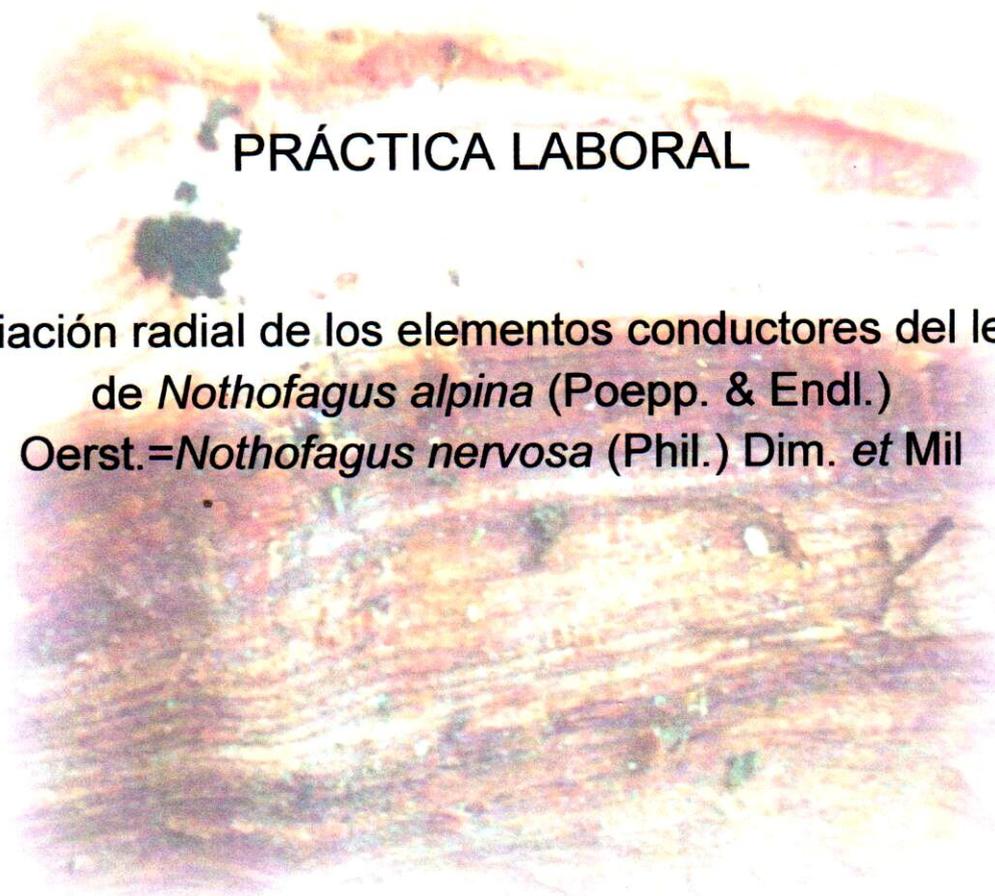




# ASENTAMIENTO UNIVERSITARIO SAN MARTÍN DE LOS ANDES

## PRÁCTICA LABORAL

Variación radial de los elementos conductores del leño  
de *Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.)  
Oerst.=*Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil



*Alumna: Milagros Razquin*

*Profesor supervisor: Lic. Andrea A. Medina*

LIBRO	U. N. C. "San Martín de los Andes"
PL	
B279	
140157	



# **Índice**

Resumen.....	3
Introducción.....	3
Objetivos	
General.....	4
Específicos.....	4
Área de estudio.....	5
Materiales y métodos.....	6
Resultados.....	8
Discusión y conclusiones.....	12
Bibliografía.....	13
Agradecimientos.....	14

La arquitectura hidráulica de la madera de una especie puede ser entendida como una estrategia adaptativa al ambiente donde se desarrolla y por ello ser interpretada desde una perspectiva ecológica. El objetivo de este trabajo, fue analizar el sistema de conducción del Raulí, su variación dentro del árbol, entre árboles y entre sitios. Se trabajó con árboles de no menos de 60 años de edad de Quilánlahue y Nonthue, Departamento Lácar, Neuquén, Argentina, de los cuales se extrajo una rodaja a 1,3 m de altura. Se utilizó el radio de orientación norte de cada una de ellas, realizándose preparados microscópicos y macerados cada diez años desde la médula a la corteza. En cada uno de ellos se midieron las variables que caracterizan el sistema de conducción y se calcularon los índices de vulnerabilidad y de agrupamiento de vasos. La mayor fuente de variación de las características analizadas se presentó dentro del árbol, relacionada con las diferentes edades formativas del leño. La variabilidad entre árboles y entre sitios no fue significativa. El diámetro de poros, la longitud de los elementos vasculares y el índice de vulnerabilidad aumentaron, mientras que el número de poros/mm<sup>2</sup> y el índice de agrupamiento de los mismos registraron una disminución, significativamente con la edad. Los resultados en estos ejemplares muestran la presencia de un xilema con alta seguridad conductiva al principio que disminuye con la edad, incrementando la eficiencia conductiva. Este trabajo representa el comienzo de los estudios eco-anatómicos de la madera de Raulí.

## Introducción

La madera es una de las materias primas más ampliamente utilizadas, demandando su mercado cada vez mayor uniformidad de la misma con el fin de poder catalogarla, tipificarla, predecir su comportamiento (Zobel y Jett, 1995) y elaborar productos de calidad. Por otro lado es un producto biológico complejo generado por el cambium durante toda la vida de un árbol, resultando un material heterogéneo como resultado de factores intrínsecos (genéticos) y extrínsecos (ambientales). Sus características anatómicas varían tanto entre individuos y entre sitios como dentro de cada individuo (Zobel y Van Buijtenen, 1989), en éste último caso asociado principalmente a la presencia de leño juvenil, en el que sus propiedades son muy variables, y su proporción de leño maduro, en el que sus propiedades son más constantes y estables.

Los elementos de vaso son una de estas características anatómicas, las cuales según su distribución en el leño, cantidad, tamaño y grado de agrupación, influyen en el crecimiento del xilema secundario e intervienen en su destino final. La disposición de dichas células en el tejido leñoso es consecuencia de dos

fuerzas de selección contrapuestas: la eficiencia conductora del agua y la seguridad en la conducción de la misma (Moglia y López, 2001). Carlquist (1988) propuso el análisis de índices eco anatómicos, como el de vulnerabilidad y el de agrupamiento de poros, para estimar el grado de seguridad o vulnerabilidad conductiva que presenta el xilema de determinada especie relacionando variables del sistema de conducción del mismo. En algunas especies, donde el tejido de resistencia del leño está compuesto principalmente por fibrotraqueidas, la seguridad conductiva del mismo puede estar reforzada por la acción subsidiaria en la conducción del agua que estas células podrían realizar en situaciones necesarias para la planta (Moglia y López, 2001).

El Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. & Endl.) Oerst. = *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil.) habita en el Distrito Caducifolio de la Provincia Subantártica (Cabrera, 1976). En Argentina, se extiende desde el lago Quillén, hasta el lago Lácar (39°24' – 40°10'), en una faja de unos 120 km de largo y 40 km como máximo de ancho desde la frontera con Chile hacia el este, entre los 800 y 1350 m s.n.m. Gracias a sus características físico-mecánicas, su madera es muy apreciada para la utilización en mueblería, carpintería naval y construcción a la intemperie, razón por la cual ha sido una especie explotada en forma histórica. Sin embargo, existen pocos estudios sobre la madera de esta especie, por lo tanto es necesario generar y aportar conocimientos.

La presente práctica laboral se encuentra enmarcada dentro del proyecto “Variabilidad de la madera de *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. (Raulí) y sus implicancias tecnológicas y biológicas”. Dicho proyecto pretende “conocer la variabilidad de la madera de esta especie dentro y entre individuos y entre sitios en un gradiente O-E en la cuenca del Lago Lácar, a partir de parámetros anatómicos y físicos y relacionarlos con aspectos tecnológicos y biológicos.” (UNComahue, 2008):

## Objetivos

### Generales

- Generar datos que sumen a nuestro conocimiento de la anatomía de la madera de esta importante especie forestal.

### Específicos

- Aprender técnicas de laboratorio utilizadas para el estudio de la madera a nivel microscópico.

- Conocer la variabilidad dentro del árbol, entre árboles y entre sitios de los elementos conductores de la madera de Raulí.
- Inferir las implicancias ecológicas del hidrosistema del xilema secundario de esta especie y su variación con la edad.
- Determinar indicadores ecológicos de su madera, como el índice de vulnerabilidad y el índice de agrupamiento de poros.

## Área de estudio

El área de estudio se situó en bosques de Raulí en las seccionales Quilanlahue (este) y Nonthue (oeste) del Parque Nacional Lanín, en el sector Norte de la cuenca Lácar, a unos 900 m s.n.m. dentro del Distrito Caducifolio de la Provincia Subantártica (Dominio Subantártico; Región Antártica) (Cabrera, 1976) (Figura 1).

Presenta relieve de montaña y su clima es templado húmedo, con precipitaciones principalmente invernales de alrededor de 1900 mm anuales y marcada estación seca estival; la temperatura media anual es de 9°C (De Fina y Ravelo, 1979). El régimen de humedad de los suelos es údico por lo que no presentaría déficit hídrico en ningún momento del año (Ferrer et al., 1991).

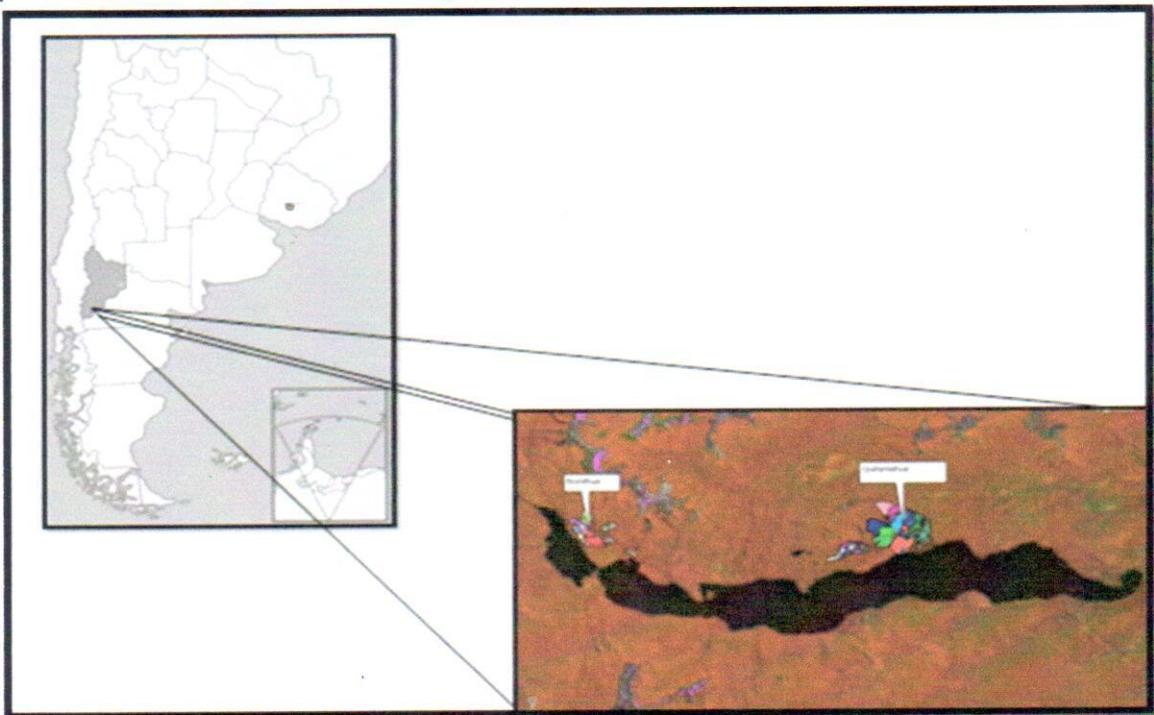


Figura 1: Ubicación geográfica de los sitios elegidos.

## Materiales y métodos

Se trabajó con cuatro ejemplares por cada sitio, seleccionados por su fuste sin defecto, estrato sociológico dominante, copa simétrica y buen estado sanitario. De estos se extrajo una rodaja a 1,3 m de altura y utilizando un radio de orientación (norte) se obtuvo un tarugo, el cual se cortó en cubos cada 10 años desde la médula a la corteza.

Para llevar a cabo los preparados microscópicos se hicieron cortes transversales de 15-30  $\mu\text{m}$  de espesor y como método de tinción se utilizó la solución de safranina. Por otro lado se realizaron macerados sumergiendo astillas en ácido acético glacial y agua oxigenada 100 volúmenes, cocinándolas a baño maría durante 2 horas aproximadamente (Método de Franklin, 1937) (Figura 2).

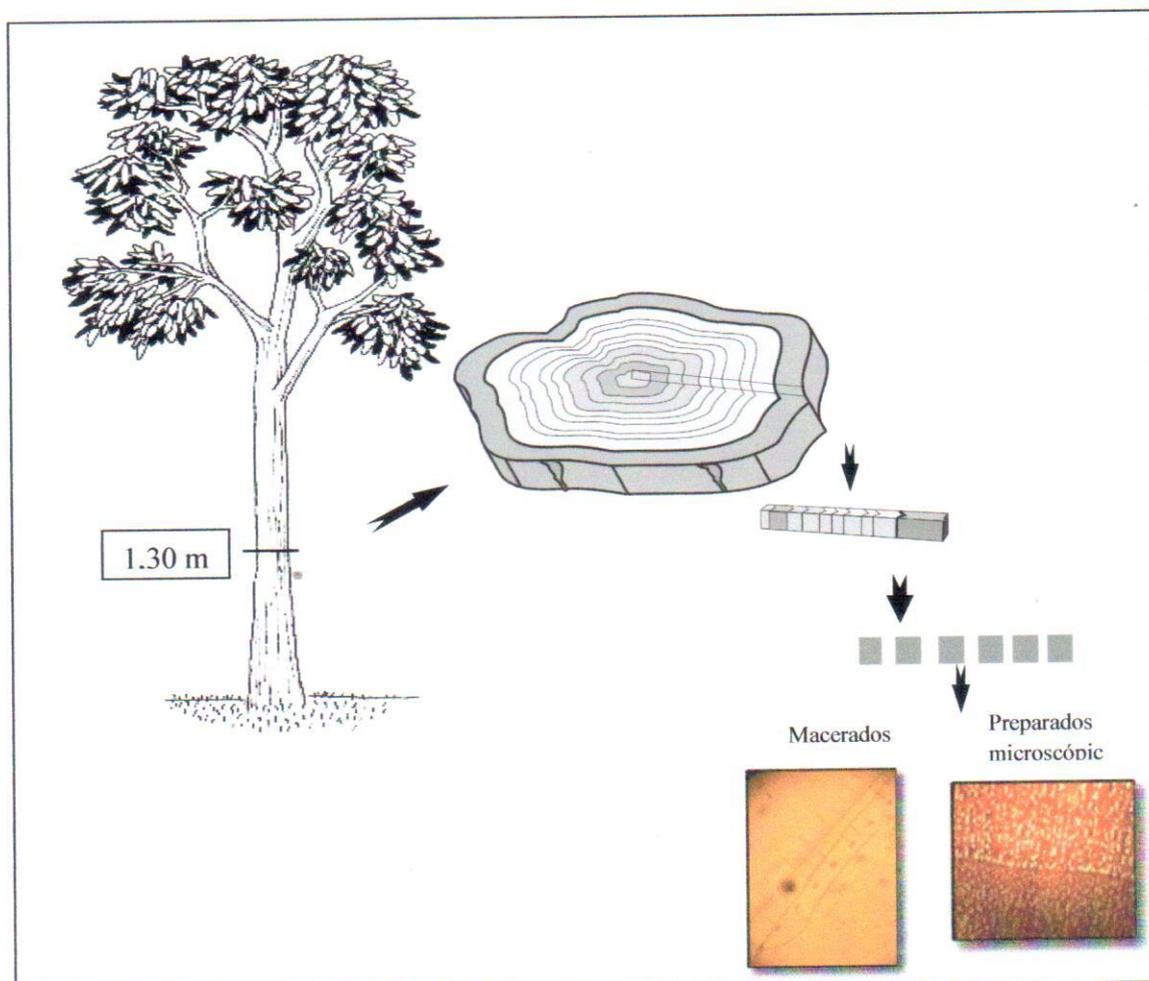


Figura 2: Representación de la toma de muestras de cada uno de los árboles.

En cada uno de ellos se midieron, siguiendo la metodología propuesta por el Comité de IAWA (1989): distribución, diámetro y número de poros/mm<sup>2</sup> y longitud de elementos de vaso, hasta los 60 años de edad. Se analizó la variabilidad de los mismos dentro del árbol, entre árboles y entre sitios a través del análisis de varianza para cada uno de estos factores. El modelo ajustado estuvo determinado por dos factores fijos, árbol y edad. Se utilizó la prueba de Tukey para las comparaciones de medias y el nivel de significancia fue definido en todos los casos en  $P < 0,05$  (Devore 2005). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa INFOSTAT (2011).

Se calcularon los siguientes índices como indicadores del grado de seguridad conductiva:

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD (IV) = diámetros de poros/ n° de poros/mm<sup>2</sup>. A menor IV mayor seguridad conductiva, en situaciones de estrés el individuo presenta menor vulnerabilidad. Sus valores varían entre 0 y 1.

ÍNDICE DE AGRUPAMIENTO DE POROS (IA) = n° total de poros/ n° de grupos de poros. A mayor IA mayor seguridad conductiva, es decir menor vulnerabilidad en situaciones de estrés.



Figura 3: Uno de los árboles cortados en el sitio Nonthue.

## Resultados

De acuerdo a lo observado se determinó que la porosidad de la especie es difusa, con una disminución gradual del diámetro de los elementos de vaso (Figura 4).

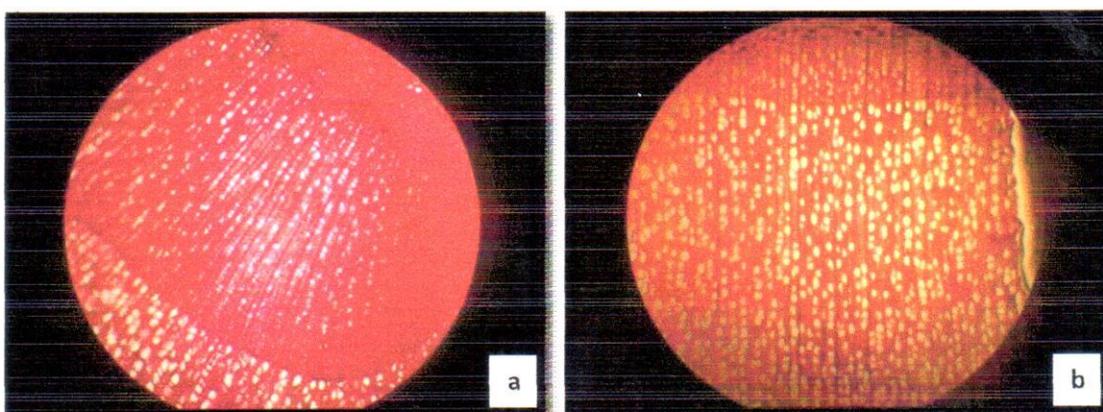


Figura 4 a) Vista de un corte transversal de un anillo cercano a la médula, 40 X. b) Vista en corte transversal de un anillo cercano a la corteza, 40 X.

Los elementos vasculares poseen perforaciones simples terminales o laterales. Presentan en general apéndices, los que pueden ser de variada longitud, algunos alcanzando valores de hasta  $300 \mu\text{m}$ . Sus puntuaciones vasculares son opuestas, a veces escalariformes, con aréola de forma circular a hexagonal (Figura 5 y 6). La presencia de tílides en el interior de los vasos comenzó a observarse partir de los 60 años de edad de los árboles.

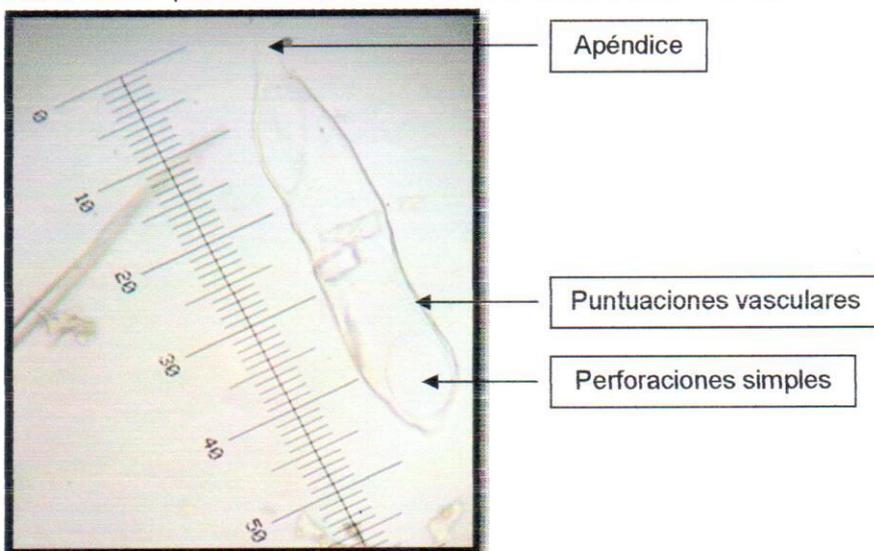


Figura 5. Elemento de vaso en macerado, 10x.

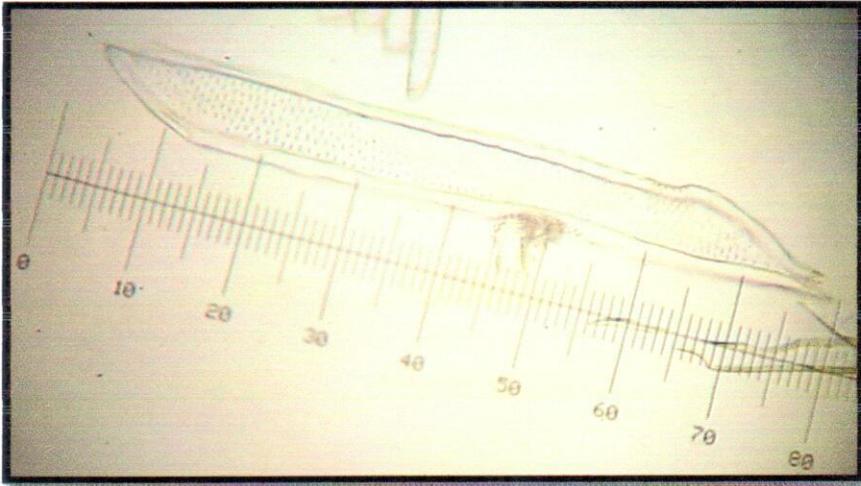


Figura 6. Miembro de vaso en macerado, 10 X.

En la tabla 1 se presentan los promedios, desviaciones y coeficientes de variación de las variables analizadas.

Tabla 1: Valores promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de las variables medidas

	PROMEDIO GENERAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN (%)
Diámetro de poros ( $\mu$ )	46,26	10,55	22,82
Número de poros/mm <sup>2</sup>	122,80	59,03	48,07
Longitud de elementos de vasos( $\mu$ )	595,22	62,59	10,52
Índice de Vulnerabilidad	0,47	0,24	51,10
Índice de Agrupamiento de Poros	1,75	0,30	16,99

La comparación entre árboles y entre sitios, no presentó diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas.

Las variables analizadas sí presentaron diferencias significativas entre edades, donde se observó un aumento del diámetro de poros (Figura 7).

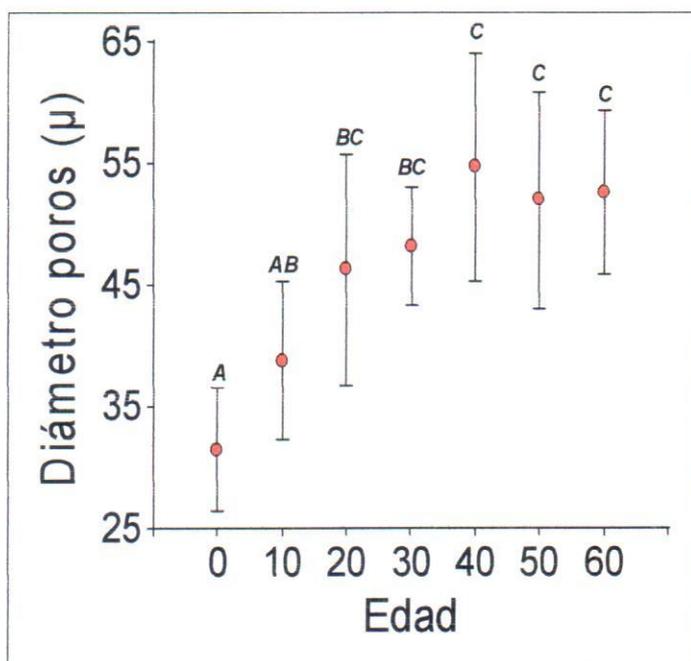


Figura 7. Diámetro de poros (Promedio + Desvío Estándar) en relación con la edad de los árboles. Valores promedios con letra distinta indican diferencias significativas entre edades (Tukey,  $P < 0,05$ ).

Los valores de poros por  $\text{mm}^2$  disminuyeron con la edad (Figura 8).

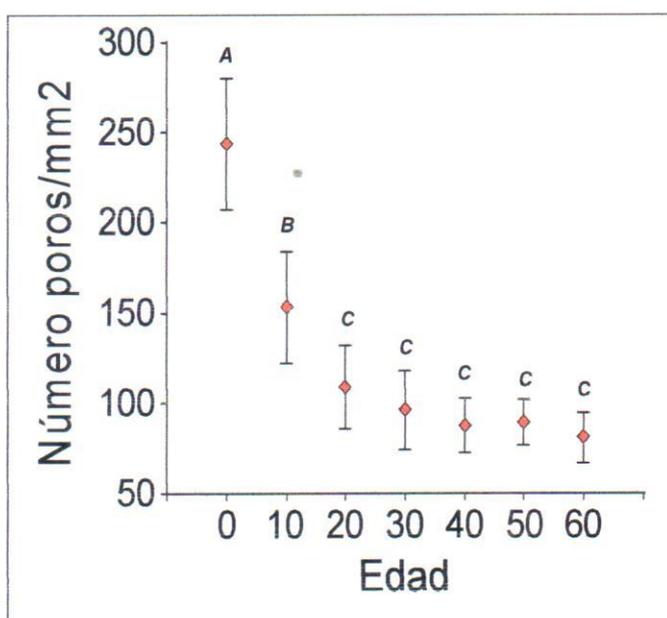


Figura 8. Número de poros por  $\text{mm}^2$  (Promedio + Desvío Estándar) en relación con la edad de los árboles. Valores promedios con letra distinta indican diferencias significativas entre edades (Tukey,  $P < 0,05$ ).



La longitud de los elementos de vaso también aumenta con la edad cambial (Figura 9).

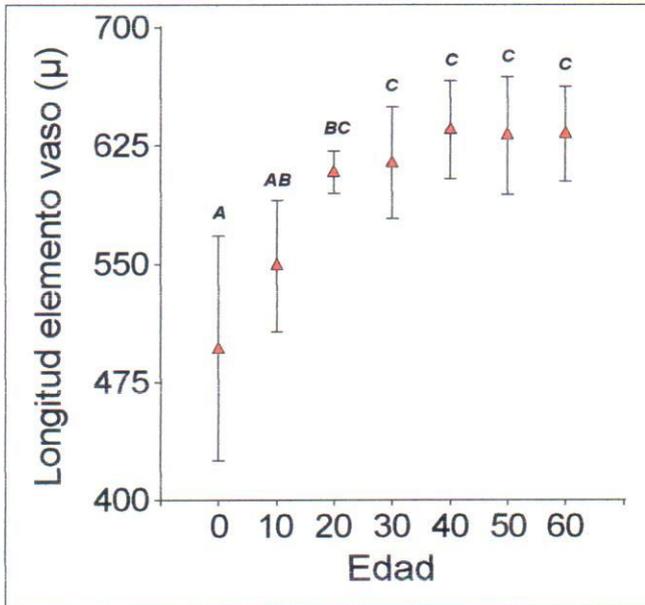


Figura 9. Longitud de elementos de vaso (Promedio + Desvío Estándar) en relación con la edad de los árboles. Valores promedios con letra distinta indican diferencias significativas entre edades (Tukey,  $P < 0,05$ ).

El índice de vulnerabilidad aumentó significativamente con la edad de los árboles (Figura 10 b). Por otro lado el índice de agrupamiento de poros disminuyó con el paso de los años (Figura 10 a).

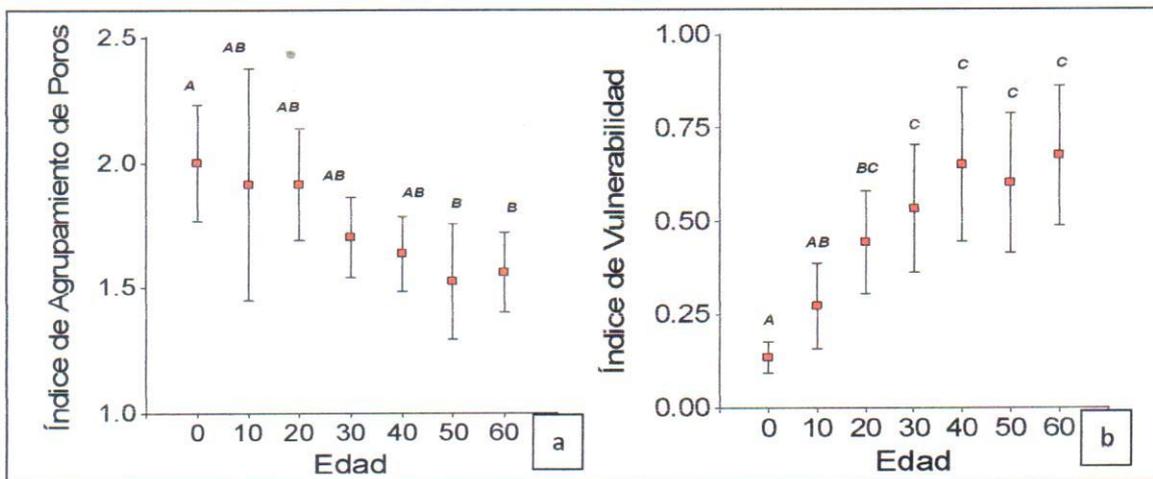


Figura 10: Variación del a) Índice de Agrupamiento de poros y b) Índice de Vulnerabilidad (Promedio + Desvío Estándar) con la edad de los árboles. Valores promedios con letra distinta indican diferencias significativas entre edades (Tukey,  $P < 0,05$ ).

## Discusión y conclusiones

El patrón de las fuentes de variación de las variables conductivas analizadas fue similar al descrito por Larson (1994), en el que se describe mayor variabilidad de las características de la madera dentro de un árbol, relacionada con las diferentes edades formativas del leño, que entre árboles y entre sitios.

Los resultados de este trabajo mostraron en los ejemplares analizados, la presencia de un xilema con marcada seguridad conductiva al principio, adaptado a sortear eventos de estrés hídrico y/o térmico durante su período de actividad conductiva y crecimiento anual en primavera y verano.

Los valores arrojados por el índice de vulnerabilidad, indica que la madera de estos ejemplares de Raulí presentan características consideradas xeromórficas (Carlquist 1988), probablemente como una estrategia de adaptación al clima en el cual se desarrollan. Si bien el área de distribución natural de ésta especie presenta clima templado húmedo con precipitaciones del orden de los 1900 mm anuales, el régimen de las mismas es marcadamente mediterráneo, produciéndose en el semestre cálido (octubre-marzo) un 30% aproximadamente de la precipitación total anual. Así, durante los meses de actividad cambial de los árboles son frecuentes las altas temperaturas, pocas precipitaciones y bajas humedades relativas del aire, así como los fuertes y frecuentes vientos (De Fina y Ravelo 1979), situaciones que determinan valores de potencial hídrico atmosférico muy bajos y elevados flujos de transpiración en los árboles. En dichos contextos, las columnas de agua en el xilema pueden discontinuarse (cavitar) a causa de la aparición de burbujas de aire que bloquean la conducción (embolia). Por otro lado, la probabilidad de ocurrencia de heladas existe durante todo el año en la zona, las que pueden también desencadenar procesos de cavitación en el xilema por congelación.

Con el aumento de la edad de los árboles crece el diámetro de poros y disminuye su frecuencia en la madera. Esto se traduce en un incremento en la eficiencia en la conducción del xilema, con una consecuente disminución de su seguridad conductiva, probablemente en relación con el mayor desarrollo radicular de las plantas y al aumento del espesor de la corteza y su capacidad de aislamiento térmico al cambium.

Teniendo en cuenta que la arquitectura hidráulica del xilema es una de varias estrategias adaptativas de los árboles, los conocimientos expuestos en la presente práctica laboral aportarán información que ayudará a interpretar la capacidad de adaptación de ésta especie forestal frente a condiciones de cambios en el ambiente.

**Cabrera, AL.** 1976. Regiones fitogeográficas de la Argentina. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo II.

**Carlquist, S.** 1988. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological and evolutionary aspect of Dicotyledons wood.

**Carlquist, S.** 1992. Ecological Strategies of Xylem evolution, University of California Press.

**De Fina, AL y Ravelo, AC.** 1979. Climatología y fenología agrícolas. Editorial Universitaria de Buenos Aires.

**Devore, JL.** 2005. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias. 6ª ed. Thomson.

**Ferrer, J; Mendia, M e Irisarri, J.** 1991. Estudio Regional de los Suelos de la Provincia del Neuquén. Volumen 1. Tomo 2,3.

**Franklin, G.** 1937. Permanent Preparations of Macerated Wood Fibres. *Tropical woods*.

**IAWA Committe.** 1989. List of microscopic features for hardwoods identification. *IAWA. Bulletin* 10.

**Larson PR.** 1994. The Vascular Cambium. Development and Structure. Springer Series in Wood Science.

**Moglia, JG y López, CR.** 2001. Variabilidad radial de algunos caracteres anatómicos de *Aspidosperma quebracho blanco*. Bosque 22.

**Proyecto de Investigación del AUSMA (UNComahue).** 2008. "Variabilidad de la Madera de *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. (Raulí) y sus implicancias tecnológicas y biológicas". En desarrollo.

**Rivera, SM.** 1988. Revisión xilológica del género *Nothofagus* Bl. (Fagaceae) para la Argentina. Monografías de la Academia Nacional de ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

**Tortorelli, LA.** 1956. Maderas y bosques argentinos. Editorial ACME.

**Zobel, BJ y Jett, JB.** 1995. Genetic of wood production.



Zobel, BJ y Van Buijtenen, JP. 1989. Wood variation: Its causes and control.

## Agradecimientos

Agradezco mi familia que siempre me instó a cumplir mis sueños y me acompañó en la distancia.

A mis amigas y amigos que me enseñaron el verdadero valor de la amistad y me regalaron momentos inolvidables.

A mi supervisora por brindarme su apoyo en todo momento.

A todos los integrantes del proyecto que colaboraron en la recolección de muestras, elaboración de preparados, medición y análisis de datos.