

U N I V E R S I D A D   D E   C O N C E P C I O N  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento Silvicultura

"CRECIMIENTO DE RAICES DE PLANTAS DE *Nothofagus*  
*obliqua* Y *Nothofagus alpina* A DISTINTAS  
TEMPERATURAS"



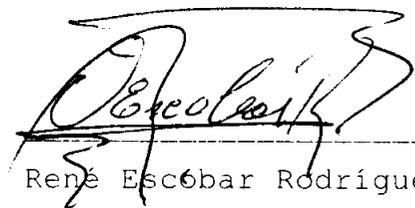
CARLOS ANDRES BARRIENTOS ZURITA

MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE  
1999

CRECIMIENTO DE RAICES DE PLANTAS DE *Nothofagus obliqua* y  
*Nothofagus alpina* A DISTINTAS TEMPERATURAS.

Profesor Asesor



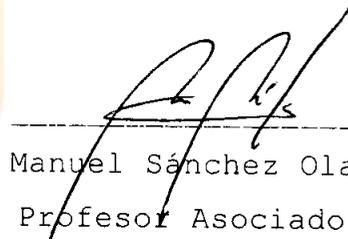
René Escobar Rodríguez;  
Profesor Asociado;  
Técnico Forestal.

Profesor Asesor



Darcy Ríos Leal;  
Profesor Asociado;  
Prof. Biol. y Quím.  
M Sc.; Dra.

Director Departamento  
Silvicultura

Manuel Sánchez Olate;  
Profesor Asociado;  
Ingeniero Forestal; Dr.

Decano  
Facultad de Ciencias  
Forestales



Fernando Drake Aranda;  
Profesor Asociado;  
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título

René Escobar Rodríguez: 85 (ochenta y cinco puntos).  
Darcy Ríos leal: 85 (ochenta y cinco puntos).

### **Dedicatorias**

El presente trabajo de memoria de título está dedicado principalmente a mis padres y hermanas, por su apoyo incondicional, y que gracias a esto me ha permitido alcanzar el objetivo de ser un ingeniero.

A mis abuelas y tías por el apoyo espiritual que me permitió no perder las esperanzas de alcanzar las metas propuestas en la vida.



## Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me ayudaron de una u otra forma en la realización de este trabajo.

- ❖ Al profesor don René Escobar, por el material proporcionado para la realización de este proyecto de tesis y por sus consejos brindados para este trabajo.
- ❖ A la profesora Darcy Ríos por sus consejos y comprensión ante los problemas por los cuales me enfrente.
- ❖ A mi amigo Kako por sus consejos y apoyo, que fueron de gran ayuda para poder terminar esta tesis. Para ti amigo muchas gracias.
- ❖ También no puedo dejar de mencionar a mis amigos Cesar y Félix por la ayuda entregada en la fase experimental de este trabajo y por su disposición ante cualquier problema.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIAL Y METODO.....	6
2.1 Material vegetal.....	6
2.2 Descripción del estudio.....	6
2.3 Variables consideradas en la medición del PCR	9
2.4 Diseño experimental.....	9
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	11
3.1 Número total de raíces nuevas.....	11
3.2 Longitud de las tres raíces más largas.....	15
IV CONCLUSIONES.....	18
V RESUMEN.....	19
VI SUMMARY.....	20
VII BIBLIOGRAFIA.....	21
VIII APENDICE (S).....	26

## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Categorías de raíces nuevas en una escala semi-cuantitativa.....	3
 <u>En el Apéndice</u>	
1A Número total de raíces por repetición para cada una de las temperaturas, al término del período de estudio.....	27
2A Total, promedio y desviación estándar del número total de raíces nuevas de roble y raulí, al término del período de estudio.....	27
3A Resultados de ANOVA para el total de raíces nuevas, en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i> .....	28
4A Total de raíces nuevas en roble, durante los 14, 21 y 28 días de estudio, para cada una de las temperaturas ensayadas.....	28
5A Total de raíces nuevas en raulí, durante los 14, 21 y 28 días de estudio, para cada una de las temperaturas ensayadas.....	29

6A	Resultados de ANOVA para la longitud promedio de las tres raíces más largas, en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i> .....	29
7A	Valores de longitud promedio de las tres raíces más largas en plantas de roble y raulí.....	30



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> (izquierda) y <i>Nothofagus alpina</i> (derecha), previas al ensayo de PCR .....	7
2 Expresión de crecimiento de plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> al finalizar el período de estudio.....	8
3 Expresión de crecimiento de plantas de <i>Nothofagus alpina</i> al finalizar el período de estudio.....	9
4 Número total de raíces nuevas en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> (roble) y <i>Nothofagus alpina</i> (raulí) bajo distintas condiciones de temperatura.....	12
5 Número total de raíces nuevas de roble y raulí a los 14, 21 y 28 días de estudio, para cada una de las temperaturas ensayadas.....	13
6 Longitud promedio de las tres raíces más largas en (cm), en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i> .....	15

En el Apéndice

1A	Perfil de medias por efecto de la temperatura, para el número total de raíces nuevas, en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i> , tomadas como un solo tipo de planta.....	32
2A	Representación por intervalos de confianza del 95%, de la distribución de medias, para el número total de raíces nuevas, en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i> .....	33
3A	Perfil de medias por efecto de la interacción entre especie y temperatura, para la longitud promedio de las tres raíces más largas, en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i> .....	34
4A	Representación por intervalos de confianza del 95%, de la distribución de medias, de la variable transformada (raíz cuadrada), de la longitud promedio de las tres raíces más largas, en plantas de <i>Nothofagus obliqua</i> y <i>Nothofagus alpina</i>	35

## I INTRODUCCION

Para que el establecimiento de una planta sea exitoso, un factor importante es la temperatura del sustrato en que permanecerán las raíces inmediatamente después de plantada. Por ello, es importante que el forestador conozca el rango de temperatura en el cual crecen las raíces de la especie que está plantando. De esta forma, planificará mejor el desarrollo de su plantación para sitios con regímenes de temperatura específicos y podrá lograr las más altas tasas de supervivencia en terreno (Mendoza, 1997).

También es importante conocer el estado morfológico y fisiológico de las plantas al ser cosechadas, factores que juegan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de las raíces de tal forma, de dar estabilidad mecánica a la planta para su crecimiento, absorción de agua y nutrientes desde el suelo.

El estudio evaluará el potencial de crecimiento radicular (PCR), que es definido como la capacidad de una planta para iniciar y elongar sus raíces cuando son colocadas en un ambiente favorable para su desarrollo (Ritchie, 1985). La prueba de PCR es usada frecuentemente como un indicador de la calidad de una planta (Ritchie y Dunlap, 1980; Semerci, 1998). La importancia de este test es detectar partidas de plantas incapaces de producir nuevas raíces en condiciones de desarrollo favorable (Sampson et al. 1994).

La habilidad que tienen las plantas para quedar establecidas en un sitio determinado depende en gran medida

de la velocidad de regeneración radicular (Burdett et al. 1983).

Varios autores coinciden en señalar que el PCR es un importante predictor de la supervivencia y crecimiento de las plantas en terreno (Ritchie, 1985; Deans et al. 1990; Simpson y Vyse 1995; Mc Kay, 1998), proceso que está controlado principalmente por factores del suelo y otros inherentes al potencial de crecimiento.

Para la medición del PCR, Burdett (1979) y Ritchie (1985), señalan al desplazamiento volumétrico como un método alternativo para cuantificar el crecimiento de las raíces. Este consiste en introducir el sistema radical de la planta dentro de un recipiente con agua, al inicio y al final del período de crecimiento. El volumen desplazado por el sistema radicular, será el peso en gramos, de las raíces de las plantas.

Un criterio eficiente, en la cuantificación de raíces nuevas, corresponde a la escala semicuantitativa (Tabla 1), propuesta por Burdett (1979). Por otro lado, Roa (1999), ensayando el efecto familiar en plantas de *Pinus radiata* D. Don., estableció que al tener un bajo número de plantas con elongación de nuevas raíces, las respuestas finales para ese estudio, no fueron satisfactorias.

Tabla 1: Categorías de raíces nuevas en una escala semi-cuantitativa propuesta por Burdett, (1979).

Clase	Descripción
0	Ninguna raíz nueva
1	Algunas raíces nuevas, ninguna mayor a 2 cm
2	1-3 raíces nuevas sobre 1 cm de longitud
3	4-10 raíces nuevas sobre 1 cm de longitud
4	11-30 raíces nuevas sobre 1 cm de longitud
5	Más de 30 raíces nuevas sobre 1 cm de longitud

El método más utilizado actualmente para cuantificar el crecimiento radicular, es el propuesto por Ritchie (1985), que señala lo siguiente:

- Censo total en el número de raíces nuevas
- Contar las puntas más largas, midiendo solamente 3-5 raíces nuevas de mayor longitud.

Respecto a los elementos que influyen en el desarrollo y expresión del PCR se encuentran los factores endógenos y exógenos. Como factores endógenos se mencionan las características del stock de plantación (especie, tipo de familia y tipo de semilla), condición fisiológica de la planta al ser cosechada (estado de dormancia, niveles hormonales y contenido total de carbohidratos disponibles para el crecimiento radical) y considera además procesos fotosintéticos de la planta, afectando al desarrollo y expresión del PCR, respectivamente (Ritchie, 1985). Por otro lado, factores exógenos como la temperatura ambiente del vivero, prácticas de manejo y el efecto del almacenaje

afectan considerablemente el desarrollo del PCR (Aboad et al. 1979; Sutton, 1983; Ritchie, 1985; Deans et al. 1990; Simpson y Vyse, 1995; Santibañez, 1996; Correa, 1997; Escobar, 1999; Fazzi, 1999). También es importante señalar que la expresión del PCR está fuertemente afectado por la temperatura del suelo (Ritchie, 1985; Simpson y Vyse, 1995).

Dentro de este contexto, varios autores concuerdan que los procesos de iniciación y elongación de raíces son retardados aparentemente entre los 11-14°C (Nambiar et al. 1979; Tabbush, 1986).

Por el contrario, Andersen et al. (1986), hacen referencia que el número total de nuevas raíces se correlaciona positivamente en los rangos de 14-20°C, a diferencia del proceso de elongación donde el óptimo se encuentra a los 18-25°C. Con relación a esto, Stupendick y Shepherd (1979), señalaron que el mejor crecimiento para la especie de *Pinus radiata* se encontró en torno a los 20-30°C, estos valores difieren con los resultados encontrados por Mendoza (1997), donde el óptimo de crecimiento radicular para esta especie se obtuvo a los 17°C.

Cabe señalar que, la temperatura tiene un efecto marcado sobre el crecimiento radicular de las plantas, en relación a la concentración total de carbohidratos disponibles para el crecimiento, los cuales disminuyen al aumentar la temperatura (Andersen et al. 1986), y en la morfología de las raíces, las que se tornan anchas, blancas y quebradizas a temperaturas bajas, y delgadas, flexibles y suberizadas a temperaturas más altas (Stupendick y Shepherd, 1979).

Otro factor como la duración de horas día, incrementa la frecuencia y longitud de las raíces, formando un sistema radicular más simétrico para un mejor crecimiento de las plantas (Johnsen y Tronstad, 1998).

El presente estudio, analiza el crecimiento de raíces de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* cuando las plantas están expuestas a rangos de temperatura entre 5°C y 22°C.



## II MATERIAL Y METODO

### 2.1 Material vegetal.

Se utilizó plantas de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* de siete meses de edad, producidas a raíz cubierta a partir de semillas provenientes de la localidad de Santa Bárbara y cultivadas en el vivero "Los Quillayes", ubicado en el camino a Bulnes-Quillón, km 13, VIII región. Éstas fueron extraídas el 17 de Agosto de 1999. El mismo día las plantas se sometieron al ensayo de PCR.

Ambas especies se homogeneizaron a través del diámetro de cuello y la altura: 2 mm de diámetro y 20 cm de altura para Roble; 2 mm y 12 cm de diámetro y altura respectivamente para Raulí. La extracción de las plantas se realizó en horas tempranas de la mañana para evitar estrés fisiológico y la foto-oxidación de las raíces (Andersen et al. 1986; Tabbush, 1986; Landis y Skakel, 1988; Peña, 1996; Molina, 1999).

### 2.2 Descripción del estudio.

El estudio se realizó, entre el 17 de Agosto y el 14 de Septiembre, antes que se iniciara el nacimiento de nuevos brotes en las plantas.. Esto se llevó a cabo en el laboratorio de Fisiología de Árboles de la Facultad de Ciencias Forestales en la Universidad de Concepción, siguiendo la metodología citada por Peña, (1996); Santibañez, (1996); Mendoza, (1997); Correa, (1997); Roa, (1999), donde a las plantas se les hizo un lavado exhaustivo del sistema radicular, se cortó las raíces

nuevas y se eliminó aquellas que presentaban daños propios de la cosecha (Figuras 1 y 2).

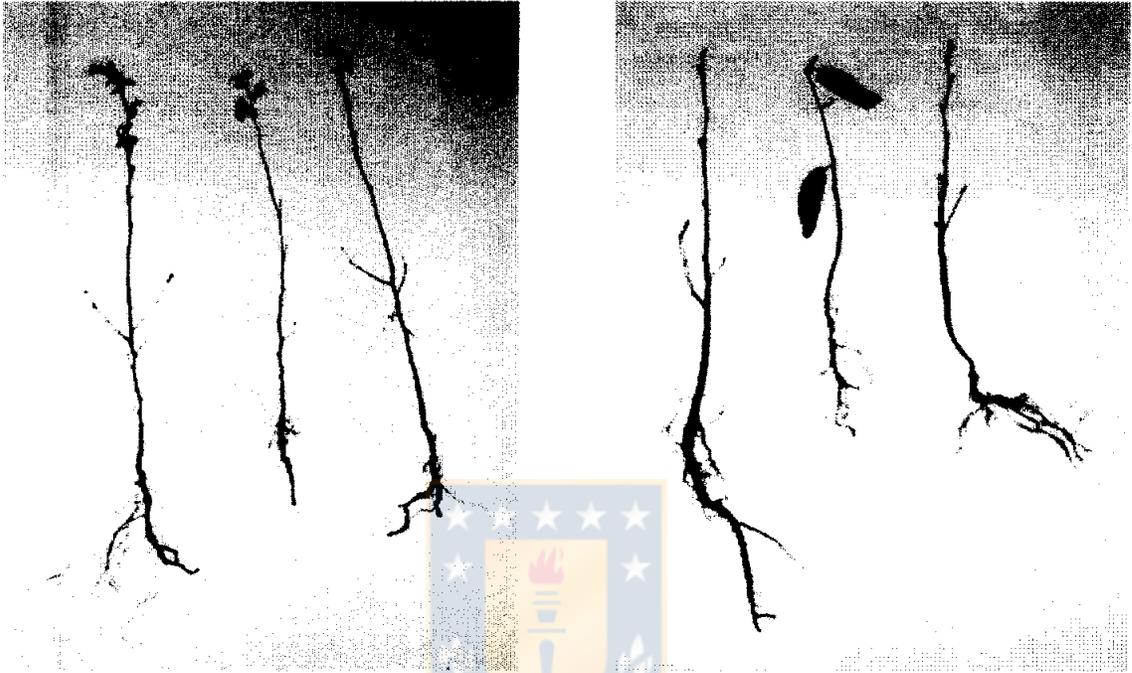


Figura 1: Plantas de *Nothofagus obliqua* (izquierda) y *Nothofagus alpina* (derecha), previas al ensayo de PCR.

Posteriormente, se procedió a medir la altura y el diámetro de cuello, con una precisión de 0,5 cm y 0,1 mm, respectivamente. La ubicación de las plantas en las cámaras aeropónicas se realizó asignando números aleatorios con el fin de neutralizar los efectos de todos aquellos factores externos que no se encuentran bajo control (Montgomery, 1991).

Se utilizó cuatro cámaras aeropónicas programadas a 5°C, 12°C, 17°C y 22°C; con frecuencia de riego cada 6 minutos, por un tiempo de 4 segundos, controlado diariamente en la

mañana, tarde y noche. Las plantas permanecieron en las cámaras durante 28 días, con un fotoperíodo de 12 horas.

Después de la instalación del ensayo, se realizaron mediciones periódicas a los 14, 21 y 28 días del estudio, con el objeto de determinar el comportamiento de las raíces en el tiempo (Figuras 2 y 3).



Figura 2: Expresión de crecimiento de plantas de *Nothofagus obliqua* al final del período de ensayo.

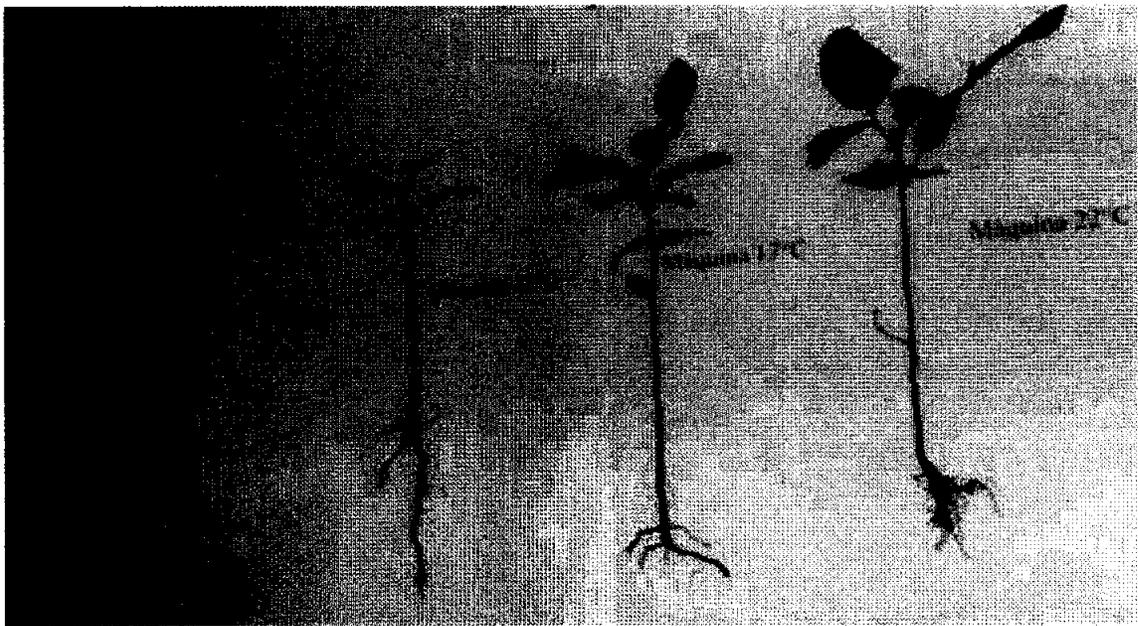


Figura 3: Expresión de crecimiento de plantas de *Nothofagus alpina* al final del período de ensayo.

### 2.3 Variables consideradas en la medición del PCR.

- **Número total de raíces:** se realizó un censo de raíces nuevas, las que se identificaron por su color blanquecino.
- **Longitud de raíces:** se midió la longitud de las tres raíces más largas, con una precisión de 0,5 cm.

### 2.4 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño factorial de dos factores (especie y temperatura), donde la unidad muestral está constituida por 5 plantas, con 3 repeticiones por especie para cada una de las temperaturas (5°C, 12°C, 17°C y 22°C). Con un total población de 120 plantas, de las cuales 60 corresponden a roble y las 60 restantes, a raulí.

Para identificar los tratamientos que se diferenciaban entre sí, se utilizó el test de comparaciones múltiple de Tukey.



### III RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Número total de raíces nuevas.

En la figura 4, se desprende, que en ambas especies, roble y raulí, las raíces crecen en el rango de temperatura de 5°C a 22°C. Las plantas de roble experimentaron un aumento en el número de raíces a partir de los 12°C y se estabiliza entre los 17°C y 22°C, rango en el cual comienza a decrecer. En raulí, el incremento es creciente y se produce entre los 12°C y 22°C. Lo anterior, estaría diciendo que las plantas de roble requieren de temperaturas más bajas para el crecimiento de raíces que raulí. Al término del estudio la mayor cantidad de raíces para ambas especies se obtiene a 22°C y el menor a 5°C. En ambas temperaturas, las plantas logran la más alta categoría de potencial de crecimiento radicular, situándolas en categoría 5, con más de 30 raíces nuevas en roble y raulí respectivamente para la escala semi- cuantitativa propuesta por Burdett, (1979).

La diferencia porcentual en el crecimiento de raíces nuevas entre 5°C y 22°C corresponden a un 68,66 % para roble y un 54,2 % en raulí. La diferencia señalada entre las dos especies, no es estadísticamente significativa (Apéndice Tabla 3).

Como no se produjo diferencias entre las especies, se analizó el efecto de la temperatura sobre el número total de raíces nuevas de las especies en estudio. El resultado obtenido indica que el número de raíces es mayor a medida que aumenta la temperatura.

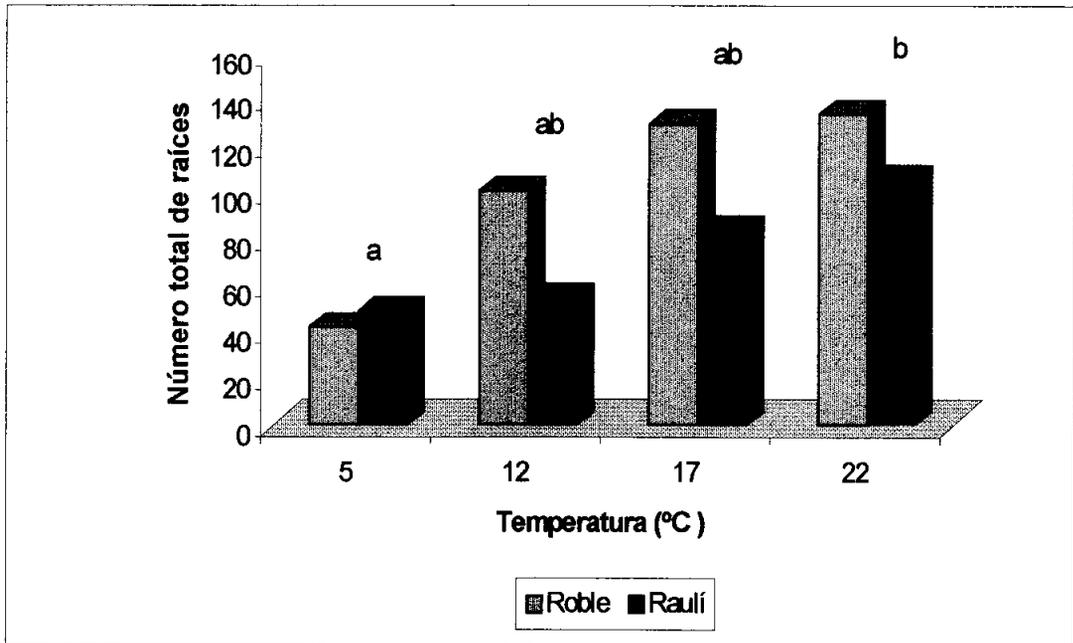


Figura 4: Número total de raíces nuevas en plantas de *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus alpina* (raulí) bajo distintas condiciones de temperatura.

Las diferencias entre 5°C y 22°C son del 62,2% las que estadísticamente son significativas (Apéndice Tablas 1, 2, y Figuras 1 y 2). En el resto de los tratamientos no se detectaron diferencias.

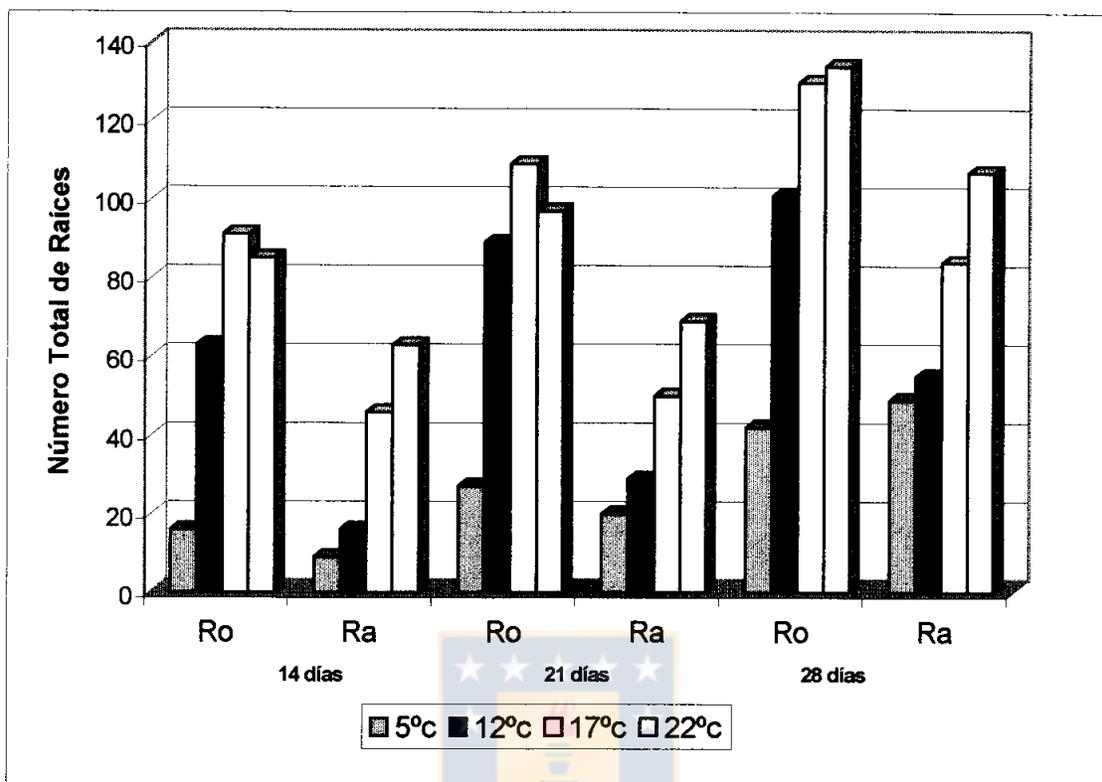


Figura 5: Número total de raíces nuevas de roble y raulí a los 14, 21 y 28 días de estudio, para cada una de las temperaturas ensayadas.

En la Figura 5, se observa que roble alcanza su máximo crecimiento a temperatura de 17°C entre los 14 y 21 días y decrece a los 22°C. Sin embargo, esta situación varía a los 28 días, donde el máximo se alcanzó a los 22°C (Apéndice Tabla 4). Por otro lado, raulí presentó siempre un comportamiento similar a lo largo de todo el período de estudio, aumentando la formación de raíces en la medida que se incrementaba la temperatura hasta los 22° (Apéndice Tabla 5).

La variación de comportamiento que presentó roble en el tiempo, quizás pueda deberse a un posible período de adaptación de esta especie a temperatura de 22°C, debido a la presencia de hojas que ayudarían a la formación de energía a través de la fotosíntesis (Brissette y Ballenger, 1984; Ritchie, 1985; Deans et al. 1990).

De lo anteriormente señalado, se deduce que si el período de ensayo se acortara en 14 o 21 días, los resultados finales cambiarían. Encontrando la temperatura 17°C como la mejor para el crecimiento radicular en plantas de roble y 22°C en plantas de raulí. Esta situación varía al prolongar el estudio a 28 días, donde los mejores crecimientos se obtuvieron a temperatura de 22°C, en roble y raulí respectivamente. Sin embargo, como la diferencia de raíces entre las dos temperaturas más altas, no es significativa, el rango óptimo para el crecimiento se considera entre 17°C y 22°C.

De acuerdo a lo anterior, los resultados estarían señalando que la mejor época para realizar una plantación con estas especies, sería una vez finalizado el período de invierno, antes del nacimiento de los nuevos brotes, cuando las temperaturas oscilen entre los 12°C y 22°C. Siendo más aconsejable las temperaturas de 17°C y 22°C donde se alcanzan los máximos crecimientos, lo que se traduciría en un rápido establecimiento de la planta en el sitio de plantación.

### 3.2 Longitud de las tres raíces más largas.

La mejor temperatura para el crecimiento en longitud en ambas especies se obtiene a 17°C, alcanzando 4,5 y 9,7 cm en raulí y roble, respectivamente (Figura 6). Esta tendencia es similar al comportamiento de la especie *Pinus radiata* ensayada por Mendoza, (1997), en la que el óptimo también se alcanzó a los 17°C.

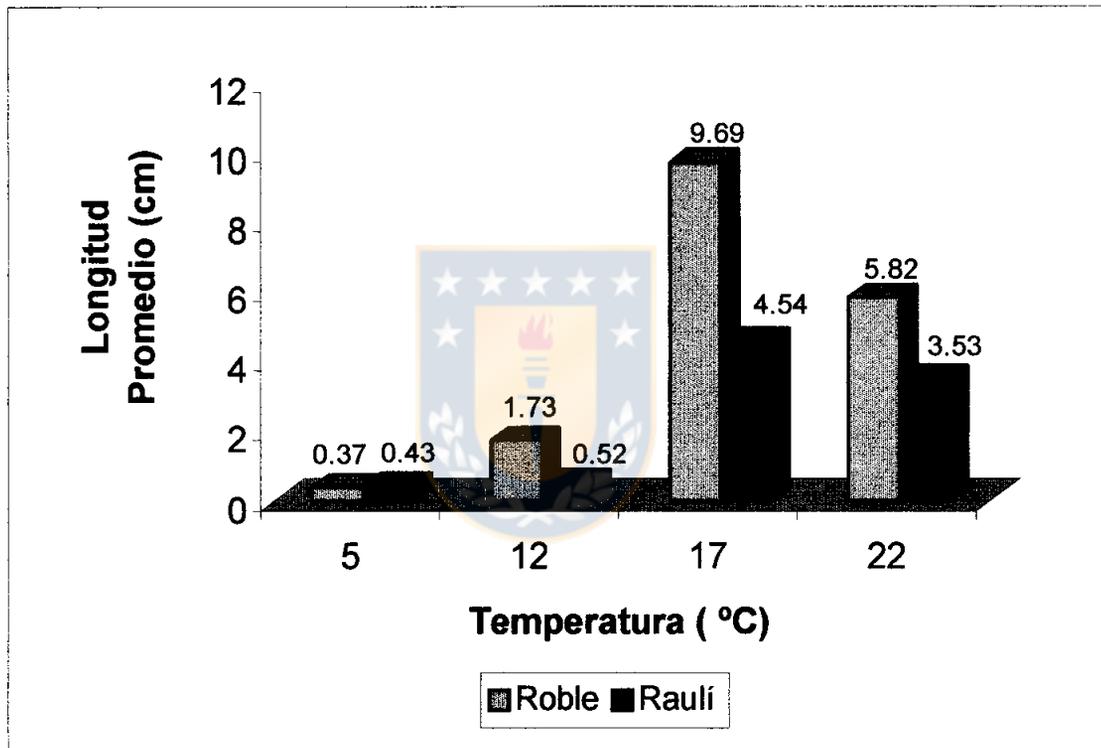


Figura 6: Longitud promedio de las tres raíces más largas (cm), en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*.

Tomando como patrón de comparación la temperatura de 17°C, que es en la que se logra el mejor crecimiento de las tres raíces más largas (Apéndice Tabla 7), se tiene que en roble varía desde un 96,2% con valores obtenidos a 5°C, 82,1% con los de 12°C y 39,9% con los de 22°C. Por otro lado, estas diferencias se acortaron en la especie *Nothofagus alpina*

(raulí), desde un 90,6% con los valores obtenidos a 5°C, 88,6% y 22,3% con los de 12°C y 22°C respectivamente.

Para la variable longitud media de las tres raíces más largas, hubo diferencias significativas entre especies, temperatura y la interacción de ambos factores (Apéndice Tabla 6 y Figura 3).

Según el análisis estadístico, existen dos grupos claramente definidos. Por un lado, los tratamientos inferiores o iguales a 12°C y aquellos con temperaturas mayores o iguales a 17°C (Apéndice Figuras 3 y 4).

Los valores de temperatura óptimos para las variables de medición del PCR, siguieron un comportamiento similar en ambas especies, ya que, los mejores resultados al final del período de estudio se obtuvieron a los 17°C y 22°C para la longitud promedio y total de raíces nuevas respectivamente (Apéndice Figura 1 y 3). Los valores obtenidos difieren con los de otras especies estudiadas, es el caso de *Casuarina strains* y *Alnus strains*, donde su crecimiento bordea los 25°C a 30°C, el cual desciende a los 37°C. Además, otros autores comprobaron que altas temperaturas en la raíz (25°C a 30°C), mejora la respiración en plantas de *Cucumis sativa* (Pepino); sin embargo, desde los 35°C a 38°C se producía una clorosis en las hojas, debido a que la solubilidad del oxígeno disminuye y los azúcares solubles se incrementan 10 veces más que a temperaturas de 25°C (Du y Tachibana, 1994).

Después de analizar los resultados, (Apéndice Figuras 1, 2, 3 y 4), se puede señalar que *Nothofagus obliqua* (roble)

presenta los valores más altos de PCR. Los resultados obtenidos con ambas especies respecto del número total de raíces, son similares a los logrados con *Eucalytus nitens*, y para el caso de la longitud promedio ésta coincidió con la de *Pinus radiata*, en 17°C (Mendoza, 1997).



#### IV CONCLUSIONES

- ❖ Las raíces de *Nothofagus obliqua* (roble) y *Nothofagus alpina* (raulí) crecen bien entre 5°C y 22°C, por cuanto en ambos valores de temperatura las plantas logran la más alta categoría de potencial de crecimiento radicular, ubicándolas en la clase 5.
- ❖ Entre los 14 y 21 días del test, las especies tienen un comportamiento diferente, 22°C para *Nothofagus alpina* y 17°C en *Nothofagus obliqua*. Al término del estudio, 28 días, ambas especies logran el mayor potencial de crecimiento radicular a los 22°C.

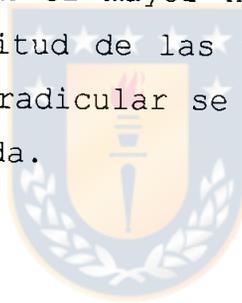


## V RESUMEN

Utilizando cámaras aeropónicas se evaluó el Potencial de Crecimiento Radicular (PCR), en plantas de *Nothofagus alpina* y *Nothofagus obliqua* a distintas temperaturas: 5°C, 12°C, 17°C y 22°C, durante 28 días.

El criterio de evaluación del potencial de crecimiento radicular fue el número total de raíces nuevas y la longitud promedio de las tres raíces más largas.

Ambas especies, logran el mayor número de raíces nuevas a 22°C y la mayor longitud de las tres raíces más largas a 17°C. El crecimiento radicular se produce en todo el rango de temperatura ensayada.



## VI SUMMARY

The Root Growth Potential (RGP) in *Nothofagus obliqua* and *Nothofagus alpina* plants was evaluated at different temperatures: 5°C, 12°C, 17°C y 22°C, during 28 days using aeroponic Chambers.

The total number of new roots and the average length of the three longer roots was the Root Growth Potential evaluation judgment.

Both species get the larger number of new roots at 22°C and higher length of the three longer roots at 17°C. The root growth takes place in the whole range of rehearsed temperature.



## VII BIBLIOGRAFIA

- ABOAD, S. A., K. R. Shepherd, y E. P. Bachelard. 1979. Effects of Light Intensity, Air and Soil Temperatures on Root Regenerating Potential of Pinus caribaea var. hodurensis and P. kesiya Seedling. Aust. For. Res. 9:173-184.
- ANDERSEN, C. P, E. I. Sucoff, y R. K. Dixon. 1986. Effects of root zone temperature on root initiation and elongation in pine seedlings. Can. J. Res. 16:696-699.
- BRISSETTE, J. C. y L. Ballenger. 1984. Using root growth potential for comparing the quality of loblolly pine seedlings from two nurseries in Arkansas. En: Northeast Area Nursery Supervisors Conference. Proceedings. Pp. 1-11. August 6-9. 1984. Sheraton Inn Dover, Delaware.
- BURDETT, A. N. 1979. New methods for measuring root growth capacity: Their value in assessing lodgepole pine stock quality. Can. J. For. Res. 9:63-67.
- BURDETT, A. N., D. G. Simpson y C. F. Thompson. 1983. Root development and plantation establishment success. Plant and Soil. 71:103-110.

- CORREA, M. H. 1997. Efecto del tiempo de almacenaje en el potencial de crecimiento radicular para plantas de *Pinus radiata*. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Depto Silvicultura, Universidad de Concepción, Chile.
- DEANS, J. D., C. Lundberg., M. G. R. Cannell., B. M. Murray, y L. J. Shephard. 1990. Root system fibrosity of sitka spruce transplants: Relationship with root growth potential. *Forestry*. 1(63):1-7.
- DU, Y. C. y S. Tachibana. 1994. Effect of supraoptimal root temperature on the growth, root respiration and sugar content of cucumber plants. *Scientia Horticulturae*. Vol. 58 (4):289-301.
- ESCOBAR, A. P. 1999. Efecto del almacenaje en frío sobre atributos morfofisiológicos en plantas de *Pinus radiata* D. Don. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura, Universidad de Concepción, Chile.
- FAZZI, I. E. 1999. Efectos del almacenamiento en frío sobre atributos del comportamiento en plantas de *Ecalyptus globulus* Labill. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura, Universidad de Concepción, Chile.
- JOHNSEN, Ø., S. Tronstad. 1998. Mother plant treatment in cutting propagation of Norway spruce. Effects of day length on rooting and growth cuttings. Rapport fra Skogforskningen N°1.

- LANDIS, T. D and S. G. Skakel. 1988. Root growth potential as an indicator of outplanting performance: problems and perspectives. In: Proceedings, Western Forest Nursery Association Meeting. Pp.106-110. August 8-11, 1988. Veron, British Columbia.
- McKAY, H. M. 1998. Root electrolyte leakage and root growth potential as indicators of spruce and larch establishment. 1998. *Silva Fennica*. 32(3):241-252.
- MENDOZA, A. C. 1997. Influencia de la temperatura en el potencial de crecimiento radicular en plantas de *Pinus radiata*, *Eucaliptus nitens* y *Eucaliptus globulus*. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Depto. Silvicultura. Universidad de Concepción, Chile.
- NAMBIAR, E. K. S., G. D. Bowen, R. Sands. 1979. Root regenerations and plant water status of *Pinus radiata* D. Don seedlings transplanted to different soil temperatures. *Journal of Experimental Botany*. 30(119):1119-1131.
- PEÑA, I. M. 1996. Potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don con diferente potencial hídrico. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura, Universidad de Concepción, Chile.

- RITCHIE, G. A. and J. R. Dunlap. 1980. Root growth potential : Its development and expression in forest tree seedlings. N. Z. J. For. Sci. 30: 538-548.
- RITCHIE, G. A. 1985. Root Growth Potential: Principles, Procedures and Predictive Ability. En: Proceeding: Evaluating seedlings quality: Principles procedures and predictive abilities of major test. Pp.93-105. Forest Research Laboratory, Oregon St. University, Corvallis. USA.
- ROA, C. G. 1999. Efecto familiar en el potencial de crecimiento radicular de plantas de *Pinus radiata* D. Don, Producidas con igual manejo en vivero. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura, Concepción, Chile.
- SAMPSON, P., S. Colombo y C. Templeton. 1994. Programa de Evaluación de calidad de cultivos Ontario. Documento Técnico. Silvotecnica. Concepción, Chile.
- SANTIBAÑEZ, C. 1996. Efecto del esquema de manejo en vivero, sobre el potencial de crecimiento radicular de plantas de *Eucalyptus globulus* Labill ssp. *globulus*. Memoria de Título, Fac. Cs. Forestales, Dpto. de Silvicultura, Universidad de Concepción, Chile.
- SEMERCI, A. 1998. Assessing root growth potential (RGP) in forest tree seedlings. Orman agaci fidanlarida kök büyüme potansiyelin (KBP) belirlenmesi. Ic Anadolu Ormancilik Aratirma Enstitüsü Degersi. 81:15-40.

- SIMPSON, D. G y A. Vyse. 1995. Planting stock performance. Site and RGP effeccts. The Forestry Chronicle. 71(6):739-742.
- STUPENDICK, J. A and K. R. Shepherd. 1979. Root regeneration of root- pruned Pinus radiata seedlings. Aust. For. 42(3): 142-149.
- SUTTON, R. 1983. Root growth capacity: Relationship whith field root growht and performance in outplanted Jack Pine and Black Spruce. Plant and Soil. 71:111-122.
- TABBUSH, P. M. 1986. Rough handling, soil temperature, and root development in outplanted Sitka spruce and Douglas-fir. Can. J. For. Res. 16:1385-1388.





Tabla 1A: Número total de raíces por repetición para cada una de las temperaturas, al término del período de estudio.

Temperatura	Número total de raíces nuevas a los 28 días					
	Rep.1 Ro	Rep.2 Ro	Rep.3 Ro	Rep.1 Ra	Rep.2 Ra	Rep.3 Ra
5°C	20	20	2	18	9	22
12°C	31	42	28	25	11	19
17°C	48	29	53	28	25	31
22°C	70	33	31	19	59	29

Tabla 2A: Total, Promedio y desviación estándar del número total de raíces nuevas de roble y raulí, al término del período de estudio.

Temperatura	Total	Prom. $\pm$ Desv. Std
5°C	91	15,17 $\pm$ 7,91
12°C	156	26,00 $\pm$ 10,58
17°C	214	35,67 $\pm$ 11,76
22°C	241	40,17 $\pm$ 19,76

Tabla 3A: Resultados de ANOVA para el total de raíces nuevas, en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*.

- Efectos a) Especie: 1  
 b) Temperatura: 2  
 c) Interacción: 1-2

Efectos	g.l. efectos	Cuadrado medio efectos	g.l. error	Cuadrado medio error	F crítico	Nivel-p
1	1	522,6667	16	167,625	3,118071	0,0965
2	3	738,5	16	167,625	4,405667	0,01932
12	3	104,1111	16	167,625	0,621095	0,0611519



Tabla 4A: Total de raíces nuevas en roble, durante los 14, 21 y 28 días de estudio, para cada una de las temperaturas ensayadas.

Temperatura	14 días	21 días	28 días
5°C	16	27	42
12°C	63	89	101
17°C	91	109	130
22°C	85	97	134

Tabla 5A: Total de raíces nuevas en raulí, durante los 14, 21 y 28 días de estudio, para cada una de las temperaturas ensayadas.

Temperatura	14 días	21 días	28 días
5 °C	9	20	49
12 °C	16	29	55
17 °C	46	50	84
22 °C	63	69	107

Tabla 6A: Resultados de ANOVA para la longitud promedio de las tres raíces más largas, en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*.

- Efectos a) Especie: 1  
 b) Temperatura: 2  
 c) Interacción: 1-2

Efectos	g.l. efectos	Cuadrado medio efectos	g.l. error	Cuadrado medio error	F crítico	Nivel-p
1	1	1,592999	16	0,77181	20,632	0,00033
2	3	5,290352	16	0,77181	68,54473	0,00000
12	3	0,282163	16	0,77181	3,65586	0,035175

Tabla 7A: Valores de longitud promedio de las tres raíces más largas en plantas de roble y raulí.

Temperatura	Promedio roble	Promedio raulí
5°C	0,37	0,43
12°C	1,73	0,52
17°C	9,69	4,54
22°C	5,82	3,53





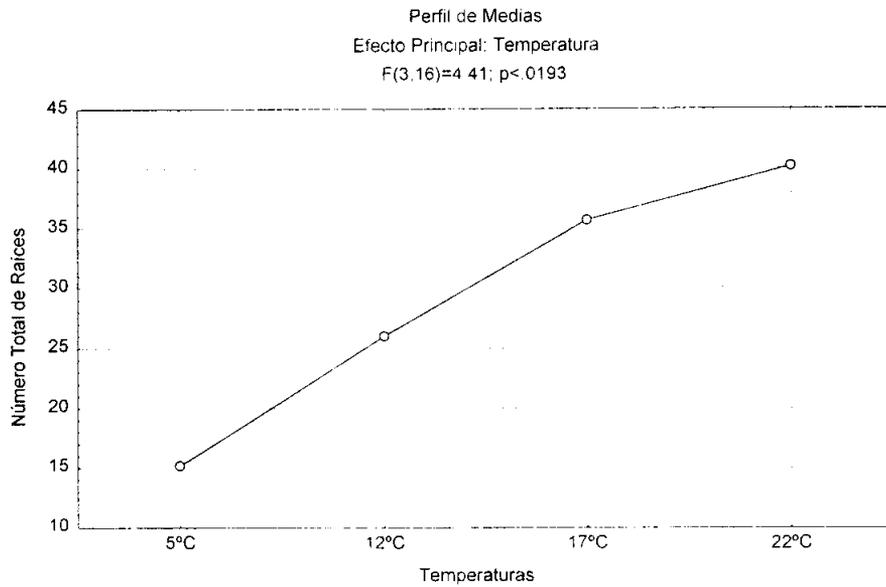


Figura 1: Perfil de medias por efecto de la temperatura, para el número total de raíces nuevas, en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*, tomadas como un solo tipo de planta.



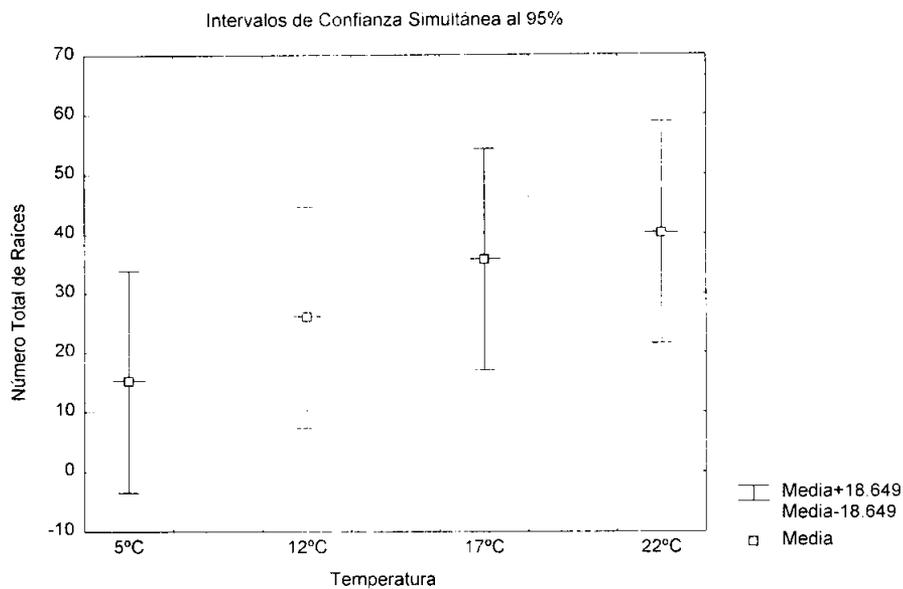


Figura 2: Representación por intervalos de confianza del 95%, de la distribución de medias, para el número total de raíces nuevas, en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*.

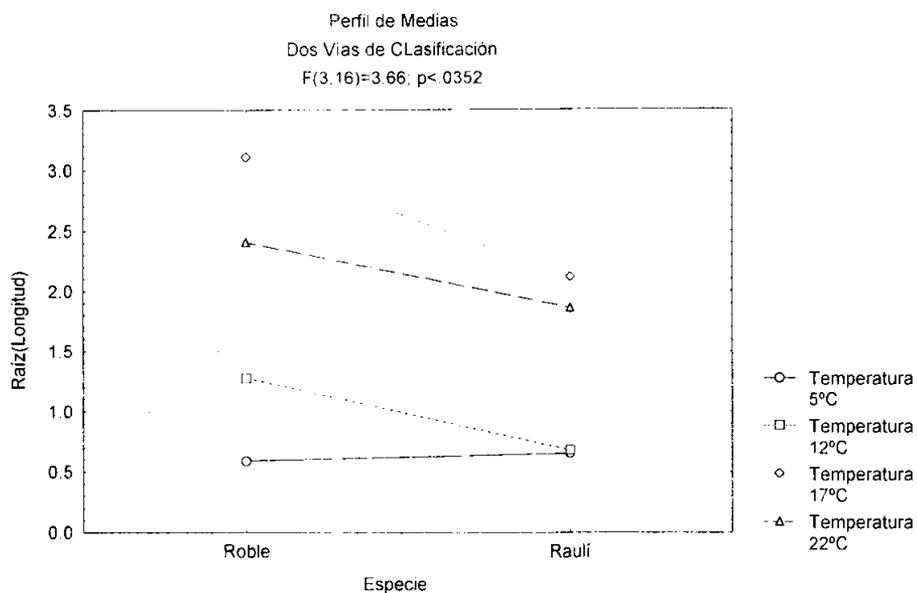


Figura 3: Perfil de medias por efecto de la interacción entre Especie y Temperatura, para la longitud promedio de las tres raíces más largas, en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*.

Los valores extremos de las rectas, se obtienen por la extracción de la raíz cuadrada de cada una de las observaciones.

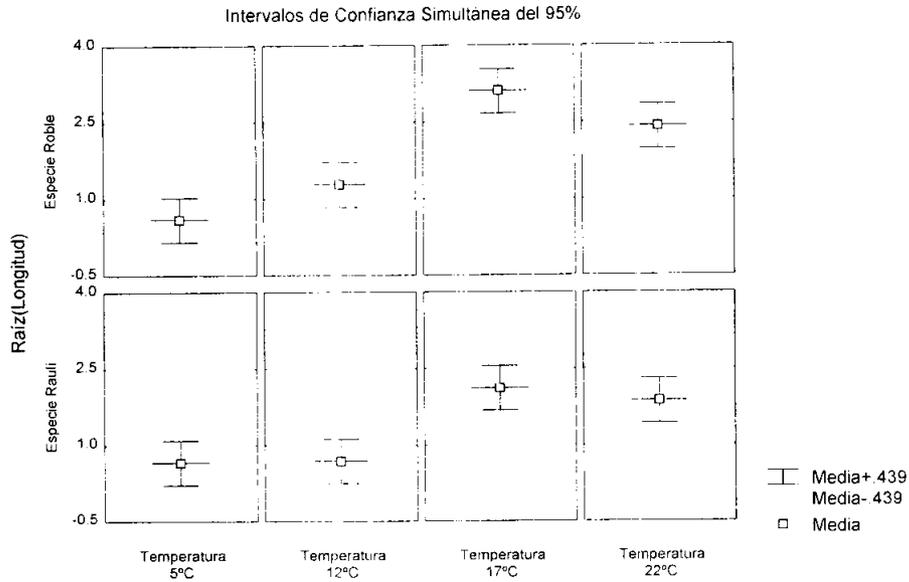


Figura 4: Representación por intervalos de confianza del 95%, de la distribución de medias, de la variable transformada (Raíz cuadrada), de la Longitud promedio de las tres raíces más largas, en plantas de *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina*.

Los intervalos de confianza presentados en esta figura, se dividen claramente en cuatro grupos. En cada uno de éstos grupos se traslapan los intervalos, por lo que, las medias se comportan con tendencia a la normalidad.