS**

Prof. Guía: Sra. Teresa Torres González, Profesora de Matemáticas, Física y Estadística  
Máster en Física del Estado Sólido, Doctora en Ciencias  
Srta. Magda Orell Arenas, Ingeniero Forestal, Diplomada en Bioenergía.

---

**Santiago, Chile**

**2017**

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA**  
**CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN MADERA Y SUS**  
**BIOMATERIALES**

**ANÁLISIS DE LA MADERA DE *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.)**  
**de Laub., VARIABILIDAD Y COMPARACIÓN CON MADERAS**  
**FÓSILES AFINES**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniera Forestal

**VALERIA ANDREA MIRANDA BERRIOS**

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sra. Teresa Torres González	7.0	.....
Prof. Guía Srta. Magda Orell Arenas	7.0	.....
Prof. Consejero Sr. Alejandro Bozo González	6.6	.....
Prof. Consejero Sr. Eduardo Martínez Herrera	6.3	.....

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco en primer lugar a don Evaristo Meli y “Tío” Daniel Meli, ya que sin su ayuda desinteresada y su permiso para extraer el árbol en que basa esta memoria, nada de esto sería posible.

Le doy las gracias a Magda Orell, gran amiga y compañera, si ella no me hubiera dicho que el profesor Alejandro Bozo estaba buscando memorantes para anatomía, no habría llegado a él y él no me habría llevado con la profesora Teresa Torres y yo habría terminado haciendo una memoria en algo irrelevante para mis intereses. Agradezco también a los nombrados profesores, por darme la oportunidad de hacer una memoria en un tema de mi interés más profundo y por aguantar todos los contratiempos que tuve en el camino.

Agradezco a Eduardo Martínez, por aceptar ser mi profesor consejero y subir a este barco a punto de hundirse.

Agradezco a toda la gente que me ayudó en el proceso de realización de esta memoria, y agradezco más a los que no me ayudaron, por ellos puedo decir que lo que he hecho es en base a mi esfuerzo, sin que nadie me facilitara el camino ni bogara en mi favor.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MATERIAL Y MÉTODO .....	4
2.1 Material .....	4
2.1.1 Características del individuo .....	4
2.1.2 Lugar de origen de la muestra .....	4
2.1.3 Características del lugar de origen .....	5
2.1.4 Materiales y equipo de laboratorio .....	5
2.1.5 Material fósil .....	6
2.2 Método .....	7
2.2.1 Obtención de Muestras .....	7
2.2.2 Elaboración de muestras Microscópicas .....	8
2.2.3 Descripción anatómica .....	9
2.2.4 Estudio de la variabilidad de la madera .....	11
2.2.5 Comparación con especies fósiles .....	12
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	13
3.1 Descripción anatómica del xilema de <i>Prumnopitys andina</i> .....	13
3.1.1 Largo de las Traqueidas .....	13
3.1.2 Número de traqueidas por mm <sup>2</sup> .....	14
3.1.3 Diámetro de las punteaduras (μm) .....	14
3.1.4 Espesor de pared (μm) .....	14
3.1.5 Diámetro de traqueidas (μm) .....	18
3.1.6 Altura de radios leñosos (número de células y μm) .....	18
3.1.7 Número de radios por mm lineal .....	18
3.1.8 Número de radios por mm <sup>2</sup> .....	18
3.1.9 Punteaduras por campo de cruce .....	19
3.2 Variabilidad de la madera de <i>Prumnopitys andina</i> .....	20
3.3 Comparación con especies fósiles afines .....	25
4. CONCLUSIONES .....	33
5. BIBLIOGRAFÍA .....	35
APÉNDICE .....	38
ANEXOS .....	39

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N°1: Tabla de parámetros a cuantificar.....	10
Cuadro N°2: Tabla resumen mediciones .....	10
Cuadro N°3: Descripción anatómica de <i>Prumnopitys andina</i> , según altura.....	15
Cuadro N°4: Descripción anatómica de <i>Prumnopitys andina</i> , según diámetro.....	17
Cuadro N°5: Tabla de comparación de características anatómicas de <i>Prumnopitys andina</i>	20
Cuadro N°6: Análisis comparativo de las especies fósiles afines a <i>Prumnopitys andina</i> ...	26
Cuadro N°7: Resultados estadísticos de las características anatómicas de <i>Prumnopitys andina</i> con especies fósiles afines.....	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Mapa del lugar de extracción del individuo.....	4
Figura N°2: Esquema de extracción de rodelas. ....	7
Figura N°3: Esquema de extracción de muestras.....	8
Figura N°4: Mediciones microscópicas realizadas con Software Motic Images Plus 2.0 ML. .....	11
Figura N°5: Maceración: traqueidas longitudinales (axiales), 35x. Barra 100 $\mu\text{m}$ .....	13
Figura N° 6: Imágenes <i>Prumnopitys andina</i> .....	16
Figura N°7: Ejemplos de campos de cruce con punteaduras en ventana.....	19
Figura N°8: Variabilidad de Largo de Traqueidas.....	21
Figura N°9: Variabilidad de Numero de Traqueidas por $\text{mm}^2$ . ....	21
Figura N°10: Variabilidad de Diámetro de punteaduras ( $\mu\text{m}$ ).....	21
Figura N°11: Variabilidad de Espesor de pared ( $\mu\text{m}$ ).....	22
Figura N°12: Variabilidad de Diámetro de traqueidas ( $\mu\text{m}$ ).....	22
Figura N°13: Variación de Altura de radios (número de células).....	23
Figura N°14: Variabilidad de Altura de radios ( $\mu\text{m}$ ).....	23
Figura N°15: Variabilidad de Radios por mm lineal. ....	24
Figura N°16: Variabilidad de Radios por $\text{mm}^2$ .....	24
Figura N°17: Variabilidad de Punteaduras por campo de cruce. ....	25
Figura N°18: Gráficos de variabilidad entre <i>Prumnopitys andina</i> y fósiles afines. ....	28
Figura N°19: Gráficos de variabilidad entre <i>Prumnopitys andina</i> y fósiles afines .....	29
Figura N°20: Comparación secciones transversales. ....	30
Figura N°21: Comparación secciones longitudinal radial.....	31
Figura N°22: Comparación secciones longitudinal tangencial.. ....	32

## RESUMEN

El presente trabajo realiza un análisis microscópico de la madera de *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub. (Lleuque). El análisis se realizó extrayendo rodajas cada un metro de altura, desde donde se extraen cuatro muestras, esto con el fin de evaluar la variabilidad de la madera a distintas alturas y diámetros del fuste. Posteriormente estos datos de variabilidad son usados en la comparación especies fósiles afines.

El individuo analizado proviene de la Comuna de Melipeuco, Región de la Araucanía, Chile. Las dos muestras fósiles analizadas pertenecen a la Paleoxiloteca del Laboratorio de Paleobotánica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile. Además se utilizan para la comparación los datos publicados por Torres y Lemoigne (1988), Torres *et al.* (1994), Pujana (2008) y Franco y Brea (2015).

Para *Prumnopitys andina*, el análisis estadístico muestra la presencia de variabilidad en altura y diámetro. Para las diferentes alturas se observa variabilidad en los parámetros: largo de traqueidas, traqueidas por  $\text{mm}^2$ , espesor de pared, diámetro de traqueidas, altura de radios (número de células y tamaño), diámetro de punteaduras y radios por  $\text{mm}^2$ . En diámetro, se observa variabilidad en los parámetros: diámetro de punteaduras, diámetro de traqueidas, altura de radios (número de células y  $\mu\text{m}$ ), traqueidas por  $\text{mm}^2$  y radios por  $\text{mm}^2$ , espesor de pared y radios por  $\text{mm}$  lineal. En cuanto a descripción, los datos se encuentran dentro de los rangos descritos para la especie por otros autores, exceptuando el largo de traqueidas, que presenta valores más bajos que los descritos.

Las muestras fósiles analizadas poseen a primera vista características similares a *Prumnopitys andina*, principalmente radios altos y campos de cruce con punteaduras en ventana. La comparación con especies fósiles muestra que ambas muestras analizadas para este trabajo (fósil Keller y fósil Chacabuco) son las que presentan mayor afinidad con *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub.

Los resultados obtenidos contribuyen al estudio de *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub., a la anatomía de la madera y paleobotánica en general, generando información útil para la identificación de maderas fósiles.

Palabras clave: *Prumnopitys andina*, lleuque, variabilidad, anatomía, fósil.

## ABSTRACT

This document provides a microscopic analysis of the wood of *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) Of Laub. (Lleuque). The analysis was made by extracting slabs each one meter high, from where four samples are extracted, in order to evaluate the variability of the wood at different heights and diameters. Subsequently these variability data are used in the comparison of related fossil species.

The analyzed individual comes from Melipeuco, Region de La Araucanía, Chile. The two fossil samples analyzed belong to the Paleoxylotique of the Laboratory of Paleobotany of Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. In addition, are used the data published by Torres and Lemoigne (1988), Torres et al. (1994), Pujana (2008) and Franco and Brea (2015).

For *Prumnopitys andina*, statistical analysis shows the presence of variability in height and diameter. For different heights, variability in the parameters can be observed in: tracheids length, tracheids per mm<sup>2</sup>, wall thickness, tracheid diameter, rays height (number of cells and µm), pits diameter and rays per mm<sup>2</sup>. In diameter, variability was observed in the parameters: pits diameter, tracheid diameter, rays height (number of cells and µm), tracheids per mm<sup>2</sup> and rays per mm<sup>2</sup>, wall thickness and rays per linear mm. As for description, the data is within the range described for the specie by others authors, except tracheids length which has lower values than those described.

The analyzed fossil samples have at first sight similar features to *Prumnopitys andina*, mainly in rays high and window-like crossing fields pits. The comparison with fossil species shows that both samples analyzed for this work (fossil Keller and Chacabuco) are the ones with the highest affinity with *Prumnopitys andina* (Poepp.Ex Endl.) de Laub.

The results obtained contribute to the study of *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub., to the wood anatomy and paleobotany in general, generating useful information for fossil wood identification.

Key words: *Prumnopitys andina*, lleuque, variability, anatomy, fossil.



## 1. INTRODUCCIÓN

La familia Podocarpaceae (gimnosperma) fue descrita por Endlicher en 1847. Se ubica en el Hemisferio Sur, en las regiones de Australasia y América, desde México hasta el sur de Chile. Sus miembros son mayoritariamente especies de árboles o arbustos tropicales o subtropicales (montañas lluviosas). Corresponden a especies siempreverdes, de fuste recto y ramas más menos horizontales, con hojas dispuestas en espiral u opuestas, con forma desde aguja hasta lanceolada. Todas las Podocarpaceae que han sido investigadas han mostrado presencia de micorrizas (Earle, 2015).

La familia tiene su origen en el período Triásico, pasando por su apogeo en el Mesozoico, distribuyéndose en ambos hemisferios. Luego de esto, pasó a habitar principalmente el hemisferio Sur, en el cual se extiende hasta nuestros días (Biffin *et al.*, 2011).

Actualmente la familia está conformada por 173 especies, agrupadas en 18 géneros. De éstos, sólo cinco se encuentran presentes en el territorio chileno: *Dacrydium*, *Lepidothamnus*, *Podocarpus*, *Prumnopitys* y *Saxegothaea*, siendo este último, un género monotípico y el único no presente en Australasia.

El género *Prumnopitys*, posee sólo una especie en el territorio nacional, *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub., de nombre común Lleuque. Esta especie crece en fondos de quebradas y lugares húmedos, bajo condiciones que dificultan de sobremana su sobrevivencia. Su estado de conservación, causado por la pérdida de hábitat y dificultad para su regeneración, ha llevado a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) a clasificarlo en estado vulnerable, VU (B2ab) (Gardner, 2013). Esta especie ha sido escasamente estudiada y descrita, además de la confusión con otras especies de similares características taxonómicas.

Su distribución en Chile abarca la Cordillera de Los Andes desde la Provincia de Linares, región del Maule, hasta la provincia de Cautín, región de La Araucanía. A lo largo de su distribución, crece desde los 200 m.s.n.m. hasta los 1.380 m.s.n.m. Sólo hay conocimiento de una subpoblación existente en la Cordillera de la Costa, en la región de La Araucanía, ubicada en la ladera Este de la Cordillera de Nahuelbuta. Esta especie se encuentra presente en el Tipo Forestal Araucaria (Hechenleitner *et al.*, 2005).

Las antiguas poblaciones de Lleuque presentes a lo largo de la Cordillera de la Costa se han visto afectadas por la introducción de especies exóticas para producción forestal, especialmente por *Pinus radiata*. También se observa la reducción de su regeneración a causa del pastoreo de caprinos, ovinos, bovinos y equinos (Amigo *et al.*, 2010).

La especie se caracteriza por ser un árbol siempreverde, que puede alcanzar hasta 15 metros de altura, posee copa de tipo piramidal o redondeada, tronco liso de corteza grisácea, con diámetros de entre 0,5 – 1 m en la madurez. Ramas verticiladas a semi verticiladas, con hojas que las cubren densamente. Hojas delgadas y lineares, de 0,15 – 0,2 cm de ancho y 1 – 2,5 cm de largo. Éstas son alternas, casi sésiles, ligeramente falcadas, con un color ligeramente verde azulado, en el envés poseen 2 bandas estomáticas y un pequeño mucrón en el ápice (Hechenleitner *et al.*, 2005).

Sus conos masculinos se disponen en espigas, cada uno con una bráctea linear-lanceolada. Conos femeninos con fruto parecido a una ciruela de 2 – 3 cm de largo, de color amarillo en su madurez y sabor dulce (Hechenleitner *et al.*, 2005).

La madera de Lleuque presenta anillos de crecimiento notorios, con cambio gradual entre madera de primavera y verano. Las traqueidas presentan sección hexagonal redondeada y paredes delgadas, con un promedio de 1.800 traqueidas por mm<sup>2</sup>, poseen punteaduras areoladas uniseriadas. Según su longitud se clasifican como cortas (menos de 3.000 μ), la mayoría presenta en promedio longitud de 2.000μ (Wageman, 1949). Sus radios son uniseriados, homogéneos, muy bajos, altura máxima de 11 células, frecuentemente de 3 – 8 células. Presenta parénquima escaso, cuando existe se presenta en haces aislados y difusos.

Característica propia de esta especie es la presencia de campos de cruce con punteaduras de tipo ventana, los que abarcan todo el campo en la madera de primavera, y en la de verano, se presentan de forma alargada extendiéndose desde un extremo del campo hasta el extremo opuesto (Wageman, 1949).

Como se mencionó anteriormente, el auge de la familia Podocarpaceae se presume en el periodo Mesozoico, decayendo en el periodo Cenozoico. La Antártica es considerada el centro del Continente Gondwana, por ello, presenta registros de maderas fósiles afines a la familia Podocarpaceae en ambos períodos (Torres, 1990). Estos registros son procedentes de varias islas circundantes al Continente Blanco (islas Dee, Livingston, James Ross y Rey Jorge) (Torres y Lemoigne, 1988, 1989; Torres *et al.*, 2004, 2012).

No existían registros de maderas fósiles afines al género *Prumnopitys* hasta el año 2015, aunque el trabajo de Torres y Lemoigne (1988) señala su relación con el género fósil *Phyllocladoxylon* Gothan, de la familia de las Podocarpaceae, frecuentemente encontrado en Antártica y de características anatómicas similares. Franco y Brea (2015) describen un leño fósil proveniente de la rívera del Río Paraná, Argentina (Formación Ituzaingó), de regular preservación, que posee características afines a una especie del género *Prumnopitys*, del grupo de especies que no presentan parénquima, entre las que se encuentra *Prumnopitys andina*.

Las especies fósiles identificadas que poseen campos de cruce con grandes punteaduras semiareoladas de tipo ventana, que abarcan todo o casi todo el campo de cruce, se clasifican dentro de la familia Podocarpaceae, son relacionadas mayormente con el género *Phyllocladus* o *Dacrydium* (y generalmente asimilado al morfo-género fósil *Phyllocladoxylon*). El género *Prumnopitys* no se consideró, salvo en las observaciones de Torres y Lemoigne (1988).

Dada las pocas publicaciones existente sobre *Prumnopitys andina* se hace necesario realizar un estudio en el cual se generen datos concretos sobre su anatomía, temas poco investigado para la especie, que presenta características bastante singulares, al menos en lo que a anatomía microscópica se refiere.

Una de las motivaciones que condujo a la presentación de este trabajo es generar información sobre la variabilidad intraespecífica en la anatomía del xilema secundario de Lleuque, y de

anatomía en general, foco poco explorado, ya sea en especies actuales o fósiles. Se espera generar conocimiento sobre la anatomía del xilema secundario de esta especie y actualizar los estudios existentes (Rancusi *et al.*, 1987; Wageman, 1949, Gregus, 1955).

El objetivo general de este estudio es analizar la variabilidad de la estructura anatómica de la madera de *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub., comparándola con maderas fósiles afines.

Para llevar a cabo este objetivo general, se definieron los siguientes objetivos específicos:

- Describir anatómicamente la madera de *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub. a distintas alturas y posición radial de fuste.
- Analizar maderas fósiles con características afines a *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub.
- Determinar a través de análisis comparativos si las especies fósiles se encuentran dentro del rango de variabilidad y poseen analogías con *Prumnopitys andina* (Poepp. Ex Endl.) de Laub.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 Material

#### 2.1.1 Características del individuo

El individuo de Lleuque utilizado en esta memoria, presentaba un DAP promedio de 17 cm, una altura total de 10,35 m y altura útil para el estudio de 7,3 metros (más allá de esta altura, el diámetro disminuía a un nivel en que era imposible sacar las muestras necesarias).

El árbol se extrajo en el punto GPS 19H 266227 5697300, a 492 m.s.n.m. el árbol formaba parte de rodales puros de *Prumnopitys andina*, con pendiente entre 0% a 5%, con un escaso sotobosque de *Rosa moschata*.

#### 2.1.2 Lugar de origen de la muestra

El árbol estudiado proviene de la Comuna de Melipeuco, Provincia de Cautín, precordillera de la Región de La Araucanía. La comuna se ubica a 92 kilómetros de Temuco, en la falda sur del Volcán Llaima. Melipeuco tiene una superficie de 1.107,3 km<sup>2</sup> y contiene dos Áreas Silvestres Protegidas: Parque Nacional Conguillío y Reserva Nacional China Muerta.

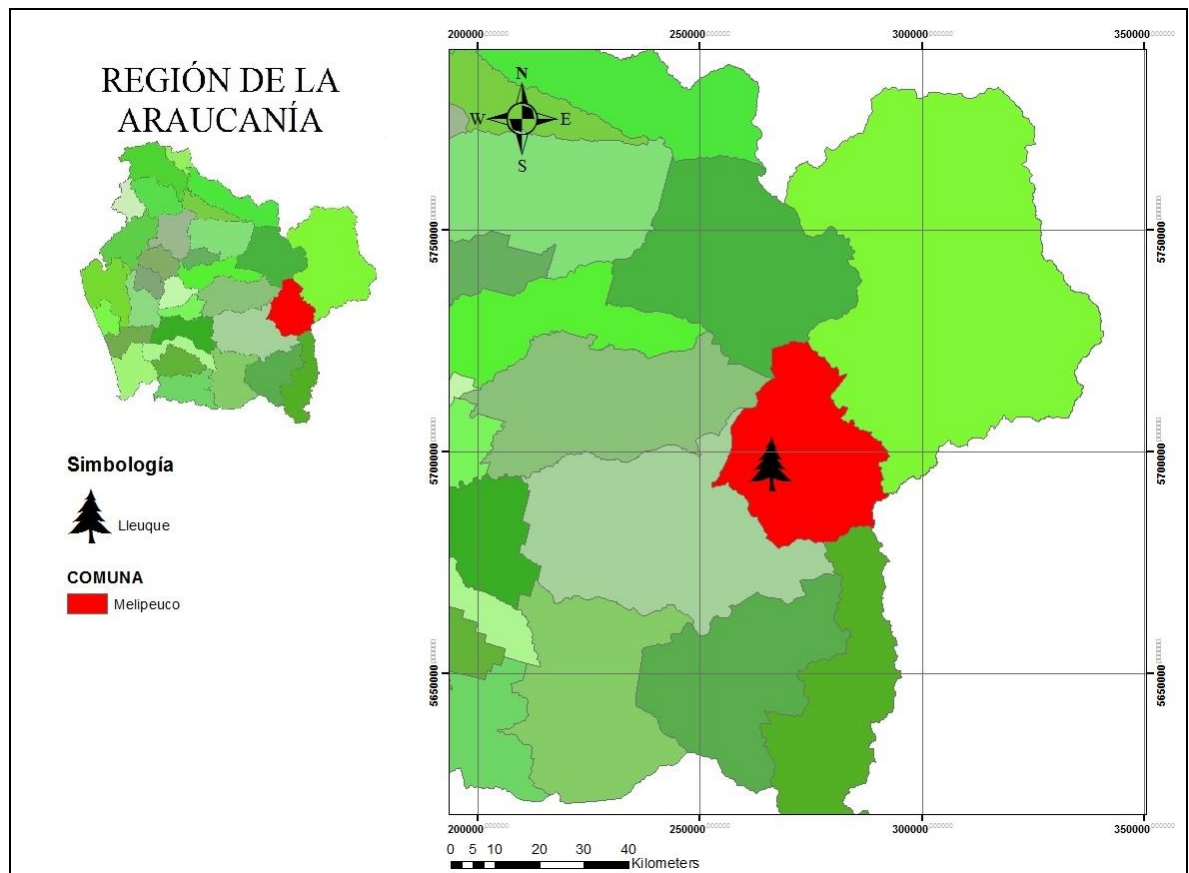


Figura N°1: Mapa del lugar de extracción del individuo. Región de La Araucanía, comuna de Melipeuco.

### 2.1.3 Características del lugar de origen

La comuna posee una morfología originada por procesos glaciares, fluviales y volcánicos, que crearon un paisaje de macizos rocosos y valles intermontanos con poco desarrollo sedimentario. Aquí se ubican las mayores alturas de la región (mayores a 2.000 m.s.n.m.), debido a los anteriormente nombrados procesos volcánicos (Suazo *et al.*, 2011).

En la clasificación climática de Köppen, la comuna presenta características predominantes de “clima templado lluvioso”, con características de continentalidad por su lejanía al océano. Esta lejanía produce una amplitud muy marcada en las temperaturas, presentando mínimas de 1°C en los meses fríos y máximas de 23°C en los meses de calor, con temperaturas promedio de 6,8°C y precipitaciones del orden de 1.000-2.500 mm. anuales, con periodos secos de dos a más meses (Suazo *et al.*, 2011).

Según la clasificación de Gajardo (1994), esta zona se encuentra inserta en la Sub-región del bosque caducifolio andino, correspondiendo específicamente al Bosque Caducifolio Mixto de la Cordillera de los Andes. Este se caracteriza por presentar un piso altitudinal más húmedo y frío, donde se presentan elementos florísticos laurifolio y alto andino, se califica como mixto debido a la abundante presencia de especies de hoja perenne, que incluso llegan a dominar el dosel superior.

Según Donoso (1993), se presenta mayoritariamente el Tipo Forestal Araucaria, en donde *Prumnopitys andina* es una especie acompañante de *Araucaria araucana*, junto a *Nothofagus dombeyi*, entre otras especies.

### 2.1.4 Materiales y equipo de laboratorio

Las preparaciones microscópicas fueron realizadas en el Laboratorio de Anatomía de la Madera, Departamento de Ingeniería en Madera y sus Biomateriales, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

Para la preparación de las muestras se dispuso de los siguientes equipos: Horno Heraeus, Micrótopo de deslizamiento Reichert, Bomba de vacío, embudo Büchner. Para la observación y análisis se usaron equipos como: Microscopio binocular OLIMPUS CX 21, microscopio óptico Leitz Wetzlar con ocular reticulado (graduado en micrones) y cámara Celestron 2000 (adosada al microscopio). Se usó el software Motic Images Plus 2.0 ML para la medición de parámetros.

Complementariamente a las muestras realizadas, se usaron cuatro muestras permanentes de *Prumnopitys andina* de diferentes años existentes en el Laboratorio de Anatomía de la Madera, esto para observar la variabilidad entre ellas y las muestras analizadas en esta memoria.

Las preparaciones histológicas permanentes se realizaron utilizando cortes de 25-30 µm de espesor, tratados con una batería de distintos elementos: ácido acético glaciar (CH<sub>3</sub>COOH), agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) de 30 volúmenes, alcohol 50°, alcohol 95° (desnaturalizado), safranina 1% acuosa y xilol. Estas preparaciones histológicas fueron montadas en portaobjetos y cubreobjetos y fijadas con bálsamo de Canadá.

### 2.1.5 Material fósil

Las preparaciones microscópicas de las maderas fósiles usadas pertenecen a la Paleoxiloteca del Laboratorio de Paleobotánica de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

Las muestras existentes en la Paleoxiloteca con características similares a *Prumnopitys andina* datan desde el Mesozoico (Cretácico) al Cenozoico. Por ello, para la realización de esta memoria se seleccionaron las muestras pertenecientes al periodo Paleógeno (periodo más moderno). Varias han sido determinadas como parte del organo-género *Phyllocladoxylon* Gothan, pues sus características las ubican dentro de la diagnosis dada para este género fósil.

Las muestras seleccionadas para ser analizadas no poseen una identificación oficial, pero poseen características que hacen pensar suponer su vinculación a la especie *Prumnopitys andina*. Estas muestras fósiles proceden del Continente Antártico (Península Keller) y la zona central de Chile continental (Cuesta Chacabuco).

La muestra fósil proveniente del Territorio Chileno Antártico, se colectó en un afloramiento situado en Península Keller, Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, Antártica Chilena. Este afloramiento está conformado principalmente por rocas volcánicas del Grupo Martel Intel (Torres *et al.*, 2010).

La muestra fósil proveniente de Chile Continental, fue colectada en la Cuesta de Chacabuco, Provincia de Chacabuco, Región Metropolitana de Santiago. Esta muestra pertenece a la parte inferior de la Formación Farellones, denominada Miembro Tuquito (Torres y Tapia, 1987).

Adicionalmente a las muestras descritas, se usó información de publicaciones anteriores que describieron especies con características similares a *Prumnopitys andina*. A continuación se da una descripción de las muestras de cada publicación.

Torres y Lemoigne (1988) determinaron el fósil encontrado como *Phyllocladoxylon anctarcticum* (Gothan), éste fue colectado en Cerro Bosque Petrificado, Bahía Almirantazgo, Isla Rey Jorge, Antártica. Proviene de la Formación Caleta Arctowsky, Miembro Bosque Petrificado, y pertenece al Paleógeno (probablemente Eoceno Inferior).

Torres, Marensi y Santillana (1994) también determinaron el fósil encontrado como *Phyllocladoxylon anctarcticum* (Gothan), éste procede de Isla Seymour, Antártica. Proviene de la Formación La Meseta y pertenece al Eoceno – Oligoceno.

Pujana (2008) determinó su fósil como *Phyllocladoxylon sp.*, éste fue colectado en Rio Turbio, Santa Cruz, Argentina. Proviene de la Formación Rio Turbio, sección Estancia Primavera y pertenece al Eoceno.

Franco y Brea (2015) determinaron el fósil encontrado como *Prumnopityoxylon gnaedingeriae* (Franco y Brea), éste fue colectado en El Brete, Paraná, Entre Ríos, Argentina. Proviene de la Formación Ituzaingó y pertenece al Cenozoico superior.

## 2.2 Método

### 2.2.1 Obtención de Muestras

Una vez seleccionado el árbol, fue volteado y seccionado, obteniendo rodela de 3-5 cm de espesor. Las rodela se extrajeron a los 0,3; 1,3; 2,3; 3,3; 4,3; 5,3; 6,3 y 7,3 metros de altura. El DAP fue de 17 cm, y el diámetro de la rodela de mayor altura fue de 5,6 cm.

En cada rodela se determinó el diámetro mayor, y se obtuvo una faja de 1x1 cm, del tamaño del diámetro. En esta faja se marcaron cuatro puntos ubicados en la periferia del diámetro y a la mitad de la edad de la rodela, de cada punto se obtuvieron cubos de 1 cm<sup>3</sup> con los cuales se realizaron las muestras microscópicas. A modo de ejemplo, la rodela de los 0,3 metros tenía 52 años, por ende, las muestras de la periferia son adyacentes a la corteza y las muestras de posición media se cortaron en el anillo 26 (mitad de la edad de la rodela) (ver esquema en Figura N°3).

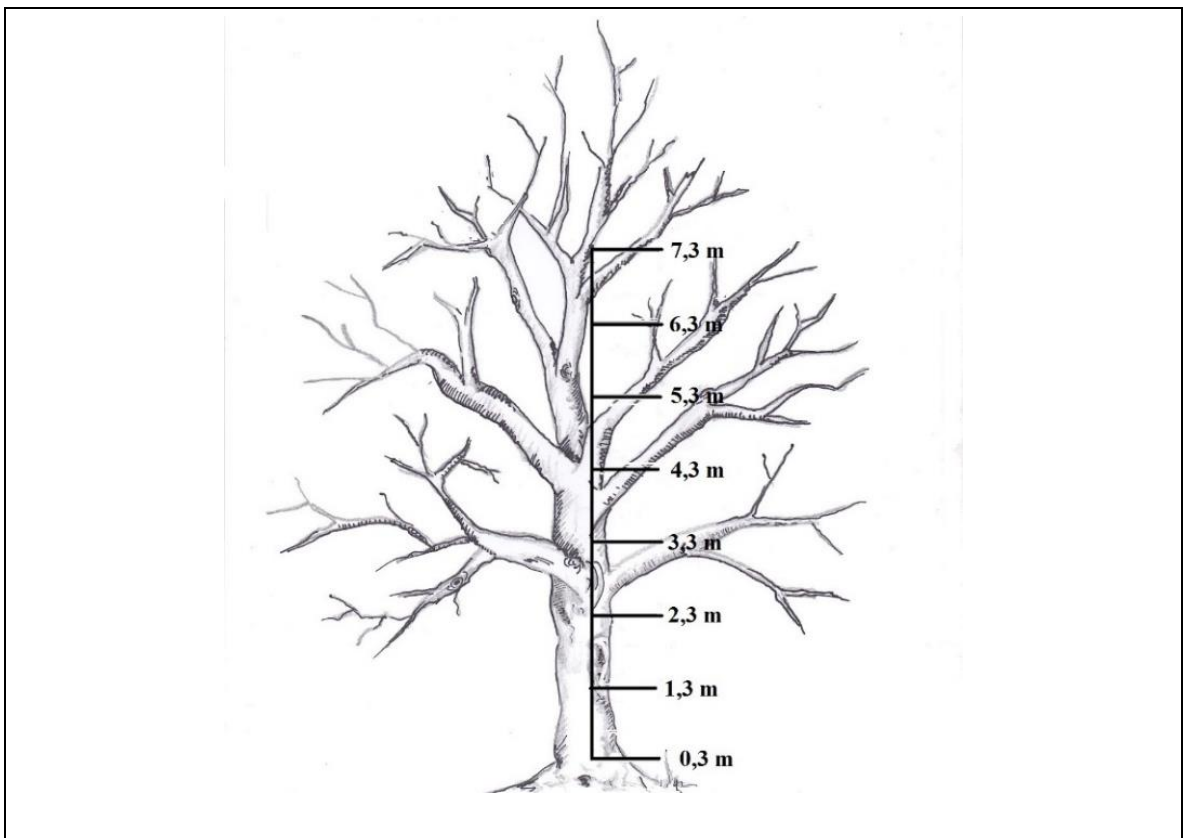


Figura N°2: Esquema de extracción de rodela.

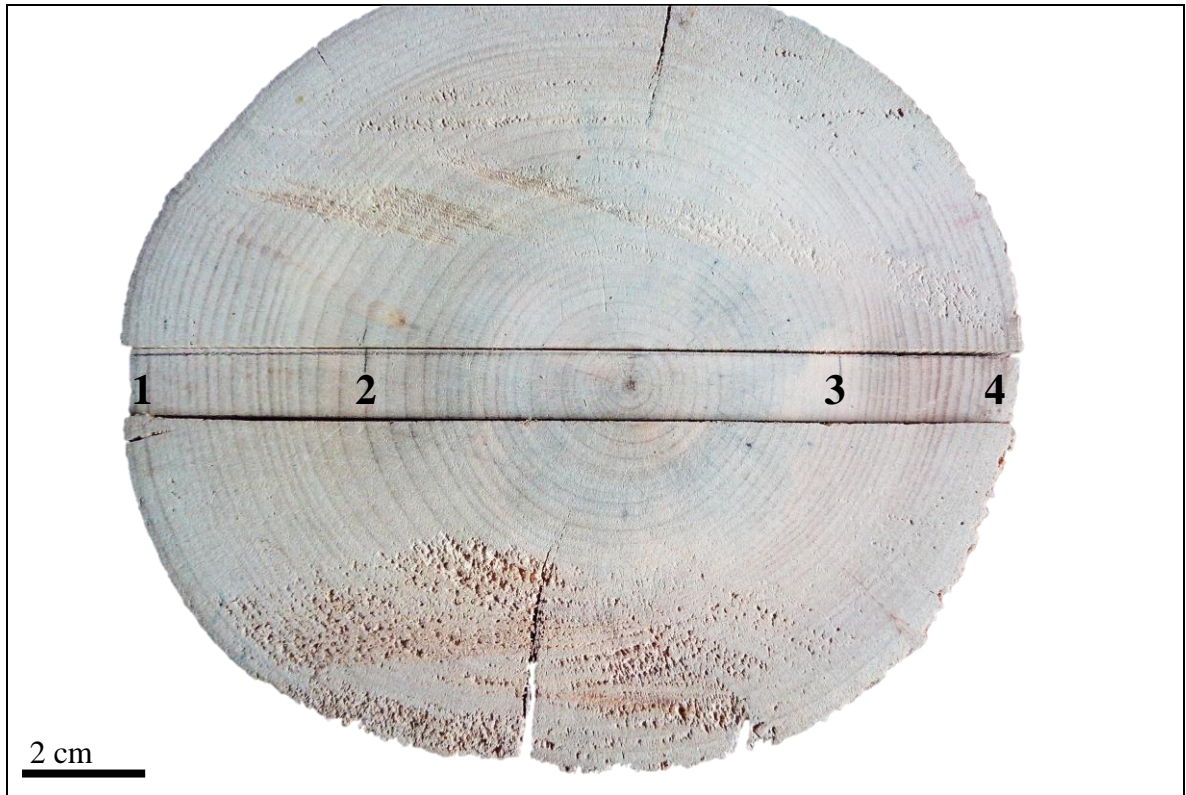


Figura N°3: Esquema de extracción de muestras. Posiciones 1 y 4: muestras de borde; posiciones 2 y 3, muestras de la mitad de la edad de la rodela. Imagen rodela 3,3 m.

## 2.2.2 Elaboración de muestras Microscópicas

Para la realización de las muestras microscópicas se usaron los métodos estándar actualmente utilizados en el Laboratorio de Anatomía de la Madera (Johansen, 1940; Normand, 1972; Franklin, 1938), los que se explican a continuación.

**2.2.2.1 Cortes histológicos:** Teniendo los cubos cortados de manera de que las caras transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial se encuentren bien definidas, se sumergieron en agua para eliminar las impurezas. Con los cubos completamente hidratados se realizaron los cortes histológicos de 25  $\mu$  de espesor, esto usando un micrótopo de deslizamiento Reichter. Para los cortes transversales el ángulo de inserción del cuchillo fue de 10° y para los cortes longitudinales fue de 15°.

Posteriormente, los cortes fueron sumergidos en una cápsula Petri con safranina al 1% acuosa por 5 minutos, pasado este tiempo se lavan con agua. Luego de esto, pasan por una batería de alcoholes para su deshidratación (alcohol de 50° por 30 segundos y alcohol de 95° por 10 minutos). Finalmente, los cortes se sumergen en xilol por al menos 2 minutos, ésto otorga propiedades ópticas al corte, lo que mejora la observación de los elementos celulares.

Para terminar el proceso, los cortes son montados en un portaobjetos y fijados con bálsamo de Canadá para su observación al microscopio.



**2.2.2.2 Maceración:** Para la observación del largo de las traqueidas, se realizaron macerados de madera a fin de facilitar su medición.

Las muestras de madera fueron astilladas en el plano longitudinal, hasta obtener astillas lo más delgadas posible. Éstas se colocaron en tubos de ensayo junto a una solución de ácido acético glacial ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) y agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) de 30 volúmenes, en relación 1:1. Esta solución actúa como diluyente de la lignina que se encuentra uniendo las células. Se colocó un tapón de algodón a los tubos para disminuir la evaporación y se llevaron a la estufa a  $60^\circ\text{C}$  por 2 semanas.

Pasadas las dos semanas, los tubos se destapan y se agitan finalmente para terminar de separar las células. El contenido se vacía en un filtro de género colocado sobre un embudo Büchner. Se adiciona agua hasta eliminar completamente el ácido de la mezcla inicial. Se aplica safranina al 1% acuosa por cinco minutos para teñir la muestra y se filtra. Luego de esto se aplica alcohol de  $95^\circ$  por unos segundos y se filtra y finalmente se agregan unas gotas de xilol filtrando inmediatamente.

Se extrae el filtro del embudo, se envuelve en papel absorbente y se deja en la estufa hasta que se seque para el montaje final.

El montaje de la muestra, se realiza sobre un portaobjeto, donde se agregan unas gotas de bálsamo de Canadá y se vierten los elementos celulares. Se deja la muestra en la estufa a  $60^\circ\text{C}$  por 24 horas para eliminar completamente las burbujas de la muestra.

### **2.2.3 Descripción anatómica**

Para la descripción y análisis de las muestras de *Prumnopitys andina*, se consideraron 3 fuentes: muestras pertenecientes a la colección del Laboratorio de Anatomía de la Madera, muestras realizadas para esta memoria y muestras de maderas fósiles.

Se consideraron características cualitativas y cuantitativas, según lo establecido por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, por sus siglas en inglés) en la Lista Estándar para descripción de coníferas (2004).

Las mediciones biométricas fueron realizadas con el Software Motic Images Plus 2.0 ML, el número de mediciones realizado corresponde también a lo establecido por IAWA Committee (2004). Se realizaron microfotografías histológicas de las características más relevantes (usando aumentos 40x, 10x y 3,5x).

Las características anatómicas consideradas para ser descritas (Cuadro N°1), fueron las relevantes a la hora de identificar a nuestra especie, basado en lo expuesto por Rancusi *et al.* (1987), Wageman (1949).

Las características cualitativas consideradas en la descripción fueron: notoriedad de anillos de crecimiento, tipo y disposición de punteaduras en las traqueidas, existencia de espacios intercelulares, clasificación según el espesor de las paredes de las traqueidas y presencia de parénquima. Para los campos de cruce se determinó el tipo de punteadura.

Cuadro N°1: Tabla de parámetros a cuantificar.

ELEMENTO		N° Mediciones	Corte o preparación
<b>Traqueidas</b>	Largo ( $\mu\text{m}$ )	25	Macerado
	N°/mm <sup>2</sup>	5	Transversal
	Diámetro punteaduras ( $\mu\text{m}$ )	25	Longitudinal radial
	Espesor de pared ( $\mu\text{m}$ )	30	Longitudinal radial
	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	30	Longitudinal radial
<b>Radios leñosos</b>	Altura (n° células y $\mu\text{m}$ )	25	Longitudinal tangencial
	N°/mm	10	Transversal
	N°/mm <sup>2</sup>	10	Transversal
<b>Campos de cruce</b>	Punteaduras por campo	25	Longitudinal radial

La realización de cada muestra, fotografía y medición requirió de tiempo y dedicación, por ello, se adjunta un cuadro en que se resume el trabajo que se llevó a cabo para la realización de esta memoria (Cuadro N°2). En la columna “fotografías” los superíndices indican que se usaron las mismas fotografías para medir los parámetros con igual número. Lo mismo sucedió en la columna muestras, el superíndice indica que las mediciones se realizaron con las mismas muestras, exceptuando el largo de traqueidas, que se midió en maceraciones. Las muestras, se realizaron con un respaldo en caso de ser necesario, por lo que se realizaron 64 muestras de cortes histológicos y 32 de macerados, siendo 96 muestras en total.

En cuanto a las muestras fósiles descritas, se realizaron 320 mediciones (160 para cada una) y 80 fotografías (40 para cada una).

Cuadro N°2: Tabla resumen mediciones

Parámetro		Muestras	Mediciones	Fotografías
<b>Radios leñosos</b>	Altura ( $\mu\text{m}$ )	32 <sup>1</sup>	800	192 <sup>1</sup>
	Altura (N° células)	32 <sup>1</sup>	800	192 <sup>1</sup>
	N°/ mm <sup>2</sup>	32 <sup>1</sup>	320	352 <sup>2</sup>
	N°/ mm	32 <sup>1</sup>	320	352 <sup>2</sup>
<b>Traqueidas</b>	Largo ( $\mu\text{m}$ )	32	800	832
	N° por mm <sup>2</sup>	32 <sup>1</sup>	160	256
	Diámetro punteaduras ( $\mu\text{m}$ )	32 <sup>1</sup>	800	192 <sup>3</sup>
	Espesor de pared ( $\mu\text{m}$ )	32 <sup>1</sup>	960	192 <sup>3</sup>
	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	32 <sup>1</sup>	960	192 <sup>3</sup>
<b>Campos de cruce</b>	Punteaduras por campo	32 <sup>1</sup>	800	192 <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>		<b>64</b>	<b>6.720</b>	<b>1.824</b>

## 2.2.4 Estudio de la variabilidad de la madera

El estudio de la variabilidad consideró solamente los datos cuantitativos, en la muestra obtenida y las muestras fósiles. Se consideró la totalidad de las muestras (cuatro muestras por rodela, de ocho rodelas).

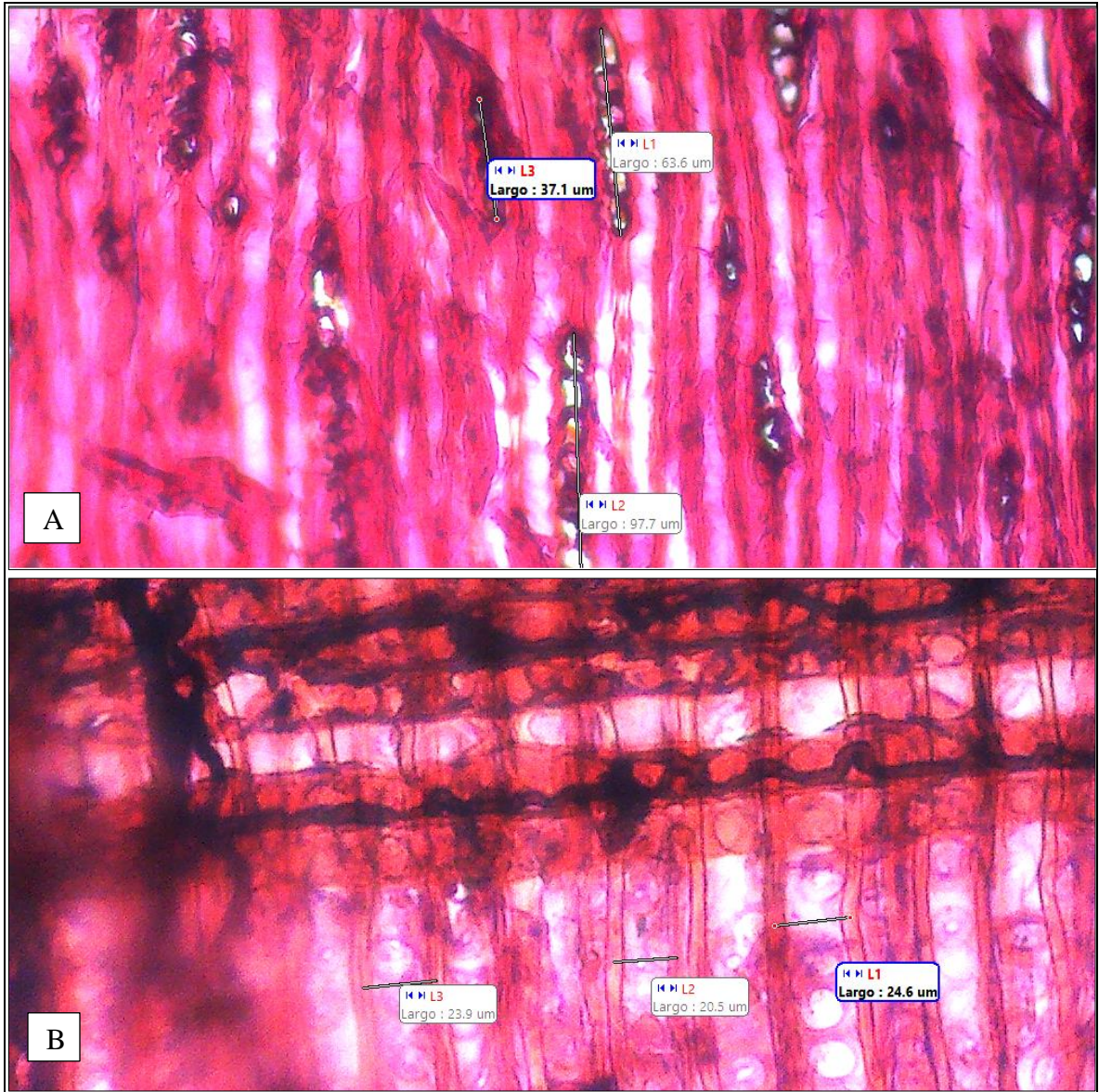


Figura N°4: Mediciones microscópicas realizadas con Software Motic Images Plus 2.0 ML. A: Medición de altura de radios en  $\mu\text{m}$ . B: Medición de diámetro de traqueidas en  $\mu\text{m}$ .

Con los datos obtenidos se efectuó un análisis estadístico descriptivo con el fin de obtener la estadística descriptiva (media, máximos, mínimos y desviación estándar). Se realizó un análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía, con el objetivo de detectar posibles diferencias en la biometría de la madera (considerando altura de la rodela en el árbol y posición de la

muestra dentro de la rodela) y un análisis de Varianza de dos vías para detectar diferencias a distintos diámetros y altura (al mismo tiempo). Cuando existieron diferencias significativas en el análisis, se aplicó una prueba *a posteriori* de comparación múltiple de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para el análisis estadístico, se eligieron 10 características microscópicas (Cuadro N°1), relevantes en el estudio de variabilidad de la madera y determinantes para establecer los parámetros de comparación entre la especie actual y las especies fósiles consideradas. Estas características son: largo de traqueidas ( $\mu\text{m}$ ), número de traqueidas por  $\text{mm}^2$ , espesor de pared de traqueidas ( $\mu\text{m}$ ), diámetro de punteaduras ( $\mu\text{m}$ ), diámetro de traqueidas ( $\mu\text{m}$ ), altura de radios ( $\mu\text{m}$  y número de células), número de radios por mm lineal, número de radios por  $\text{mm}^2$ , punteaduras por campo de cruce.

El uso de un único espécimen para un estudio de variabilidad, que puede ser eventualmente cuestionado, se debe en primer lugar al grado de protección que posee la especie, lo que limita la libre extracción de más individuos, y al hecho de que estudios anteriores en coníferas han mostrado resultados que indican que la variabilidad es observada mayoritariamente dentro de un mismo árbol que entre varios árboles (Falcon-Lang, 2005; Mundaca, 2011).

### **2.2.5 Comparación con especies fósiles**

En cuanto a maderas fósiles, antes de la reciente creación del organo-género *Prumnopityoxylon* (Franco y Brea, 2015), los fósiles afines al género *Prumnopitys* se clasificaban como pertenecientes al organo-género *Phyllocladoxylon* Gothan.

Para el estudio comparativo con las muestras fósiles, se usaron los mismos parámetros medidos en las muestras realizadas para el análisis de variabilidad, exceptuando el largo de traqueidas, ya que al ser los fósiles muestras de roca sólida es muy complejo realizar un macerado y separar las células, ya que se debe trabajar con ácidos (Torres, 2016, entrevista personal), lo que se debe a que durante el proceso de mineralización y petrificación, los espacios intercelulares se rellenan con minerales disueltos en solución, los que producen una transformación química de los restos vegetales, dejando en algunos casos poca o nada de la materia original (Serrano-Brañas y Reyes-Luna, 2014).

El análisis estadístico realizado entre las muestras fósiles y la madera de *Prumnopitys andina* fue el mismo que se usó para obtener la variabilidad de la madera actual.

Adicionalmente a las dos muestras fósiles anteriormente señaladas, se utilizaron los datos de muestras descritas en investigaciones anteriores (Torres y Lemoigne, 1988; Torres *et al.*, 1994; Pujana, 2008), descritas como correspondientes con el género *Phyllocladus*, y los datos de Franco y Brea (2015), que corresponden al género *Prumnopitys*.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Descripción anatómica del xilema de *Prumnopitys andina*

Se realizó una comparación basada en las muestras realizadas y estudios anteriores realizados para la misma especie, por varios autores y también con las muestras de la especie que se encontraron en la colección del Laboratorio de Anatomía de la Madera.

Los autores encontrados que han descrito *Prumnopitys andina* con anterioridad y que fueron utilizados para la comparación son: Rancusi *et al.* (1987), Wageman (1949) y García-Esteban *et al.* (2004). Cabe destacar que ninguno de los autores hizo referencia sobre la ubicación de donde se extrajeron las muestras descritas, ni sobre el origen geográfico de éstas.

Las muestras de *Prumnopitys andina* usadas pertenecientes al Laboratorio de Anatomía de la Madera, son cinco y corresponden a muestras realizadas por alumnos de la Facultad de Ciencias Forestales y Conservación de la Naturaleza, entre 1980 y 2006.

A continuación se presentan los resultados de la descripción anatómica, explicando la biometría parámetro por parámetro, estos datos se encuentran concentrados en los cuadros N°3, N°4 y N°5. Los datos se presentan en formato “menor-(promedio)-mayor”.

##### 3.1.1 Largo de las Traqueidas

Los datos de las muestras realizadas arrojaron valores de largo de traqueidas de 582,2 - (1.183,6) - 2.096,9  $\mu\text{m}$ , con estos valores, las traqueidas se sitúan en el rango de cortas (menos de 3.000  $\mu\text{m}$ ), según la clasificación de IAWA (2004). Si bien se encontraron valores menores a los anteriormente descritos, siguen perteneciendo al mismo rango de clasificación.

Las publicaciones existentes que describen *Prumnopitys andina* describen presencia de traqueidas con largos promedio de los 2.000  $\mu\text{m}$  (2.000  $\mu\text{m}$  (Wagemann, 1949), 1.925 (Rancusi *et al.*, 1987). García-Esteban *et al.* (2004) por su parte, describe a la especie con traqueidas de más de 4.000  $\mu\text{m}$  de largo.

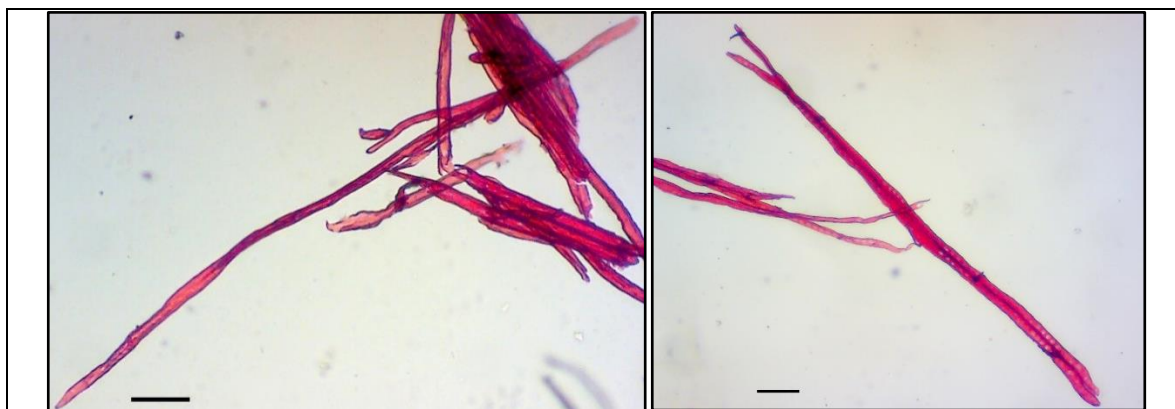


Figura N°5: Maceración: traqueidas longitudinales (axiales), 35x. Barra 100  $\mu\text{m}$ .

En el Laboratorio de Anatomía de la Madera, sólo se encontraron muestras de cortes histológicos de *Prumnopitys andina*, no encontrándose macerados, por esta razón, para éste punto en específico no se pudo realizar el análisis y comparación con datos preexistentes.

### **3.1.2 Número de traqueidas por mm<sup>2</sup>**

Las traqueidas del tejido de *Prumnopitys andina* una sección hexagonal redondeada, mostrando diferencias entre la madera temprana y tardía, presentando un cambio gradual y notorio en el anillo de crecimiento.

El estudio realizado entregó valores que fluctuaron entre las 1.600 - **(2.047,63)** - 2.564 traqueidas por mm<sup>2</sup>. Las muestras analizadas pertenecientes a la colección del Laboratorio de Anatomía mostraron promedios de entre 1.600 y 2.250 traqueidas por mm<sup>2</sup>, aproximadamente.

Las descripciones revisadas como antecedentes para este estudio, mostraron valores dispares para este parámetro. Wagemann (1949) describió alrededor de 1.800 traqueidas por mm<sup>2</sup>, mientras que García-Esteban *et al.* (2004) observó 4.000 traqueidas por mm<sup>2</sup>.

### **3.1.3 Diámetro de las punteaduras (µm) de traqueidas**

Lleque posee punteaduras descritas como tipo areoladas, uniseriadas, de forma elíptica a redondeada, con abertura lenticular, siendo clasificadas como punteaduras grandes.

Las observaciones realizadas de la muestra, entregaron diámetros entre 9,1 - **(13,36)** - 20,2 µm, con estos valores las punteaduras entran en el rango de clasificación grandes, según los parámetros de IAWA (2004). Las muestras preexistentes en el Laboratorio de Anatomía de la Madera presentaron promedios que oscilan entre 9,33 a 10,6 µm.

Rancusi *et al.* (1987) describe diámetros promedio de 12 µm, observando punteaduras entre 10 y 15 µm. Wageman (1949) por su parte, observó un promedio de 11 µm de diámetro. García-Esteban *et al.* (2004) situó el diámetro de las punteaduras en un rango entre 10 a 15 µm.

### **3.1.4 Espesor de pared (µm)**

En las muestras correspondientes a este estudio, se observaron espesores de pared de 1,7 - **(2,74)** - 5 µm, clasificadas por IAWA (2004) como paredes delgadas. Las muestras del Laboratorio de Anatomía de la Madera presentaron promedios de 2 µm.

Entre los autores revisados para comparaciones, sólo Wageman (1949) hace referencia al espesor de pared, describiendo en su trabajo un promedio de 3 µm, clasificando las paredes como delgadas.

Cuadro N°3: Descripción anatómica de *Prumnopitys andina*, según altura

Rodela	Parámetros										Campos de cruce
	Traqueidas					Radios Leñosos					
	Largo (µm)	Diámetro (µm)	Diámetro punteaduras (µm)	Espesor Pared (µm)	Numero por mm <sup>2</sup>	Altura (n° de células)	Altura (µm)	N° mm	N° mm <sup>2</sup>	Punteaduras por campo	
<b>0,3</b>	771,3- (1.142,3)- 2.096,9	16,5- (24,66)- 31,7	10,1- (13,22)- 17,1	2-(3,23)-5	1.760- (2.002,8)- 2.232	3-(7,67)- 18	31,9- (79,44)- 195,1	8-(11,65)- 15	166- (210,8)- 254	1-2	
<b>1,3</b>	596,1- (1.044,6)- 1.705,9	15,1- (24,79)- 35,6	10,1- (13,35)- 17,8	2-(3,02)- 4,4	1.604- (2.025,8)- 2.496	3-(7)-15	29,7- (75,53)- 177,1	8-(11,6)- 17	186- (211,9)- 252	1	
<b>2,3</b>	582,2- (1.130,9)- 1.770,7	18,3- (25,69)- 35,9	10,5- (13,45)- 17,1	1,7-(2,62)- 4,5	1.600- (2.013,8)- 2.376	3-(7,32)- 15	33,4- (80,04)- 174	8-(11,48)- 16	176- (203,4)- 238	1	
<b>3,3</b>	725,6- (1.195,1)- 1.824,9	18,1- (26,28)- 35,6	10,5- (13,75)- 19,2	2-(2,77)- 4,4	1.612- (1.911,4)- 2.296	2-(6,97)- 14	23- (74,66)- 156,7	7-(10,63)- 16	174- (203,4)- 244	1-2	
<b>4,3</b>	698,6- (1.223,7)- 1.824,1	17,6- (25,57)- 36,9	10,7- (13,82)- 20,2	2-(2,62)- 4,2	1.628- (2.070,4)- 2.336	3-(6,45)- 14	31- (68,69)- 141,6	7-(11,03)- 14	178- (208,4)- 244	1-2	
<b>5,3</b>	768,9- (1.217)- 1.761,3	18,1- (24,94)- 35,2	10,6- (13,89)- 18,2	2-(2,72)-4	1.712- (1.995,7)- 2.420	3-(6,46)- 13	37,7- (70,34)- 125,1	6-(11,55)- 15	174- (209,4)- 242	1-2	
<b>6,3</b>	806,5- (1.250,9)- 1.853,1	17,5- (24,87)- 35,3	9,1-(12,82)- 18,1	2-(2,58)- 3,7	1.844- (2.130,2)- 2.392	3-(6,1)-13	35,3- (67,89)- 150	8-(11,33)- 14	198- (233,3)- 282	1-2	
<b>7,3</b>	807- (1.264,1)- 1.857,9	16,8-(23)- 32,4	9,6-(12,55)- 15,9	2-(2,38)-4	1.900- (2.230,9)- 2.564	3-(6,24)- 13	35,7- (68,86)- 151,4	8-(11,75)- 17	184-(226)- 264	1-2	
<b>Muestra completa</b>	582,2- (1.183,6)- 2.096,9	15,1- (25,21)- -36,9	9,1-(13,36)- -20,2	1,7-(2,74)- 5	1.600- (2.047,6)- 2.564	2-(6,78)- -18	23-(73,18)- -195,1	6- (11,375)- 17	166- (213,3)- -282	1-(1,01)-2	
<b>Valor "p"</b>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,17	<0,05	0,73	

Los datos se presentan en formato: mínimo-(media)-máximo.

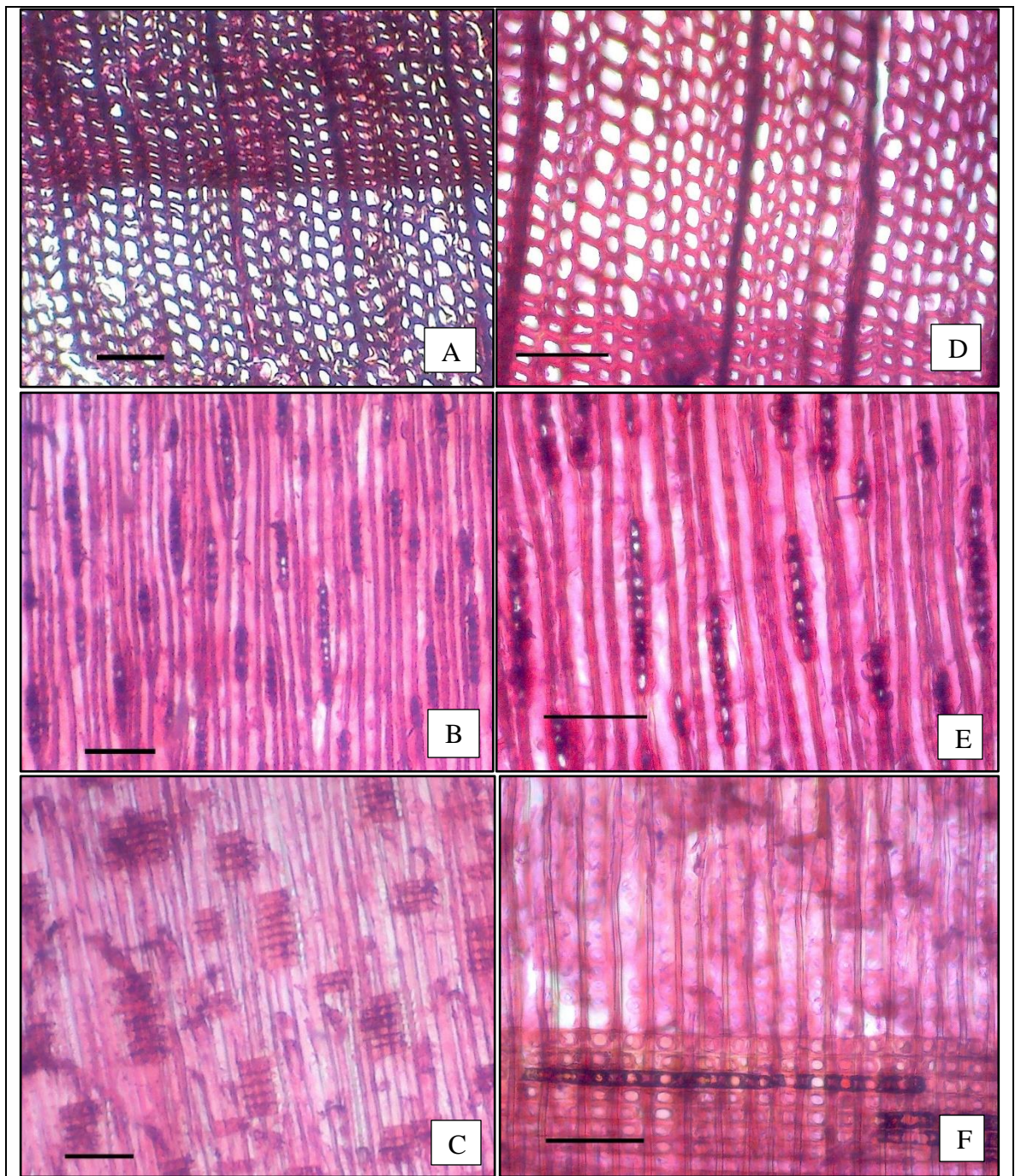


Figura N° 6: Imágenes *Prumnopitys andina*. A: Corte transversal, cambio entre madera temprana y tardía, 35X; B: Corte Longitudinal Tangencial, radios leñosos 35X; C: Corte Longitudinal Radial, campos de cruce 35X. D: Corte Transversal, cambio entre madera temprana y tardía, 100X; E: Corte Longitudinal Tangencial, radios leñosos, 100X; F: Corte Longitudinal Radial, campos de cruce, 100X. Barra: 100  $\mu$ m.



Cuadro N°4: Descripción anatómica de *Prumnopiys andina*, según diámetro

Muestra	Traqueidas					Radios Leñosos					Campos de cruce
	Largo (µm)	Diámetro (µm)	Diámetro punteaduras (µm)	Espesor Pared (µm)	Numero por mm <sup>2</sup>	Altura (n° de células)	Altura (µm)	N° mm	N° mm <sup>2</sup>	Punteaduras por campo	
<b>1</b>	635-(1.184,52)- 1.853,1	17,1-(25,73)-36,8	10,7-(13,8)- 20,2	2- (2,83)- 5	1.600- (1.967,4)- 2.496	2- (7,41)- 15	23- (80,49)- 178,3	7- (11,48)- 15	174- (201,6)- 254	1-2	
<b>2</b>	596,1-(1.173,08)- 2.096,9	15,1-(24,51)-33,2	9,4-(13,26)- 18,1	1,7- (2,68)- 4,7	1.732- (2.069,3)- 2.412	3-(6,5)- 14	31- (68,41)- 142,7	7- (11,52)- 17	176- (219,6)- 252	1-2	
<b>3</b>	582,2-(1.177,49)- 1.824,1	16,8-(24,42)-36,9	9,1-(12,99)- 17	1,7- (2,73)- 4,4	1.912- (2.226,5)- 2.564	3- (6,31)- 14	29- (67,97)- 151,4	6- (10,25)- 14	174- (218,7)- 282	1-2	
<b>4</b>	632,2-(1.199,18)- 1.857,9	16,5-(26,19)-36,9	10,1- (13,38)- 18,2	2- (2,74)- 4,4	1.604- (1.927,4)- 2.454	3- (6,89)- 18	35,1- (75,85)- 195,1	7- (12,25)- 17	166- (213,4)- 256	1-2	
<b>Muestra completa</b>	582,2-(1.183,6)- 2.096,9	15,1-(25,21)- -36,9	9,1-(13,36)- -20,2	1,7- (2,74)- 5	1.600- (2.047,6)- 2.564	2- (6,78)- -18	23- (73,18)- -195,1	6- (11,375)- 17	166- (213,3)- -282	1-(1,01)-2	
<b>Valor “p”</b>	0,74	<0,05	<0,05	0,03	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,74	

Los datos se presentan en formato: mínimo-(media)-máximo. 4

### 3.1.5 Diámetro de traqueidas ( $\mu\text{m}$ )

Las mediciones se realizaron en traqueidas de madera temprana y tardía, según esta normado por IAWA Committee (2004), se obtuvieron valores de 15,1 - **(25,21)** - 36,9  $\mu\text{m}$ , situando las traqueidas de la especie en el rango de medianas. Por su parte, las muestras del Laboratorio muestran promedios entre 17,67 y 19,27  $\mu\text{m}$ , situándose en el rango de estrechas.

Respecto al diámetro de traqueidas, Rancusi *et al.* (1987) describió un promedio de 27  $\mu\text{m}$ , observando traqueidas entre 15 y 37  $\mu\text{m}$ . por otra parte, Wageman (1949) describió un promedio de 15  $\mu\text{m}$ , con un máximo observado de 28  $\mu\text{m}$  de diámetro.

### 3.1.6 Altura de radios leñosos (número de células y $\mu\text{m}$ )

Los radios leñosos de Lleuque, se caracterizan por ser uniseriados y homogéneos, distribuidos de manera aleatoria, formados por células de parénquima, por su altura se clasifican como medianos (5 a 15 células).

Las muestras observadas poseen radios de 23 - **(73,18)** - 195,1  $\mu\text{m}$ , correspondiendo a 2 - **(6,78)** - 18 células, clasificándose por la IAWA (2004) como medianos. Las muestras analizadas pertenecientes al Laboratorio de Anatomía de la Madera, mostraron promedios de entre 11 y 15 células y de 130 a 180  $\mu\text{m}$ .

Rancusi *et al.* (1987) describe radios de 25 a 335  $\mu\text{m}$ , con 1 a 12 células de alto, Wageman (1949) en cambio, describe radios de 3 a 8 células, con un promedio de 90  $\mu\text{m}$  de alto. García-Esteban *et al.* (2004) indica valores de 1 a 15 células de alto en los radios.

### 3.1.7 Número de radios por mm lineal

Las mediciones realizadas arrojaron valores de 6 - **(11,38)** - 17 radios por mm lineal, valores similares a los descritos en publicaciones anteriores. En cuanto a las muestras del Laboratorio de Anatomía de la Madera, en ellas se pudieron observar promedios de entre 11,1 y 12,7 radios por mm lineal.

Rancusi *et al.* (1987) y Wageman (1949) observaron promedios similares, de 13 y 12 radios por mm lineal, respectivamente. Con estos valores se considera que la especie analizada posee radios numerosos.

### 3.1.8 Número de radios por $\text{mm}^2$

En el individuo analizado, se encontraron valores de 166 - **(213,3)** - 282 radios por  $\text{mm}^2$ , éstos valores superan los encontrados en las muestras del Laboratorio de Anatomía de la Madera, cuyos promedios se encontraron entre 89 y 110 radios por  $\text{mm}^2$ .

Únicamente se encontró la descripción del parámetro radios por  $\text{mm}^2$  en el estudio realizado por García-Esteban *et al.* (2004), quienes contabilizaron en la especie más de 100 radios por  $\text{mm}^2$ .

### 3.1.9 Punteaduras por campo de cruce

Los campos de cruce de Lleuque son frecuentemente usados como ejemplo de campos de cruce del tipo ventana, donde la abertura de la punteadura abarca la mayor parte del campo de cruce y se ubica de manera diagonal, siendo ésta la característica más importante a la hora de la identificación de la especie.

En las muestras analizadas se encontraron valores de 1- **(1,01)** - 2, lo que corresponde completamente a la descripción antes dada, según indica IAWA Comitee (2004). Las muestras del Laboratorio, también entregaron valores promedio de 1 - 2 punteaduras por campo de cruce.

Para esta característica, Wagemann (1949) describió 1 punteadura por campo de cruce, por su parte Rancusi *et al.* (1987) y García-Esteban *et al.* (2004), describieron de 1 a 2 punteaduras por campo.

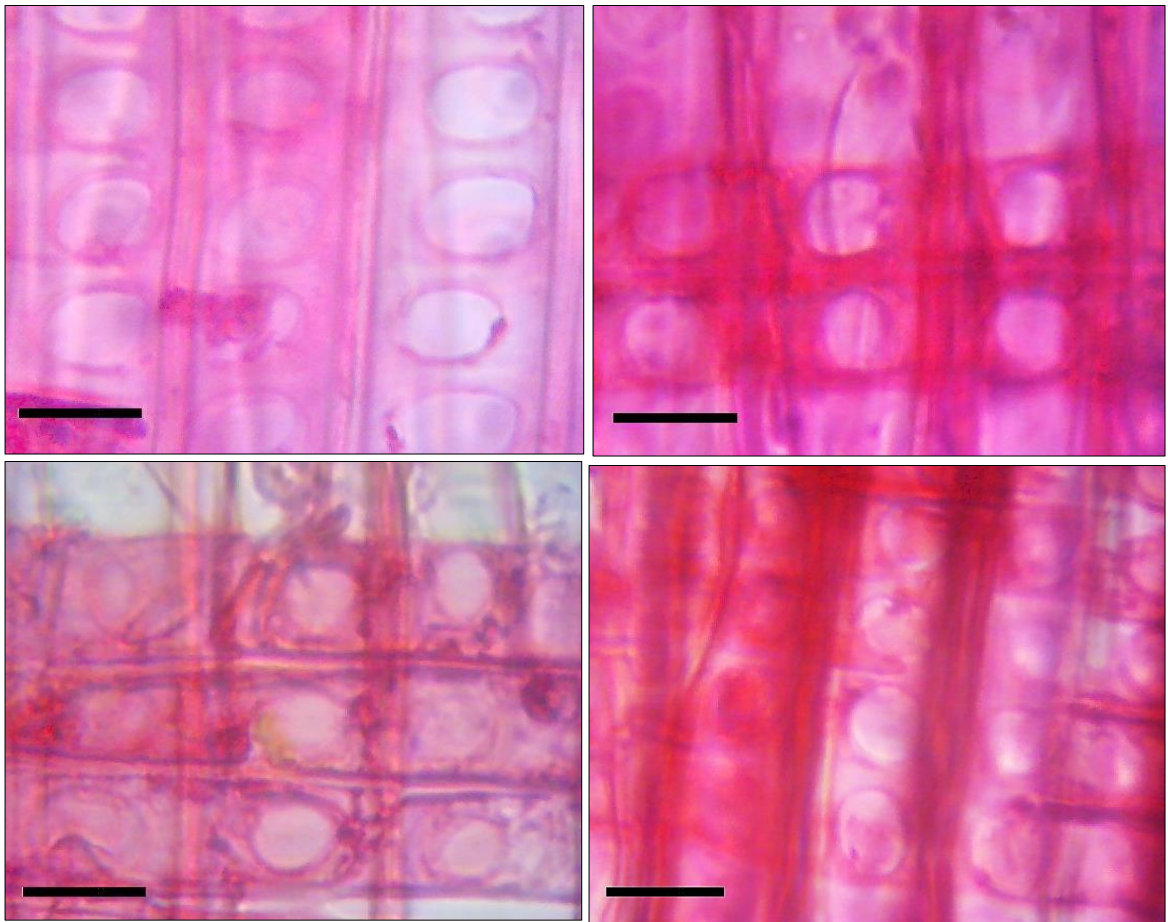


Figura N°7: Ejemplos de campos de cruce con punteaduras en ventana, 400X. Barra: 20  $\mu$ m.

Cuadro N°5: Tabla de comparación de características anatómicas de *Prumnopitys andina*

Parámetro		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Radios leñosos</b>	Altura (µm)	23-(73,18)-195,1	25 a 335	90	N/D	182,4	170,4	162,0	157,5	136,1
	Altura (células)	2-(6,78)-18	1 a 12	3 a 8	1 a 15	15,04	14,20	14,40	13,24	11,76
	Núm./ mm <sup>2</sup>	166-(213,3)-282	N/D	N/D	> 100	89	102,3	103,7	110,3	93,6
	Núm./ mm	6-(11,375)-17	13	12	N/D	12,70	11,60	11,10	12,70	11,30
<b>Traqueidas</b>	Largo (µm)	582,2-(1.183,6)-2.096,9	1.925	2.000	> 4.000	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
	N°/mm <sup>2</sup>	1.600-(2.047,6)-2.564	N/D	1.800	4.000	1.610	2.010	1.962	2.241	1.784
	Diámetro punteaduras (µm)	9,1-(13,36)-20,2	12	11	10 a 15	10,60	10,27	9,93	10,33	10,33
	Espesor de pared(µm)	1,7-(2,74)-5	N/D	3	N/D	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Diámetro (µm)	15,1-(25,21)-36,9	27	15	N/D	17,67	19,27	19,27	18,73	18,73
<b>Campos de cruce</b>	Punteaduras por campo	1-(1,01)-2	1 a 2	1	1 a 2	1,10	1,00	1,03	1,07	1,10

1: *Prumnopitys andina*, muestras realizadas; 2: Rancusi *et al.* (1987); 3: Wageman (1949); 4: García-Esteban *et al.* (2004); 5: Muestra ZB 1988; 6: Muestra MR 1987 x; 7: Muestra Paulina Yévenes 2006; 8: Muestra MR 1987; 9: Muestra 6-1980. N/D: no descrito.

### 3.2 Variabilidad de la madera de *Prumnopitys andina*

La variabilidad en la madera de fuste de *Prumnopitys andina* se analizó mediante una ANOVA de una vía, considerando altura de la rodela en el árbol y ubicación de la muestra en el diámetro de la rodela. Éstos resultados pueden verse en el Apéndice I.

El largo de traqueidas evidenció existencia de variabilidad significativa a diferentes alturas del fuste ( $F=9,14$ ;  $P<0,001$ ), observándose una tendencia al aumento del largo mientras aumenta la altura. Para el análisis según la posición de la muestra en el diámetro, no hubo evidencia de diferencias estadísticas significativas ( $F=0,41$ ;  $P=0,73$ ), observándose valores similares para las 4 posiciones (Figura N°8).

El número de traqueidas por mm<sup>2</sup> mostró existencia de variabilidad significativa para diferentes alturas en el fuste ( $F=4,656$ ;  $P<0,05$ ), existiendo un aumento del número de traqueidas, conforme el aumento en la altura. En relación a la posición de la muestra en la rodela, también se observa variabilidad significativa ( $F=20,859$ ;  $P<0,05$ ), sin observarse una tendencia clara en el gráfico (Figura N°9).

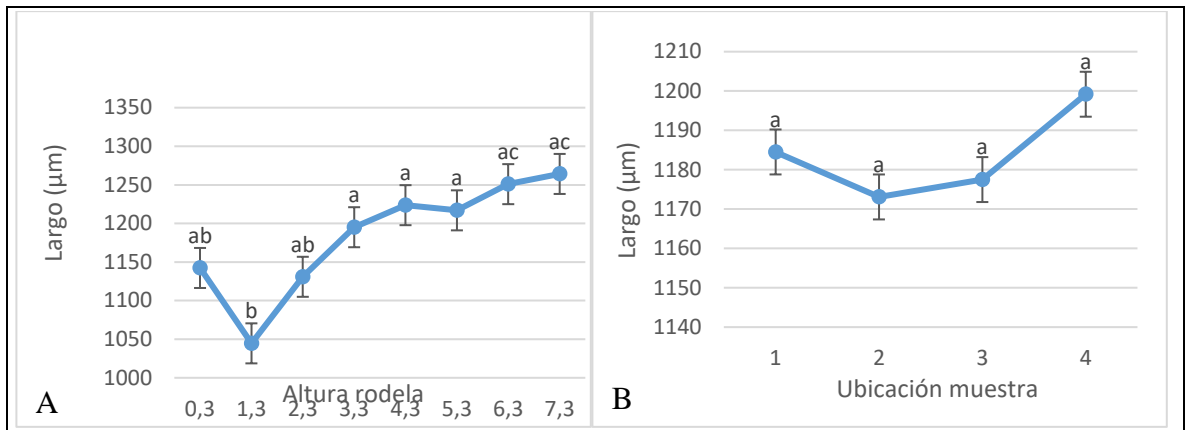


Figura N°8: Variabilidad de Largo de Traqueidas. Izquierda: según altura de la rodela. Derecha: según posición en el diámetro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

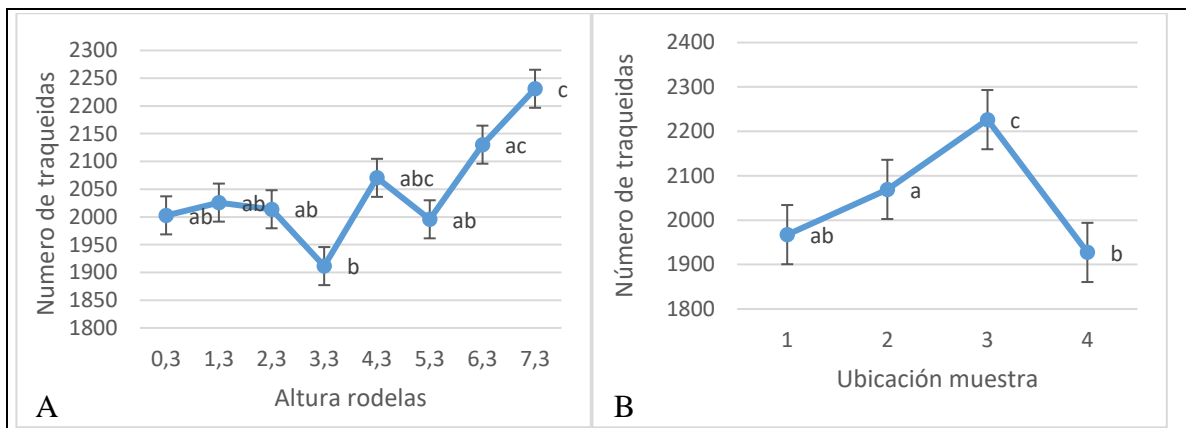


Figura N°9: Variabilidad de Numero de Traqueidas por mm<sup>2</sup>. A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

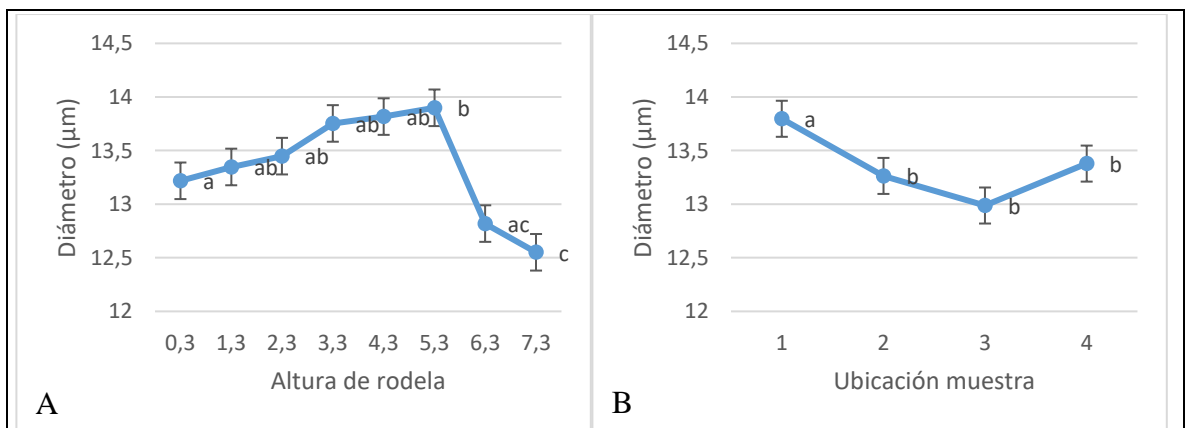


Figura N°10: Variabilidad de Diámetro de punteaduras (µm). A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

El diámetro de las punteaduras de las traqueidas mostró una variabilidad significativa para posición de la rodela en el árbol ( $F=9,938$ ;  $P<0,05$ ), pudiéndose observar una tendencia al aumento del diámetro de las punteaduras mientras aumenta la altura, excepto para las últimas 2, en las que se ve una amplia baja en los diámetros (Figura N°9). Con respecto a este parámetro para diferente posición dentro de la rodela, también se observa variabilidad significativa ( $F=9,224$ ;  $P<0,001$ ), nuevamente observándose los menores valores en las muestras centrales de la rodela (Figura N°10).

El espesor de pared de las traqueidas evidencia la existencia de variabilidad en la altura de la muestra ( $F=31,534$ ;  $P<0,05$ ), como se observa en la figura (Figura N°10), se observa una tendencia descendente en el espesor de pared a medida que aumenta la altura de la muestra. Según el diámetro, se observa variabilidad significativa ( $F=2,807$ ;  $P<0,05$ ), sin evidenciarse una tendencia de cambio clara (Figura N°11).

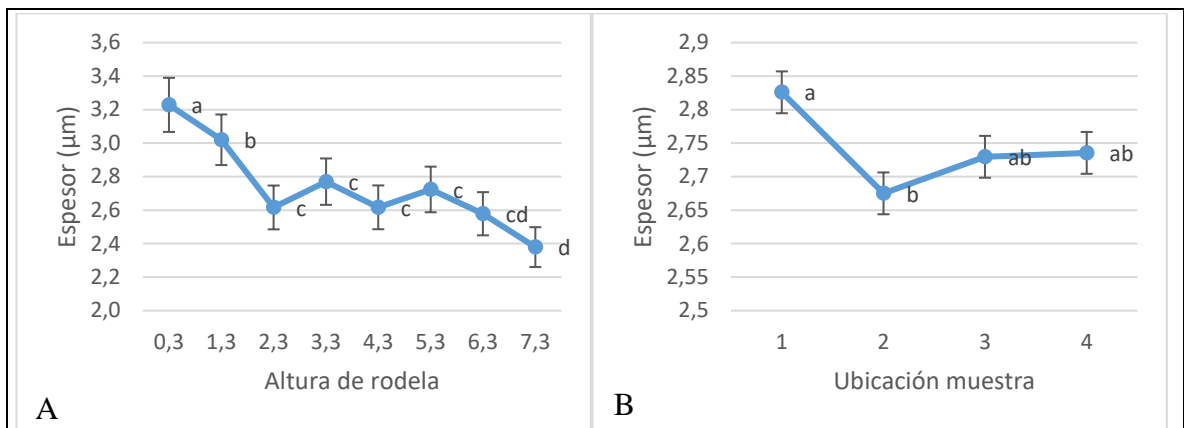


Figura N°11: Variabilidad de Espesor de pared ( $\mu\text{m}$ ). A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

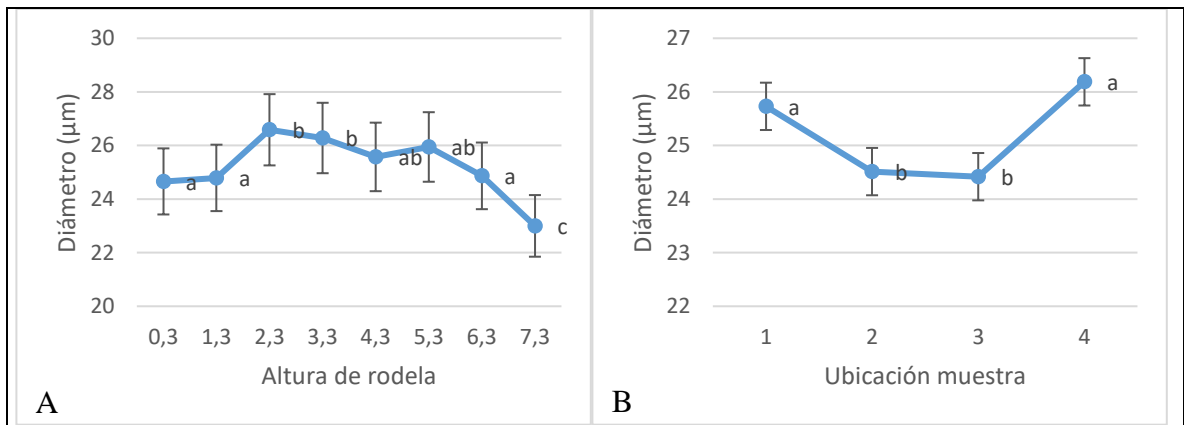


Figura N°12: Variabilidad de Diámetro de traqueidas ( $\mu\text{m}$ ). A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

En cuanto al diámetro de las traqueidas, se observa variabilidad significativa ( $F=11,839$ ;  $P<0,05$ ) en la altura del fuste, con valores que muestran una disminución del diámetro en las

rodela de más altura. Para el diámetro de las traqueidas respecto al diámetro de la rodela, también se observa variabilidad significativa ( $F=13,545$ ;  $P<0,05$ ), observándose la tendencia de mayor diámetro en los bordes y menores valores en las muestras centrales (Figura N° 12).

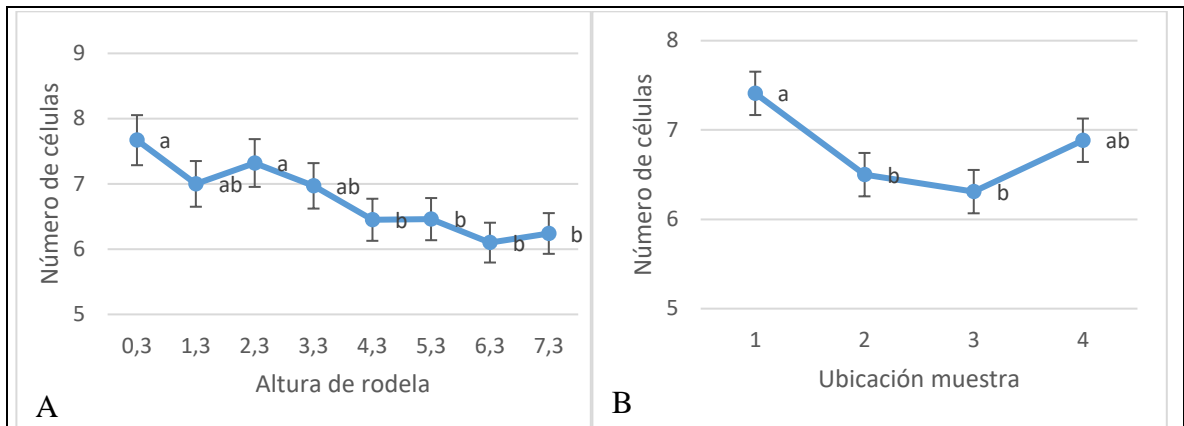


Figura N° 13: Variación de Altura de radios (número de células). A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

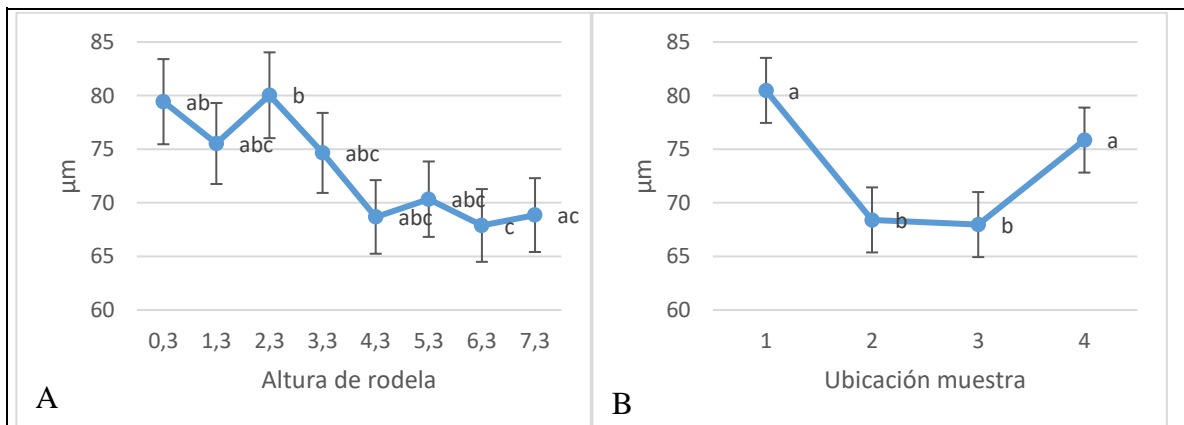


Figura N° 14: Variabilidad de Altura de radios ( $\mu\text{m}$ ). A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

Para la altura de radios (número de células), se observó existencia de variabilidad en la altura de la rodela en el árbol ( $F=4,958$ ;  $P<0,05$ ) y en la posición de la muestra en el diámetro ( $F=7,597$ ;  $P<0,05$ ). El análisis según altura de la rodela mostró una disminución de la altura de los radios conforme aumenta la altura de la rodela. Para el diámetro dentro de la rodela, se observó que las muestras centrales poseen radios más bajos que las muestras de la periferia (Figura N° 13).

El análisis estadístico muestra que en relación a la característica altura de radios ( $\mu\text{m}$ ) considerando la altura de la rodela en el árbol existe variabilidad ( $F=3,67$ ;  $P<0,05$ ), mostrándose una tendencia a la baja a medida que aumenta la altura de la rodela. En cuanto al diámetro, también se observa variabilidad existente ( $F=11,39$ ;  $P<0,05$ ) observándose que

las muestras centrales de la rodela (muestras 2 y 3) poseen radios de menor altura que las muestras de la periferia (Figura N°14).

Los radios por mm lineal no presentaron variabilidad significativa en cuanto a altura de la rodela en el árbol ( $F=1,477$ ;  $P=0,175$ ). Sin embargo, sí presentaron variabilidad significativa para el diámetro de la rodela ( $F=16,164$ ;  $P<0,05$ ), aunque no se puede apreciar una tendencia de cambio clara (Figura N°15).

El conteo de radios por  $\text{mm}^2$  evidenció la existencia de variabilidad significativa según la altura de la rodela ( $F= 13,449$ ;  $P<0,05$ ), siendo las 2 rodela superiores las que muestran valores más altos que el resto, y por ello diferencia estadística. Para el diámetro de la rodela, también se observó existencia de variabilidad significativa ( $F= 14,236$ ;  $P<0,05$ ), siendo la muestra de uno de los bordes la que presenta los menores valores observados (Figura N°16).

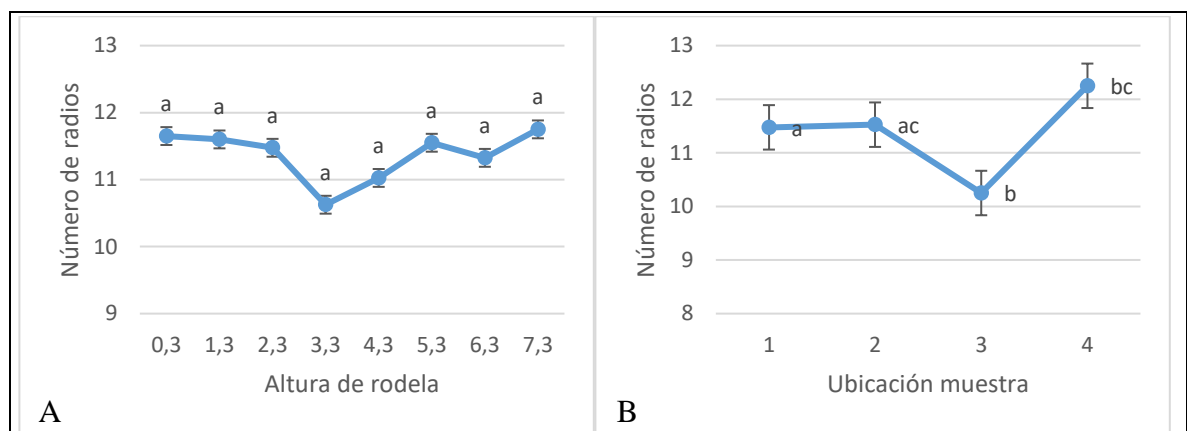


Figura N°15: Variabilidad de Radios por mm lineal. A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

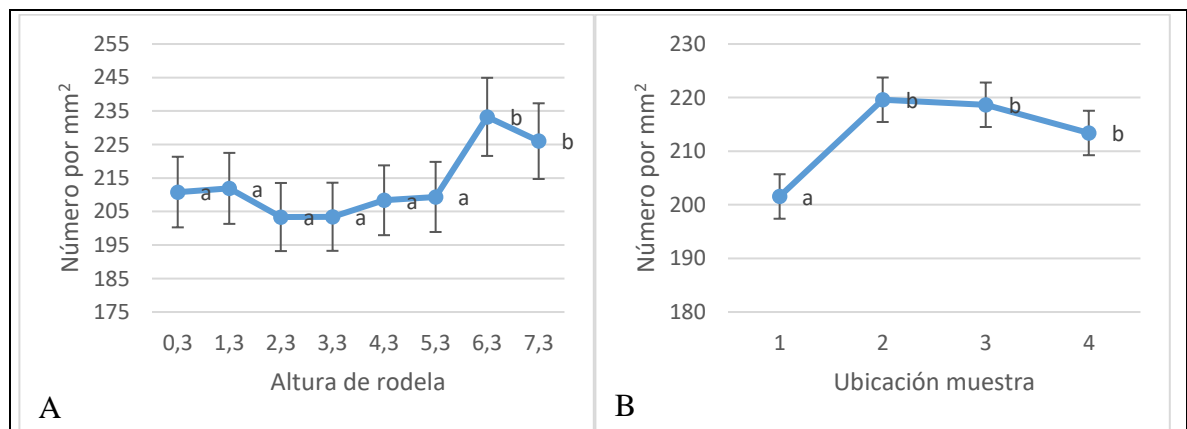


Figura N°16: Variabilidad de Radios por  $\text{mm}^2$ . A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

El análisis estadístico de los campos de cruce no entrego presencia de variabilidad significativa, tanto en altura ( $F=0,623$ ;  $P=0,737$ ), como en diámetro ( $F=0,411$ ;  $P=0,75$ ).



Como se esperaba se encontraron campos de cruce con punteaduras de tipo ventana, que abarcan todo el Campo de cruce, sólo de manera marginal se presentaban 2 punteaduras por campo, eso aumentó ligeramente el promedio en cada caso (Figura N°17).

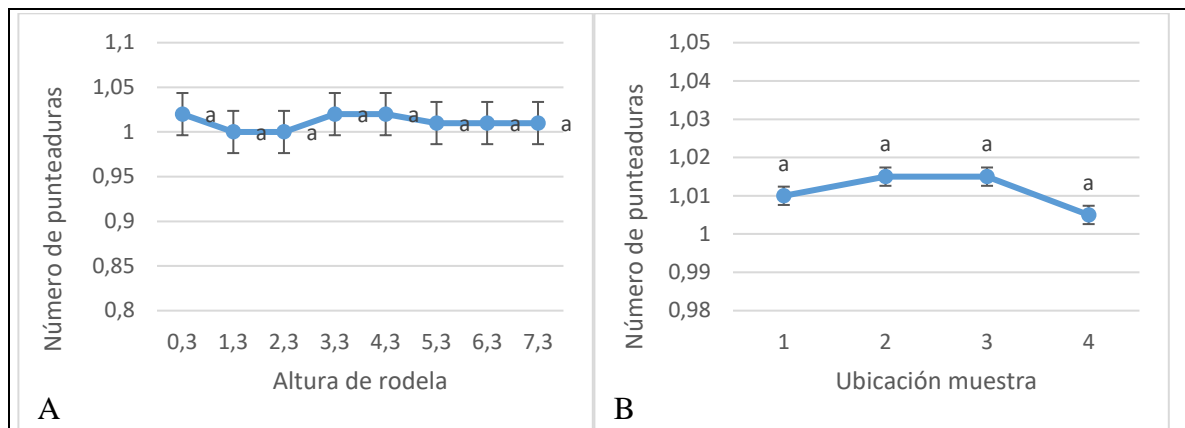


Figura N°17: Variabilidad de Punteaduras por campo de cruce. A: según altura de la rodela. B: según posición dentro de la rodela. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre tratamientos.

### 3.3 Comparación con especies fósiles afines

La comparación de los datos obtenidos con especies fósiles, considero seis descripciones, cuatro de ellas presentes en publicaciones anteriores a la realización de esta memoria, las dos restantes fueron realizadas con muestras propuestas para este trabajo. No todos los parámetros que fueron analizados en este trabajo fueron considerados en los trabajos anteriores, es por ello que para cada análisis se usaron sólo los trabajos pertinentes. Estos datos se resumen en los Cuadros N°6 y N°7. A continuación se analizan los parámetros en que hubo evidencia de diferencias estadísticas significativas.

El análisis estadístico del espesor de pared de las traqueidas mostró existencia de diferencia estadística significativa ( $F=12,56$ ;  $P<0,05$ ). El Test de Tukey aplicado, mostró que los datos obtenidos por Franco y Brea (2015) tienen diferencia estadística con respecto a todos los otros datos considerados, estos valores presentan diferencia con los observados en el resto de los fósiles y se encuentran fuera del rango de valor descrito para *Prumnopitys andina*.

Con respecto al número de traqueidas por  $\text{mm}^2$ , el análisis de datos mostró la existencia de diferencia estadística ( $F=10,18$ ;  $P<0,05$ ). El test de Tukey mostró que los datos obtenidos por Torres y Lemoigne (1988) y Torres *et al.* (1994), presentan diferencias respecto al resto de los datos analizados en este punto, encontrándose fuera del rango de valor descrito para *Prumnopitys andina* en este punto. También se observó discrepancia entre los datos obtenidos del fósil de Península Keller y los datos entregados por Torres y Lemoigne (1988).

En relación al número de radios por mm lineal, existe presencia de diferencia estadística ( $F=4,6$ ;  $P<0,05$ ). Al aplicar el test de Tukey se observó que los datos mostrados por Pujana (2008), difieren en el análisis estadístico con los datos de la especie actual, éste describe valores muy por debajo del conjunto de los datos analizados, estando fuera del rango de valor

Cuadro N°6: Análisis comparativo de las especies fósiles afines a *Prumnopitys andina*

	Parámetros										Campos de cruce
	Traqueidas					Radios Leñosos					
	Diámetro (µm)	Diámetro punteaduras (µm)	Espesor Pared (µm)	Numero por mm <sup>2</sup>	Altura (n° de células)	Altura (µm)	N° mm	N° mm <sup>2</sup>	Punteaduras por campo		
<b><i>Prumnopitys andina</i></b>	15,1-(25,21)-36,9	9,1-(13,36)-20,2	1,7-(2,74)-5	1.600-(2.047,6)-2.564	2-(6,78)-18	23-(73,18)-195,1	6-(11,375)-17	166-(213,3)-282	1-(1,01)-2		
<b>Fósil Keller</b>	23,4-(28)-32,3	10,9-(13,76)-17,8	1,7-(2,28)-3	1.552-(1.702)-1.888	4-(6,68)-14	49,9-(78,68)-147,8	5-(6,7)-8	69-(83,3)-96	1		
<b>Fósil Chacabuco</b>	15,8-(19,9)-23,3	16,9-(20,1)-25,6	1,9-(2,55)-3,6	1.184-(1.445)-1.616	5-(10,68)-18	50,4-(90,9)-149,3	6-(7,3)-11	70-(78)-88	1		
<b>Torres y Lemoigne (1988)</b>	30-51	(21)	N/D	500-800	1-12	36-544	8-12	(50)	1		
<b>Torres et al. (1994)</b>	19-50	16-22	5-8	700-1.400	2-17	N/D	6-9	14-20	1-2		
<b>Pujana (2008)</b>	17-(28)-48	(23)	N/D	N/D	1-6	N/D	1-2	N/D	1-2		
<b>Franco y Brea (2015)</b>	13-(15)-17	9-(11)-12	8-(12)-15	N/D	2-(4)-8	45-(127)-250	4-(5)-7	N/D	1-6		

Los datos se presentan en formato: mínimo-(media)-máximo. N/D: no descrito.

visto en *Prumnopitys andina*. Los datos obtenidos por Torres *et al.* (1994) también presentan diferencia estadística con los datos de Pujana (2008).

La altura de radios ( $\mu\text{m}$ ), no presentó diferencias estadísticas significativas ( $F=1,21$ ;  $P=0,36$ ), pero al aplicar el test de Tukey, se mostró que los datos entregados por Torres y Lemoigne (1988) difieren estadísticamente de los datos obtenidos para los fósiles Keller y Chacabuco, presentando Torres y Lemoigne (1988) valores muy por sobre el resto. Esta tendencia no se repitió para la altura de radios medida en número de células, parámetro para el cual no existió evidencia estadística de variabilidad.

El análisis del número de radios por  $\text{mm}^2$ , evidenció una diferencia estadística ( $F=24,61$ ;  $P<0,05$ ), al aplicar el test de Tukey se observó que los datos de la especie actual tuvieron discrepancias con respecto a todos los otros datos, presentando *Prumnopitys andina* un promedio de densidad de radios por  $\text{mm}^2$  mayor que los fósiles comparados.

En relación a lo expuesto por Franco y Brea (2015), allí se expone que la nueva especie que registran, *Prumnopityoxylon gnaedingerae*, posee 1-6 punteaduras por campo de cruce. Considerando esto y que la característica distintiva de *Prumnopitys andina* es el campo de cruce con punteadura de tipo ventana (1-2 por campo de cruce), este fósil no sería afín a *Prumnopitys andina*.

A pesar de ser descartada de manera cualitativa, cuantitativamente el análisis de los datos de número de punteaduras por campo de cruce no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $F=2,13$ ;  $P=0,11$ ). Esta discrepancia entre lo cualitativo y lo cuantitativo, puede deberse al hecho de que el análisis se realizó con los datos publicados, que son el valor promedio, mayor y menor, no dejando espacio a una base de datos de mayor envergadura, lo que sesga los resultados estadísticos obtenidos.

Considerando los resultados del análisis estadístico realizado, los dos fósiles medidos para este estudio (fósil Keller y Chacabuco) presentan una mayor afinidad a *Prumnopitys andina* que los especímenes descritos en los trabajos anteriores recopilados. Estos especímenes mostraron a lo más un parámetro con diferencias estadísticas con la especie actual, presentando valores fuera de los rangos descritos para *Prumnopitys andina*.

Cuadro N°7: Resultados estadísticos de las características anatómicas de *Prumnopitys andina* con especies fósiles afines.

Parámetro		
Radios leñosos	Altura (células)	$F=0,68$ ; $P=0,66$
	Nº/ mm	<b><math>F=4,6</math>; <math>P&lt;0,001</math></b>
Traqueidas	Diámetro punteaduras ( $\mu\text{m}$ )	$F=2,7$ ; $P=0,06$
	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	$F=2,12$ ; $P=0,11$
Campos de cruce	Punteaduras por campo	$F=2,13$ ; $P=0,11$

Ejemplares comparados: *Prumnopitys andina*, Fósil Keller, Fósil Chacabuco, *Phyllocladoxylon anctarticum* (Torres y Lemoigne, 1988), *Phyllocladoxylon anctarticum* (Torres *et al.*, 1994), *Phyllocladoxylon sp. A*, (Pujana, 2008), *Prumnopityoxylon gnaedingerae* (Franco y Brea, 2015).

Parámetro		
Radios leñosos	N°/ mm <sup>2</sup>	<b>F=24,61; P&lt;0,001</b>
Traqueidas	N°/ mm <sup>2</sup>	<b>F=10,18; P&lt;0,001</b>

Ejemplares comparados: *Prumnopitys andina*, Fósil Keller, Fósil Chacabuco, *Phyllocladoxylon anctarticum*, Torres y Lemoigne (1988), *Phyllocladoxylon anctarticum*, Torres, Marensi y Santillana (1994).

Parámetro		
Radios leñosos	Altura (µm)	<b>F=1,21; P=0,36</b>

Ejemplares comparados: *Prumnopitys andina*, Fósil Keller, Fósil Chacabuco, *Phyllocladoxylon anctarticum*, Torres y Lemoigne (1988), *Prumnopityoxylon gnaedingerae*, Franco y Brea (2015).

Parámetro		
Traqueidas	Espesor de pared(µm)	<b>F=12,56; P&lt;0,001</b>

Ejemplares comparados: *Prumnopitys andina*, Fósil Keller, Fósil Chacabuco, *Phyllocladoxylon anctarticum* (Torres et al., 1994), *Prumnopityoxylon gnaedingerae* (Franco y Brea, 2015).

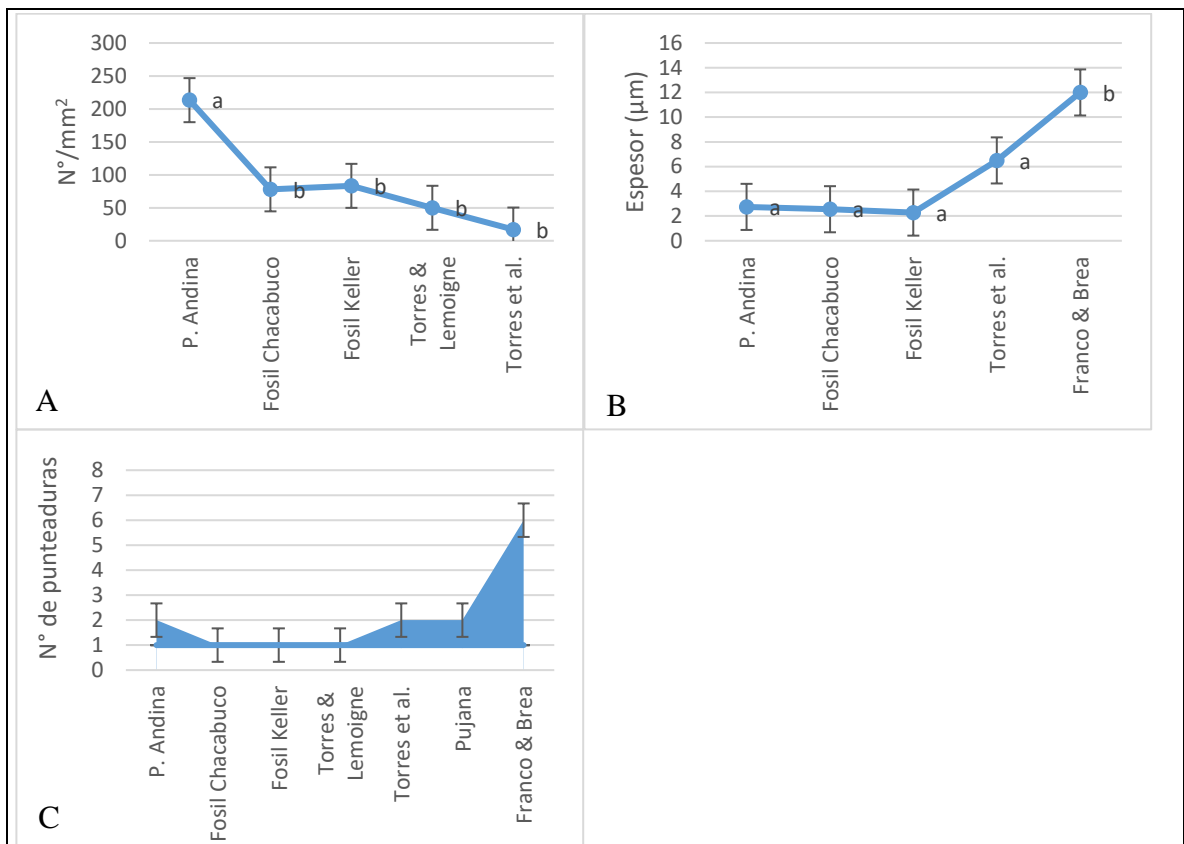


Figura N°18: Gráficos de variabilidad entre *Prumnopitys andina* y fósiles afines. A: Radios por mm<sup>2</sup>, B: Espesor de pared, C: Punteaduras por campo de cruce. El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre muestras.

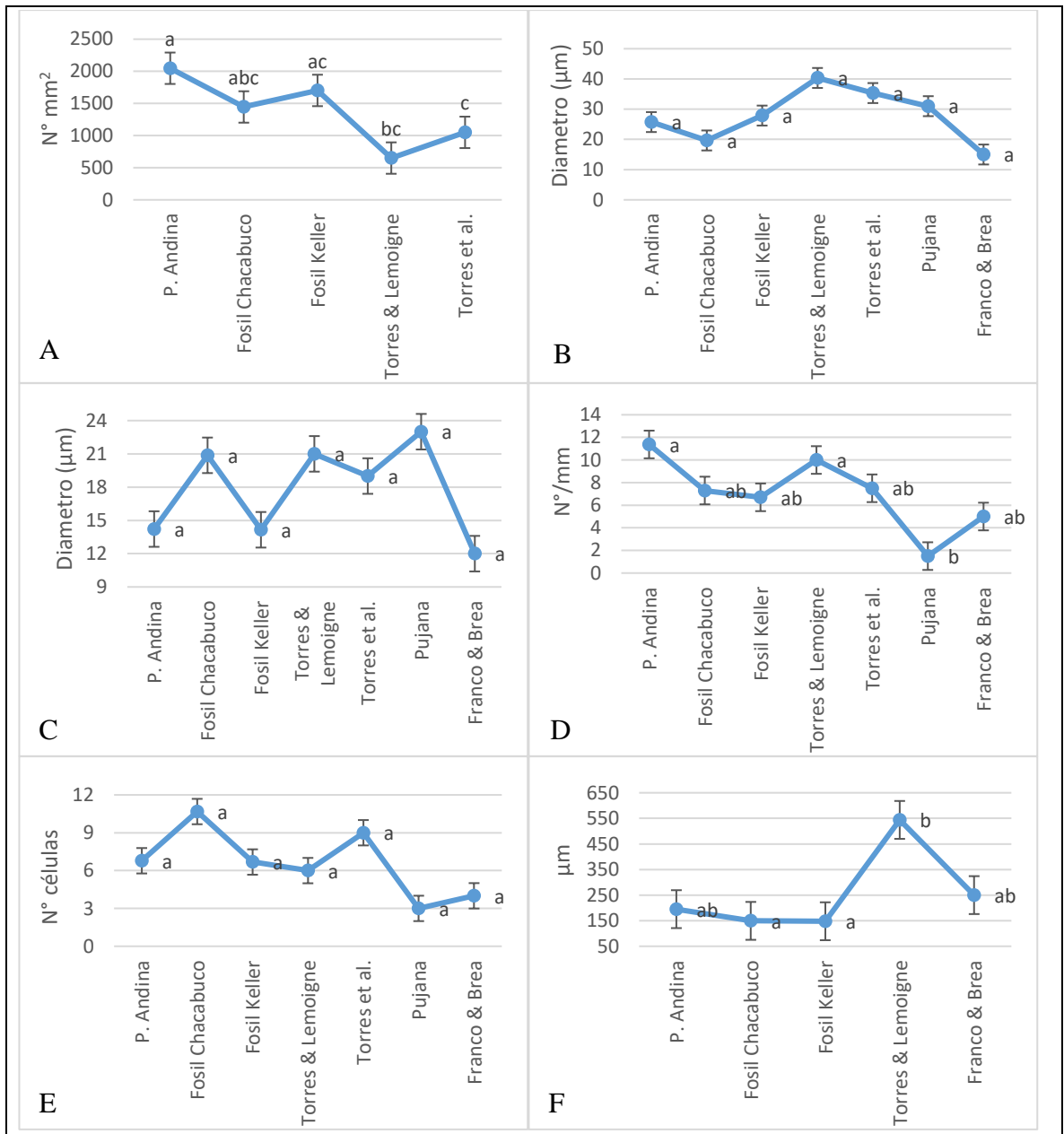


Figura N°19: Gráficos de variabilidad entre *Prumnopitys andina* y fósiles afines. A: Traqueidas por mm<sup>2</sup>, B: Diámetro de traqueidas, C: Diámetro de punteaduras, D: Radios por mm lineal, E: Altura de radios (número de células), F: Altura de radios (µm). El cambio de letra en el Test de Tukey indica diferencias significativas entre muestras.

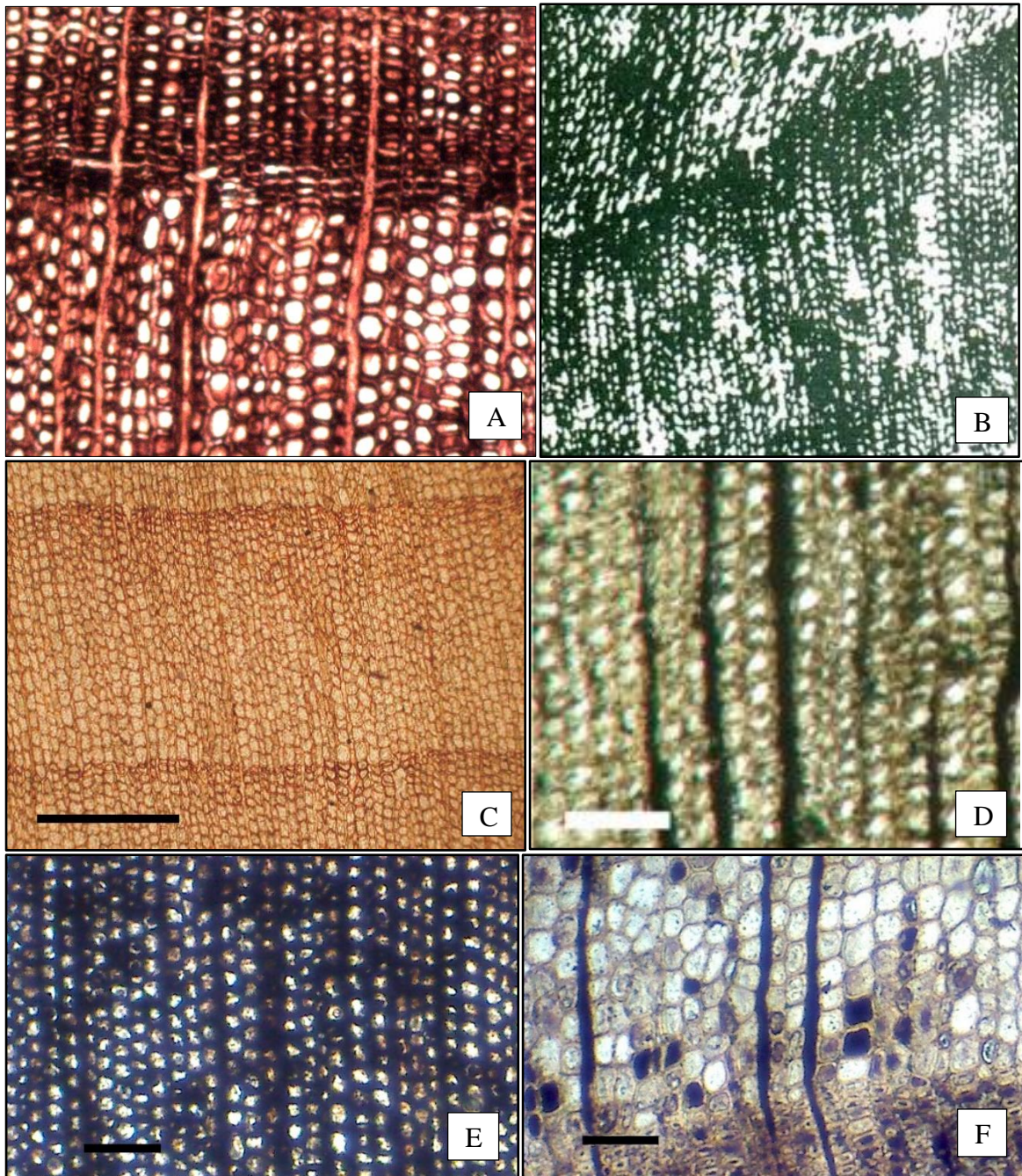


Figura N° 20: Comparación secciones transversales. A: *Phyllocladoxylon antarcticum* Gothan (Torres et al., 1994), 40X. B: *Phyllocladoxylon antarcticum* Gothan (Torres y Lemoigne, 1988), 35X. C: *Phyllocladoxylon* sp. (Pujana, 2008), barra 500  $\mu$ m. D: *Prumnopityoxylon gnaedingerae* (Franco y Brea, 2015), barra 200  $\mu$ m. E: Fósil Keller, barra 100  $\mu$ m. F: Fósil Chacabuco, barra 100  $\mu$ m. (Las fotos se encuentran en el formato con que fueron publicadas, pudiendo faltar barra de escala y presentando diferente aumento).

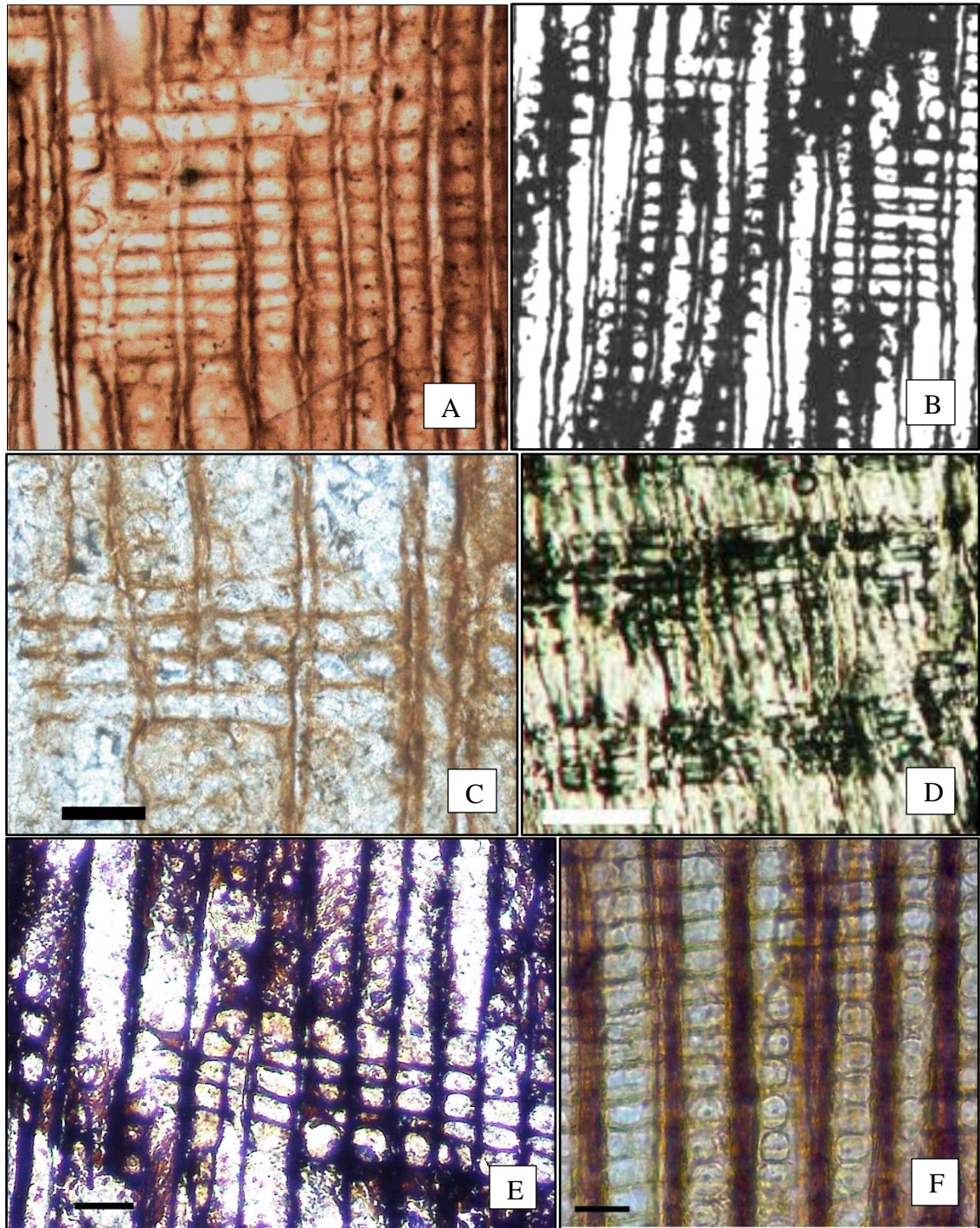


Figura N° 21: Comparación secciones longitudinal radial. A: *Phyllocladoxylon antarcticum* Gothan (Torres et al., 1994), 40X. B: *Phyllocladoxylon antarcticum* Gothan (Torres yLemoigne, 1988), 100X. C: *Phyllocladoxylon* sp. (Pujana, 2008), barra 50  $\mu$ m. D: *Prumnopityoxylon gnaedingerae* (Franco y Brea, 2015), barra 200  $\mu$ m. E: Fósil Keller, barra 100  $\mu$ m. F: Fósil Chacabuco, barra 100  $\mu$ m. (Las fotos se encuentran en el formato con que fueron publicadas, pudiendo faltar barra de escala y presentando diferente aumento).

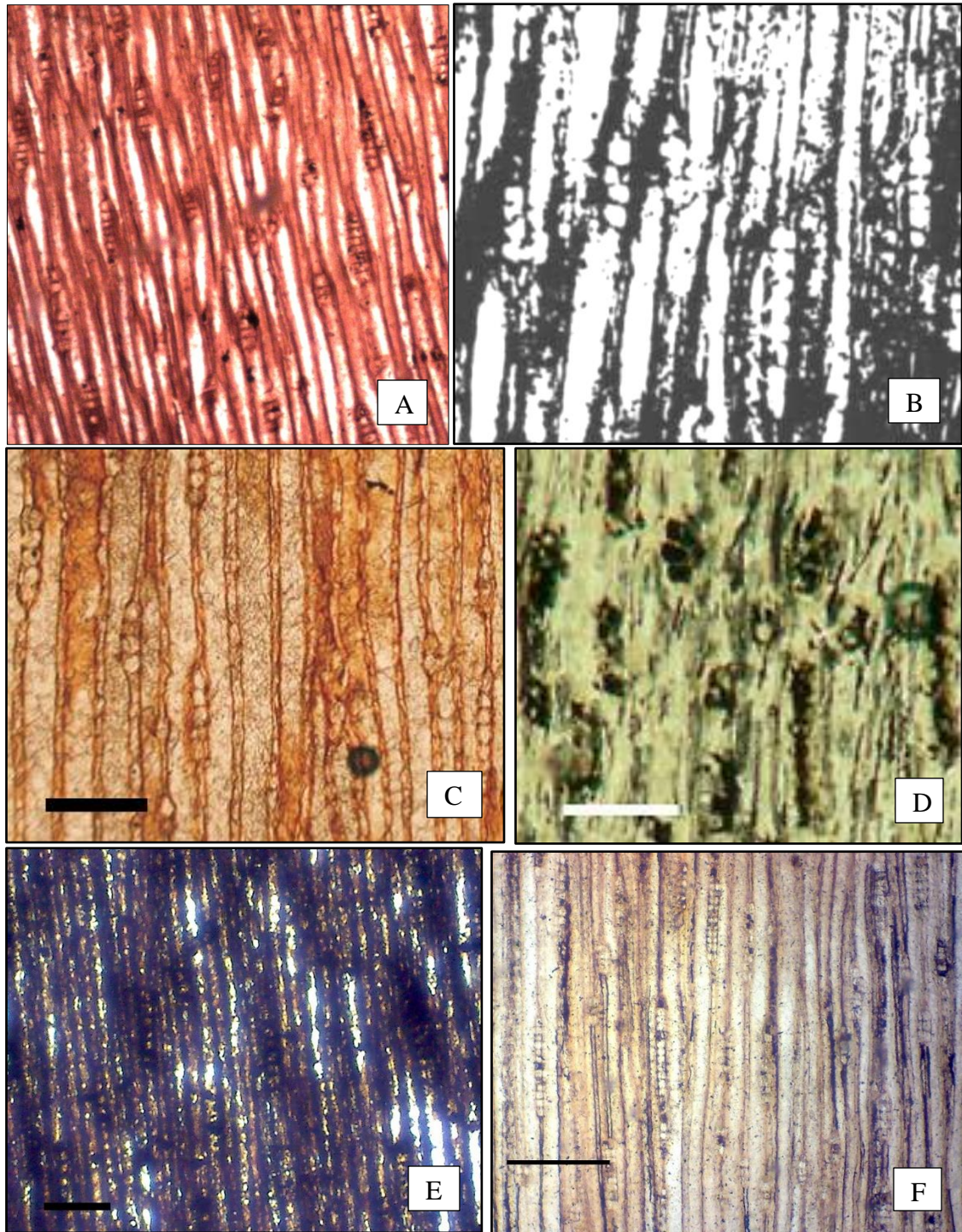


Figura N°22: Comparación secciones longitudinal tangencial. A: *Phyllocladoxylon antarcticum* Gothan (Torres et al., 1994), 40X. B: *Phyllocladoxylon antarcticum* Gothan (Torres y Lemoigne, 1988), 100X. C: *Phyllocladoxylon* sp. (Pujana, 2008), barra 100 µm. D: *Prumnopityoxylon gnaedingerae* (Franco y Brea, 2015), barra 200 µm. E: Fósil Keller, barra 100 µm. F: Fósil Chacabuco, barra 100 µm. (Las fotos se encuentran en el formato con que fueron publicadas, pudiendo faltar barra de escala y presentando diferente aumento).



#### 4. CONCLUSIONES

De los diez parámetros analizados en este estudio, la mayoría presentó valores similares a los expuestos en estudios anteriores, solamente se observó que el largo de traqueidas presentó valores menores a los promedios conocidos para la especie.

Respecto de la variabilidad, se obtuvieron resultados que demuestran la existencia de ésta, tanto en la altura como en el diámetro del fuste.

Para la altura del fuste, la variabilidad se observó con tendencia al aumento de los valores conforme aumenta la altura del fuste, los parámetros que mostraron esta tendencia fueron el largo de traqueidas y las traqueidas por  $\text{mm}^2$ . Por otro lado, se observó la tendencia de disminución de los valores conforme aumenta la altura del fuste, los parámetros que mostraron esta tendencia fueron el espesor de pared, diámetro de traqueidas, altura de radios (número de células y  $\mu\text{m}$ ). También existen parámetros que no muestran una tendencia definida de cambio, presentando saltos u oscilaciones en los valores observados, como son el diámetro de punteaduras y radios por  $\text{mm}^2$ . Los parámetros radios por mm lineal y punteaduras por campo de cruce no presentaron variabilidad, manteniendo valores similares a lo largo del fuste.

Respecto a la posición en sentido diametral, una de las tendencias que se observa es la de valores mayores en las muestras de los bordes, los parámetros que presentan esta tendencia son diámetro de punteaduras, diámetro de traqueidas, altura de radios (número de células y  $\mu\text{m}$ ). También se observó la tendencia contraria, con valores menores en los bordes, los parámetros que presentaron esta tendencia son traqueidas por  $\text{mm}^2$  y radios por  $\text{mm}^2$ . Los parámetros espesor de pared y radios por mm lineal no presentan una tendencia de cambio definida. De la misma forma, hay parámetros que no presentaron variabilidad dentro del diámetro, estos fueron el largo de traqueidas y punteaduras por campo de cruce.

Las especies fósiles usadas para comparación, mayormente presentaron afinidad con *Prumnopitys andina*, teniendo parámetros con diferencias observables. De todas las especies analizadas, la que presenta mayor discordancia con la especie actual es *Prumnopityoxylon gnaedingerae*, ya que ésta presenta diferencias en la característica primordial que distingue a *Prumnopitys andina*, como lo son las punteaduras por campo de cruce. Además de esto, también presenta diferencias en el espesor de pared, presentando valores más altos en este punto.

Los datos de los fósiles medidos para este trabajo, fósil Keller y fósil Chacabuco, no presentaron diferencias significativas en las mediciones, sólo se diferenciaron en la cantidad de radios leñosos por  $\text{mm}^2$ , el resto de los parámetros analizados se encontraron dentro de los rangos de la especie actual. Es por esto, que fósil Keller y fósil Chacabuco podrían corresponder a una versión de *Prumnopitys* de épocas anteriores.

Los datos de la anatomía de la madera de *Prumnopitys andina* son escasos, y sobre variabilidad de la misma son inexistentes, es por ello que generar información que pueda ser útil en estudios futuros que aporten al área de la anatomía de la madera, ecología y

paleobotánica, que nos orienten y enseñen sobre especies y ecosistemas que existieron en lugares donde hoy no existe nada semejante, da una oportunidad de comprender de mejor manera los cambios que ha sufrido el ecosistema en que estamos insertos.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- AMIGO, J., RODRIGUEZ-GUITIÁN, M., RAMIREZ, C. 2010. The lleuque forests of South Central Chile: a phytosociological study and syntaxonomical classification within South American temperate forests. *LAZAROA* 31: pp 85-98.
- BIFFIN, E., CONRAN, J., LOWE, A. 2011. Podocarp Evolution: A Molecular Phylogenetic Perspective. *Smithsonian Contributions to Botany*, Volume 95: pp. 1-20.
- DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina: Variación, estructura y dinámica. Tercera edición. Santiago, Editorial Universitaria. 483p.
- EARLE, C. (ed.). 2015. The Gymnosperm database: Podocarpaceae. [en línea] <<http://www.conifers.org/po/Podocarpaceae.php>> [consulta: 3 mayo 2015]
- FALCON-LANG, H. 2005. Intra-tree variability in wood anatomy and its implications for fossil wood systematics and palaeoclimatic studies. *Palaeontology*. 48(1): pp 171-183(13).
- FRANCO, M. J.; BREA, M. 2015. First extra-patagonian record of Podocarpaceae fossil Wood in the Upper Cenozoic (Ituzaingó Formation) of Argentina. *New Zealand Journal of Botany*.
- FRANKLIN, G. L. 1938. The preparation of woody tissues for microscopic examination. *Forest Products Research Laboratory* 40.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165p.
- GARCÍA-ESTEBAN, L., DE PALACIOS, P., GUINDEO, A., GARCÍA, F. 2004. Characterisation of the xylem of 352 conifers. *Invest Agrar: Sist Recur For* (2004) 13(3), 452-478.
- GARDNER, M. 2013. *Prumnopitys andina*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3 [en línea] <<http://www.iucnredlist.org/>> [consulta: 20 marzo 2015]
- GREGUSS, P. 1955. Identification of living Gymnosperms on the basis of xylotomy. *Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungría*. 263p.
- HECHENLEITNER, P., GARDNER, M., THOMAS, P., ECHEVERRÍA, C., ESCOBAR, B., BROWNLESS, P., MARTÍNEZ, C. 2005. Plantas Amenazadas del Centro-Sur de Chile. Distribución, Conservación y Propagación. Primera Edición. Universidad Austral de Chile y Real Jardín Botánico de Edimburgo. 188 pp.
- IAWA COMITEE, 2004. List of microscopic features for softwood identification. *IAWA Journal* 25(1): 1-70.
- JOHANSEN, D. A. 1940. Plant microtechnique. Mc Graw Hill. Boock Company. 523p.

- MUNDACA, T. 2011. Estudio de la madera de *Araucaria araucana* (Molina) K. Koch, variabilidad y comparación con maderas fósiles afines. Memoria para optar al título profesional de Ingeniero Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. 2011. 74 p.
- NORMAND, D. 1972. Manuel d'identification des bois commerciaux. Tome I. Centre Technique Forestier Tropical. pp 93-133.
- PUJANA, R. 2008. Estudio paleoxilológico del Paleógeno de Patagonia austral (Formaciones Río Leona, Río Guillermo y Río Turbio) y Antártida (Formación La Meseta). Tesis (Doctor en Ciencias Biológicas). Buenos Aires, Universidad de Buenos Aires. 182 p.
- RANCUSI, M. H.; NISHIDA, M.; NISHIDA, H. 1987. Xilotomy of important chilean Woods. In Nishida M. (ed) *Contributions to the botany in the Andes II*. Ed. Academy Scientific Book, Tokio. pp 68-158.
- SERRANO-BRAÑAS, C., REYES-LUNA, P. 2014. Paleobotánica forense: Una aproximación a la tafonomía de las plantas. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Volumen 66, número 1. pp 25-39.
- SUAZO, A., MUÑOZ, D., CORREA, R., ARELLANO, P. 2011. Plan de Desarrollo Comunal. Comuna de Melipeuco. PLADECO 2012-2016. 63p.
- TORRES, T. 1990 Etude paléobotanique de Tertiaire del îles Roi Georges et Seymour, Antarctique. Thèse Université Claude-Bernard Lyon. 210 p.
- TORRES, T., CASTILLO, P., OTERO, R. 2010. Angiospermas y gimnospermas del Maastrichtiano temprano en Península Keller, Isla Rey Jorge, Shetland del Sur, Antártica. II Simposio: Paleontología en Chile, Concepción. pp 38.
- TORRES, T., LEMOIGNE, Y. 1988. Maderas fósiles terciarias de la formación Caleta Arctowsky, isla Rey Jorge, Antártica. Serie Científica INACH. 37: 69-107.
- TORRES, T., LEMOIGNE, Y. 1989. Hallazgos de maderas fósiles del Cretácico Superior en Punta Williams, isla Livingston, islas Shetland del Sur, Antártica. Serie Científica INACH, 39: 9-26.
- TORRES, T., LLANOS, A., BASTIAS, J. 2012. Estudio preliminar de maderas fósiles cretácicas de la Formación Santa Marta, Isla James Ross, Antártica. Congreso Geológico Chileno, 13, Antofagasta, Chile, 05-09 Agosto, 2012.767-769.
- TORRES, T., MARENSSI, S., SANTILLANA, S. 1994. Maderas fósiles de la isla Seymour, Formación La Meseta, Antártica. Serie Científica INACH 44: 17-38.

TORRES, T., SANTANA, E., DUMONT, J., GALLEGUILLOS, M. 2004. Nuevos hallazgos de maderas fósiles en la isla Dee, Shetland del Sur, Antártica. Boletín Antártico Chileno. 23 (2).

TORRES, T., TAPIA, I. 1987. Estudio de maderas fósiles terciarias de la Zona Central. Informe final Proyecto 1126, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 71p.

WAGEMANN, G. 1949. Maderas chilenas, contribución a su anatomía e identificación. Lilloa 16: 263-375.

## APÉNDICE

### I.1 Análisis estadístico descriptivo para la madera de *Prumnopitys andina*.

Parámetro		N	Mín	Máx	Media	Desv. típica
<b>Radios leñosos</b>	Altura ( $\mu\text{m}$ )	800	23	195,1	73,18	25,9
	Altura (N° células)	800	2	18	6,78	2,52
	N°/ mm <sup>2</sup>	320	166	282	213,3	20,82
	N°/ mm	320	6	17	11,375	1,96
<b>Traqueidas</b>	Largo ( $\mu\text{m}$ )	800	582,2	2096,9	1183,6	250,96
	N° por mm <sup>2</sup>	160	1.600	2.564	2.047,6	215,83
	Diámetro punteaduras ( $\mu\text{m}$ )	800	9,1	20,2	13,36	1,59
	Espesor de pared ( $\mu\text{m}$ )	960	1,7	5	2,74	0,57
	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	960	15,1	36,9	25,21	3,78
<b>Campos de cruce</b>	Punteaduras por campo	800	1	2	1,01	0,1

### I.2 Análisis de Varianza de la madera de *Prumnopitys andina*.

Parámetro		Altura			Diámetro		
		F	Valor "p"	Valor crítico para F	F	Valor "p"	Valor crítico para F
<b>Radios leñosos</b>	Altura ( $\mu\text{m}$ )	3,67298801	0,00064909	2,02112328	11,3861796	2,5671E-07	2,61608895
	Altura (N° células)	4,95885161	1,6644E-05	2,02112328	7,59732247	5,1679E-05	2,61608895
	N°/ mm <sup>2</sup>	13,4497264	3,4876E-15	2,03897638	14,2369220	1,0032E-08	2,63318244
	N°/ mm	1,47680890	0,17478121	2,03897638	16,1637079	8,4617E-10	2,63318244
<b>Traqueidas</b>	Largo ( $\mu\text{m}$ )	9,14121568	6,8152E-11	2,02112328	0,41297291	0,74373037	2,61608895
	N° por mm <sup>2</sup>	4,65660777	9,4652E-05	2,07031066	20,8595333	2,0417E-11	2,66256854
	Diámetro punteaduras ( $\mu\text{m}$ )	9,93842816	6,2647E-12	2,02112328	9,22450305	5,2931E-06	2,61608895
	Espesor de pared ( $\mu\text{m}$ )	31,5343813	1,8365E-39	2,01918117	2,80704987	0,03862649	2,61421382
	Diámetro ( $\mu\text{m}$ )	11,8385461	1,6109E-14	2,01918117	13,5450446	1,1656E-08	2,61421382
<b>Campos de cruce</b>	Punteaduras por campo	0,62324455	0,73697177	2,02112328	0,41061714	0,74541852	2,61608895

# ANEXOS

I. Tabla Cronoestratigráfica Internacional

Edad (Ma)	Edad (Ma)	Edad (Ma)	Edad (Ma)	Edad (Ma)	Edad (Ma)	Edad (Ma)
~ 635	398.9 ± 0.4	~ 185.0	~ 145.0	~ 125.0	~ 120.4	~ 145.0
~ 720	372.2 ± 1.6	152.1 ± 0.9	152.1 ± 0.9	125.0	120.4	145.0
1000	382.7 ± 1.6	157.3 ± 1.0	157.3 ± 1.0	125.0	120.4	145.0
1200	387.7 ± 0.8	163.5 ± 1.0	163.5 ± 1.0	125.0	120.4	145.0
1400	393.3 ± 1.2	166.4 ± 1.2	166.4 ± 1.2	125.0	120.4	145.0
1600	407.6 ± 2.6	168.3 ± 1.3	168.3 ± 1.3	125.0	120.4	145.0
1800	410.8 ± 2.8	170.3 ± 1.4	170.3 ± 1.4	125.0	120.4	145.0
2050	419.2 ± 3.2	174.1 ± 1.0	174.1 ± 1.0	125.0	120.4	145.0
2300	423.0 ± 2.3	182.7 ± 0.7	182.7 ± 0.7	125.0	120.4	145.0
2500	427.4 ± 0.5	190.8 ± 1.0	190.8 ± 1.0	125.0	120.4	145.0
2800	430.5 ± 0.7	199.3 ± 0.3	199.3 ± 0.3	125.0	120.4	145.0
3200	433.4 ± 0.8	201.3 ± 0.2	201.3 ± 0.2	125.0	120.4	145.0
3600	435.5 ± 1.1	~ 208.5	~ 208.5	125.0	120.4	145.0
4000	440.8 ± 1.2	~ 227	~ 227	125.0	120.4	145.0
~ 4600	442.8 ± 1.5	~ 237	~ 237	125.0	120.4	145.0
	445.2 ± 1.4	~ 242	~ 242	125.0	120.4	145.0
	453.0 ± 0.7	247.2	247.2	125.0	120.4	145.0
	458.4 ± 0.9	251.2	251.2	125.0	120.4	145.0
	470.0 ± 1.4	252.17 ± 0.06	252.17 ± 0.06	125.0	120.4	145.0
	477.7 ± 1.4	254.14 ± 0.07	254.14 ± 0.07	125.0	120.4	145.0
	485.4 ± 1.9	259.8 ± 0.4	259.8 ± 0.4	125.0	120.4	145.0
	~ 489.5	265.1 ± 0.4	265.1 ± 0.4	125.0	120.4	145.0
	~ 494	268.8 ± 0.5	268.8 ± 0.5	125.0	120.4	145.0
	~ 497	272.3 ± 0.5	272.3 ± 0.5	125.0	120.4	145.0
	~ 500.5	283.5 ± 0.6	283.5 ± 0.6	125.0	120.4	145.0
	~ 504.5	290.1 ± 0.26	290.1 ± 0.26	125.0	120.4	145.0
	~ 509	295.0 ± 0.18	295.0 ± 0.18	125.0	120.4	145.0
	~ 514	298.9 ± 0.15	298.9 ± 0.15	125.0	120.4	145.0
	~ 521	303.7 ± 0.1	303.7 ± 0.1	125.0	120.4	145.0
	~ 529	307.0 ± 0.1	307.0 ± 0.1	125.0	120.4	145.0
	541.0 ± 1.0	315.2 ± 0.2	315.2 ± 0.2	125.0	120.4	145.0
		323.2 ± 0.4	323.2 ± 0.4	125.0	120.4	145.0
		330.9 ± 0.2	330.9 ± 0.2	125.0	120.4	145.0
		346.7 ± 0.4	346.7 ± 0.4	125.0	120.4	145.0
		359.9 ± 0.4	359.9 ± 0.4	125.0	120.4	145.0