

VARIACIÓN DEL AREA DE PARED CELULAR EN *Pinus Radiata* D. DON*

Ana Maria Fernandez¹ y Linette Salvo²

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la variación del porcentaje (%) de Área de pared celular de la madera de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don), según la posición en el árbol (altura y diámetro) y la procedencia según el tipo de suelo (zonas geográficas) en el que crecieron los árboles. La madera fue obtenida de 34 árboles analizándose dos edades (20 y 25 años) y dos alturas (DAP y al 25% de la altura comercial del árbol) tanto de madera juvenil y madura. Para medir el porcentaje de Área de pared celular de las células, se utilizaron análisis de imágenes a través del software Wincell, analizándose los resultados estadísticamente mediante software especializado. Los resultados muestran que el mayor porcentaje de Área de pared celular se presenta en madera extraída de menor altura, tanto para 20 como de 25. Para la madera temprana se obtuvo un menor porcentaje de Área de pared celular en árboles de 20 años. En cuanto a las maderas juvenil y madura, esta última tuvo valores de área mayores, en las dos edades. Los mayores valores se alcanzan en zonas con suelos costeros y arenosos, mientras que los menores para suelos secos del interior del país.

Palabras claves: Anatomía, pared celular, *Pinus radiata*

ABSTRACT

The *Pinus radiata* wood cell area percentage (%) was evaluated at this work in relationship to the tree position, ages and geographic zones. Thirty-four trees were analyzed by zone, (20 and 25 years old) and two height (breast height and 25 % of the commercial height), including juvenile and mature wood. In order to obtain the percentage of cell wall area in all the tree, software Wincell was used to measure cell wall and statistic analysis was made using specialized software. The highest percentage of cell wall area was found in the wood of lower height in 20 as well as in 25 year-old wood. In earlywood, a lower percentage of cell wall area was obtained in 20 year-old. The mature wood cell wall area presented the highest values in both ages. The highest values were found for areas with coastal and sandy floors, while the smallest for country interior dry floors.

Key words: Anatomy, wall cell area, *Pinus radiata*

* Versión corregida por los autores luego de ser presentada originalmente en II Congreso Iberoamericano de Investigación en Productos Forestales, Curitiba, Brasil

¹ Profesor Asociado. DIMAD. Fac. Ingeniería. Universidad del Bío-Bío. ✉: afermand@ubiobio.cl

² ©Magister en Ciencia y Tecnología de la Madera. Ingeniero Civil en Industrias Forestales.

INTRODUCCIÓN

Las especies leñosas que constituyen el grupo de las coníferas presentan un plan leñoso ordenado y simple, constituido principalmente por traqueidas longitudinales y radios leñosos. En particular el pino radiata, presenta además de las anteriores, células epiteliales de canales resiníferos y radiotraqueidas.

Las traqueidas longitudinales son elementos alargados de gran longitud y diámetros de aproximadamente 100 veces menores que el largo. Las paredes celulares son delgadas en la madera temprana, y gruesas en madera tardía, los factores que influyen en el espesor de la pared celular son: heredabilidad, condiciones ambientales en que crecen y madurez del cambium (Zobel, 1989).

El espesor de pared celular y diámetro del lumen celular es una característica de la estructura de las traqueidas longitudinales de alta heredabilidad, que puede por tanto ser modificada a través de programas de mejoramiento genético.

Las condiciones de crecimiento están directamente relacionadas con las condiciones ambientales en donde el árbol se desarrolla, uno de los factores fundamentales es el viento, el cual induce a estímulos mecánicos que influyen en características estructurales de las traqueidas longitudinales, tales como el espesor de pared celular y el largo de las células; otro factor importante es el suelo, con sus nutrientes y temperatura, los cuales le dan el micro ambiente individual a cada árbol, pero estos factores están sujetos a cambio durante el crecimiento del árbol, contribuyendo a la variación de la estructura de la madera dentro y entre los anillos de crecimiento (Tsoumis, 1969).

En un anillo de crecimiento, las traqueidas longitudinales formadas en la primavera y a principios del verano (madera temprana) son más cortas, más anchas en su dirección radial, de paredes más delgadas y lúmenes más anchos lo que la hace más porosa al tener células más grandes y de menor densidad que la madera formada a mediados y fines de verano madera tardía (Figura 1).

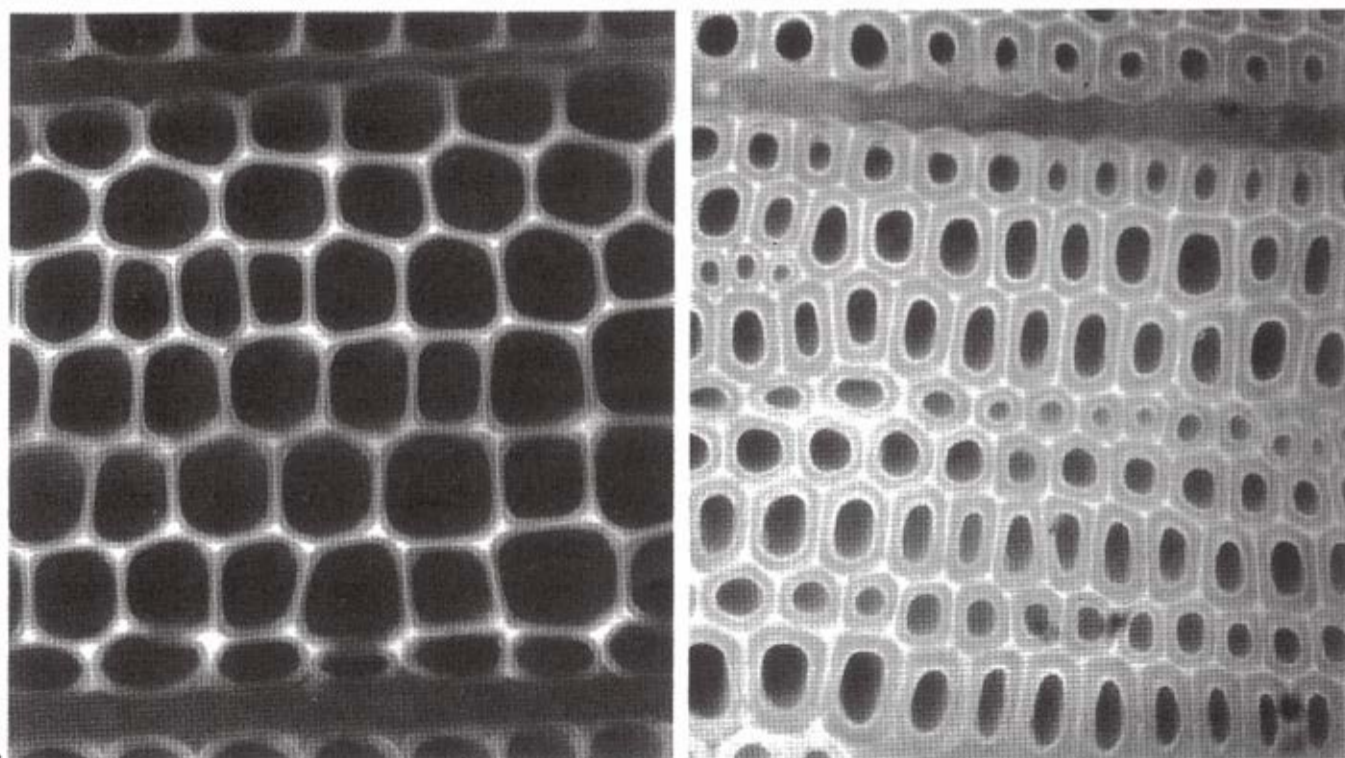


Figura N°1: Diferencia entre el espesor de pared celular entre madera temprana y madera tardía

En un estudio realizado en Chile para madera de pino radiata, los espesores de pared celular de las traqueidas longitudinales, tienden a variar dependiendo si la medida se realiza en la dirección radial o tangencial de las células, siendo los espesores mayores los que se encontraron en madera tardía, independiente si es tangencial o radial. Ahora bien, el espesor de la pared celular aumentó con la edad de la madera y desde la médula hacia la corteza, específicamente el espesor de pared de traqueidas de pino radiata, fue mayor para madera tardía que para madera temprana. Se determinó que después de ralear, los espesores de pared de traqueidas de madera temprana aumentaron, en cambio este espesor disminuyó para madera tardía (Mufioz, 2001); el Área de pared celular tiene la misma tendencia.

Este trabajo estudia el porcentaje del área de la pared celular de las traqueidas longitudinales del pino radiata.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre la base del área geográfica, denominada “Zona Mediterránea Central del País”, la cual comprende zonas desde las regiones VII hasta la IX. Se definen cinco zonas de procedencia: 1, Costa Constitución- Cobquecura, 2, Concepción- Angol, sur río Bio Bio, 3, Arenales Bulnes- Mulchn, 4, Arauco- Río Imperial, 5, Precordillera de los Andes. Las muestras correspondieron a: calidad sitio bueno, lo que significa altura mayor a 30 metros, de 20 y 25 años de edad, de dos alturas, H2 y H3, que corresponden a DAP, y 25% de la altura total del árbol, respectivamente y madera juvenil (desde la médula al anillo 9) y madera madura (desde el anillo 16 hasta la corteza), además dentro de cada anillo, se midió para madera tardía y madera temprana. (Salvo, 1999). De cada rodela se obtuvo dos cuñas en sentido de los anillos de crecimiento, las cuales permitieron cortar los cubos necesarios para este estudio microscópico

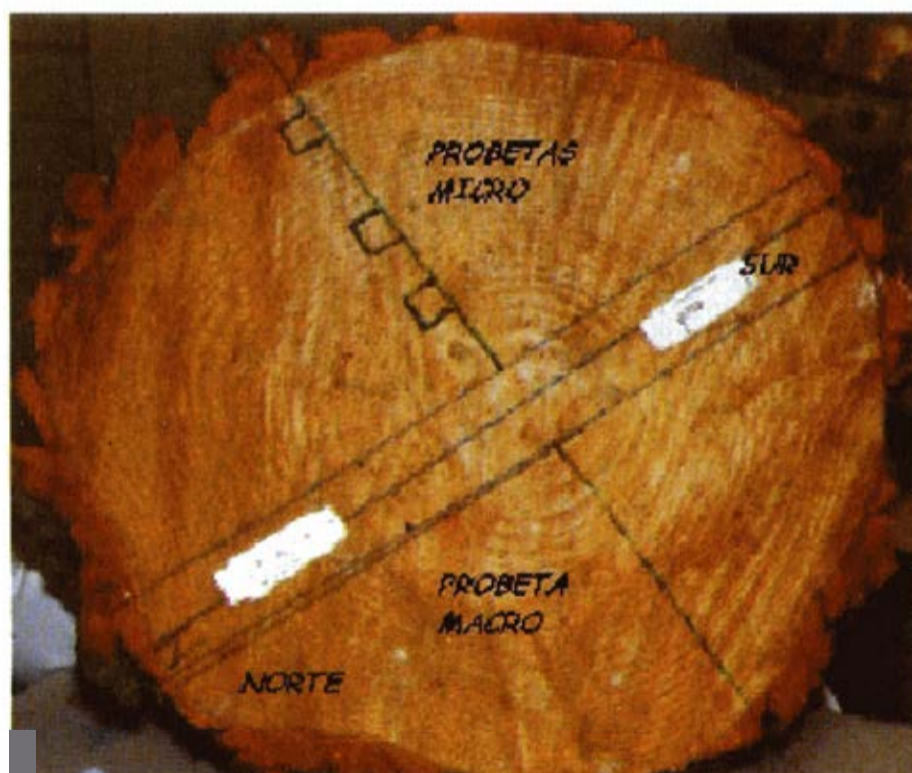


Figura N°2: Rodela utilizada en estudio anatómico

Cubos de 1 cm de arista de diferentes zonas de crecimiento (madera juvenil y madura), tanto de madera temprana como tardía, se extrajeron de las tiras y fueron macerados y después cortados microtómicamente, para un posterior blanqueo y lavado, con el fin de eliminar sustancias extractivas que puedan impedir una buena observación, se tificaron y montaron en un portaobjeto. Los cortes se examinaron con microscopio conectado a una cámara, cuyas imágenes se analizaron con software WinCell (Regent, Canada), lo que permitió medir el área de pared celular.

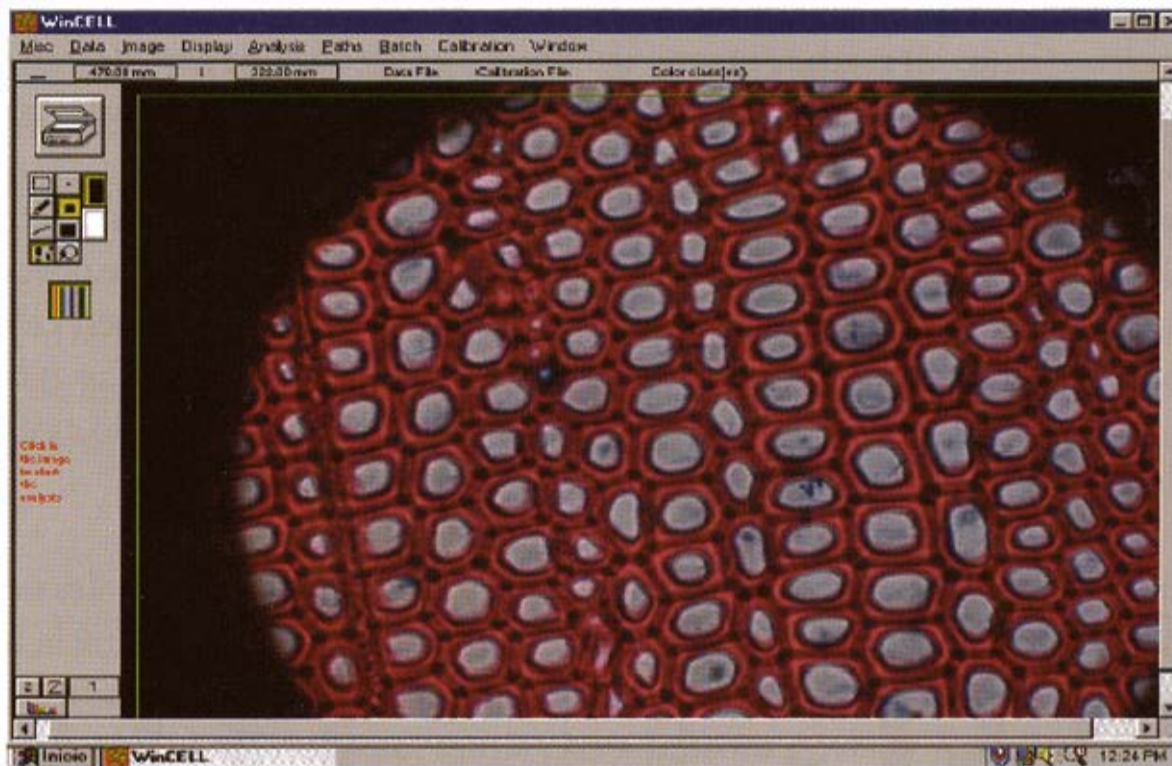


Figura N°3: Vista de software para la medición de porcentaje de área de pared celular

Para el análisis entre zonas se estableció un diseño completamente aleatorio y se utilizó un test de Tukey para estudiar las diferencias significativas entre las edades de los árboles (20 y 25 años) las cuales se fijaron junto a la altura (H2 o H3), la madera temprana y tardía, y el tipo de madera (juvenil o madura).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Primero se analizará la variación de área de pared celular de árboles provenientes de diferentes zonas geográficas del país, comparando a la misma altura y posición en el diámetro, para árboles de 20 y 25 años de edad (se presentará una tabla resumen con los valores de porcentaje de Área de pared celular obtenidos para las dos edades, junto con esto se mostrarán una serie de gráficos, que pretenden apreciar más claramente las diferencias que existen dentro del árbol y entre los árboles estudiados).

En el gráfico N°1 se muestran las variaciones encontradas entre las 5 zonas para árboles de 20 años a la altura del DAP. La madera temprana a la altura H2, presenta diferencias significativas entre madera juvenil y madura sólo en la zona 1 en donde el porcentaje de área de espesor celular es bastante mayor con relación a las otras zonas, alcanzando un valor en madera juvenil de un 68.24%, mientras que en madera madura es de 74.64%. Esto se debe probablemente a que la zona 1 está influenciada por un clima marino, siendo más propensa a generar madera de reacción, lo que arrojaría valores de área de pared celular mayores. La zona 4 presenta los porcentajes de Área

celular mas bajos con valores de alrededor de 60.14%, para madera juvenil, y 60.80%, en madera madura. Debido probablemente a que la zona 4 tiene una estación seca muy corta, de dos meses, por lo que forma células de menor espesor de pared celular. Los resultados encontrados nos indican en las 5 zonas un valor de Área de pared celular en madera madura mayor que en madera juvenil.

La variación en la madera tardía es mostrada en el gráfico N°2. No existen diferencias significativas entre las zonas 3 y 5 como en la 2 y 4. La zona 1 presenta diferencias significativas con otras zonas con valores mas bajos en madera juvenil del orden del 68.62% de Área de pared celular. Los árboles de la zona 3, en cambio muestran el mayor valor de área de pared celular con 75.20%.

En la madera madura, no existen diferencias significativas entre las zonas 2 y 5, como entre las zonas 3 y 4, en cambio la zona 1 tiene un valor de 74.72%, siendo este valor de porcentaje de Área de pared celular el más bajo. Por otro lado el mayor porcentaje de área pared celular se da en árboles crecidos en la zona 2, con un valor de 81.23%. Aunque no se analizaron las diferencias significativas entre madera juvenil y madera madura, existe la tendencia en todo este estudio a que el porcentaje de área de pared celular sea mayor en madera madura.

En el gráfico N° 3 se muestra la variación del Área de pared celular para Árboles de 20 años, a la altura H3 en madera temprana, en donde existe una diferencia significativa entre la zona 1 y todas las demás, esto en madera juvenil, como madera madura, como mostraron los resultados obtenidos a la altura H2. La zona 4 vuelve a mostrar a esta altura los valores más bajos de porcentaje de Área de pared celular.

En madera tardía, al igual que para la altura H2, el gráfico N°4 muestra una diferencia significativa entre la zona 1 y las demás zonas, presentando el valor menor que corresponde, en el caso de madera juvenil a 68.21%, y para madera madura a 72.89% de Área de pared celular esto debido a la formación de madera de reacción en la zona 1, que hace visible la disminución de las Áreas de la pared intercelular, por lo que el porcentaje de pared celular es menor.

Para árboles de 25 años, a la altura H2, madera temprana, y tipo de madera juvenil, se ve una diferencia significativa entre todas las zonas, encontrándose el menor valor en la zona 4, igual a los resultados de los Árboles de 20 años. Probablemente debido a la estación seca que es de dos meses. El mayor valor de porcentaje de área de pared celular se encuentra en árboles de la zona 3, terrenos arenosos de buena aptitud forestal. Los resultados en madera madura se muestran en el gráfico N°5, en donde se aprecia que no existe diferencia significativa entre las zonas, y los valores extremos se dan en la zona 1, con el valor mayor de 65.25%, y el valor menor se da en la zona 5, con un valor de 62.33% de Área de pared celular.

El gráfico N° 6 muestra la variación del Área de pared celular, para árboles de 25 años, altura H2, para madera tardía, en los dos tipos de madera, juvenil y madura. Para la madera juvenil, existe gran diferencia significativa entre todas las zonas, dándose la mayor área de pared celular en la zona 1, con un valor de 78.96%, y el menor porcentaje se da en la zona 4, con un valor de 69.51%. En madera madura, la zona 4 presenta los valores mas bajos, de alrededor 76.45% y por tanto diferencias significativas con las zonas 1, 2 y 3, debido a la estación seca de la zona 4. El mayor porcentaje de pared celular se da en la zona 3, con un valor de 84.25%.

En el gráfico N°7 se muestran los resultados de la variación de la madera temprana en madera juvenil para la altura H3 en Qrbolesde 25 años. Existe diferencia significativa entre la zona 3, 4 y 5. El mayor porcentaje de área de pared celular corresponde a la zona 3, con un valor cercano a 62.50%, en cambio el menor porcentaje de 59.01%, se da en la zona 5. Por otro parte la madera madura no tienen diferencias significativas entre la zona 1 y 3 con valores de alrededor de 63.60%; pero entre estas dos y la zona 4, existe una alta diferencia estadística, debido a que presenta los porcentajes de pared celular mas bajos de alrededor de 59.97%,.

El gráfico N° 8 muestra la variación de área de pared celular a la edad de 25 años, a la altura H3, en madera tardla. Se aprecia que en madera juvenil los árboles de las zonas 1, 2 y 3 no tienen diferencia significativa, pero si existe entre estos y los de la zona 4. El mayor Qreade pared celular se da en árboles de la zona 1 con un valor de 76.07%, mientras que el menor valor es de 69.32%, en la zona 4. En madera madura no existen diferencias significativas entre los Arboles de las zonas 1 y 3, como entre las zonas 2 y 5. La zona 3 muestra los mayores porcentajes de Area de pared celular de alrededor de 84.64%, valores que son estadísticamente diferentes a las otras zonas. La zona 4, es nuevamente la que muestra los resultados de área de pared celular mas bajos del orden de73.39%.

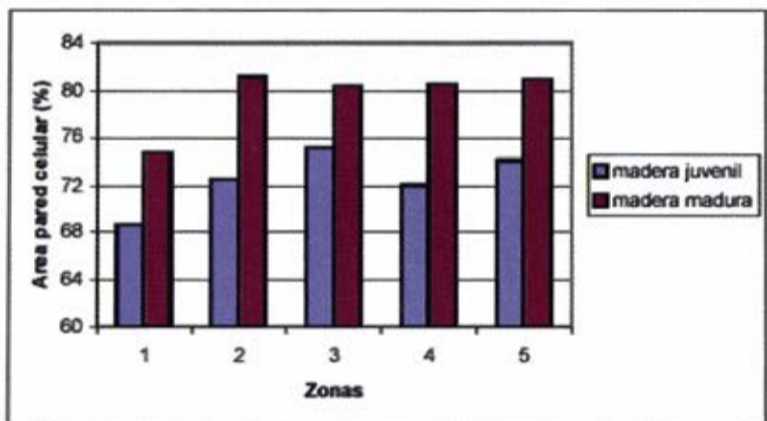


Gráfico N°1: Variación de Area de pared celular para Qrbolesde 20 años, a la altura H2 en madera temprana.

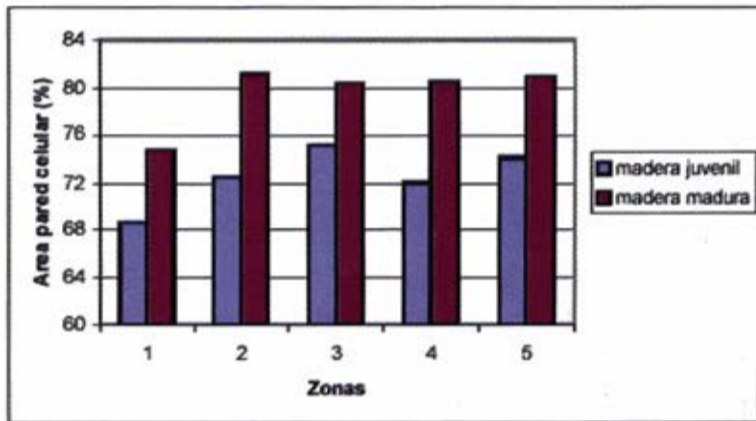


Gráfico N°2: Variación de área de pared celular para Qrbolesde 20 años, a la altura H2 en madera tardia.

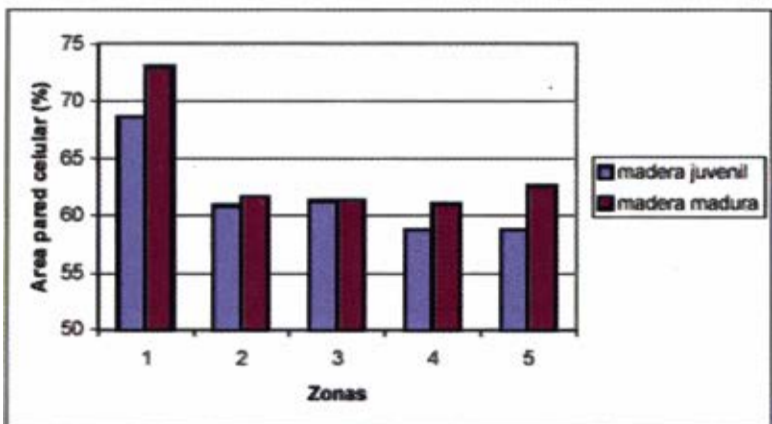


Gráfico N°3: Variación de área de pared celular para irboles de 20 años, a la altura H3 en madera temprana.

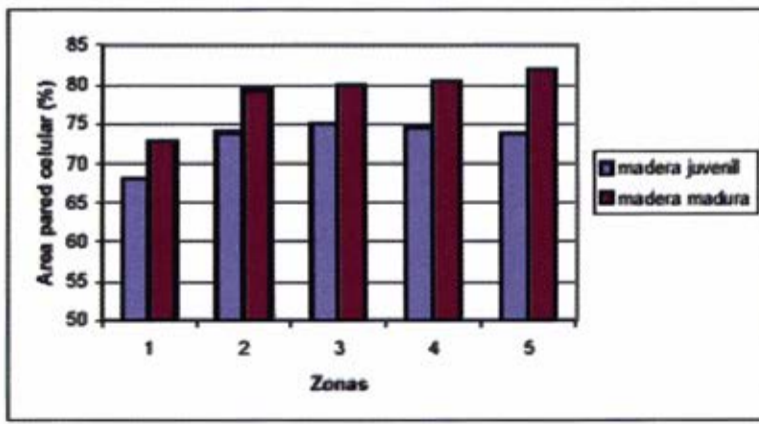


Gráfico N°4: Variación de área de pared celular para árboles de 20 años, a la altura H3 en madera tardia

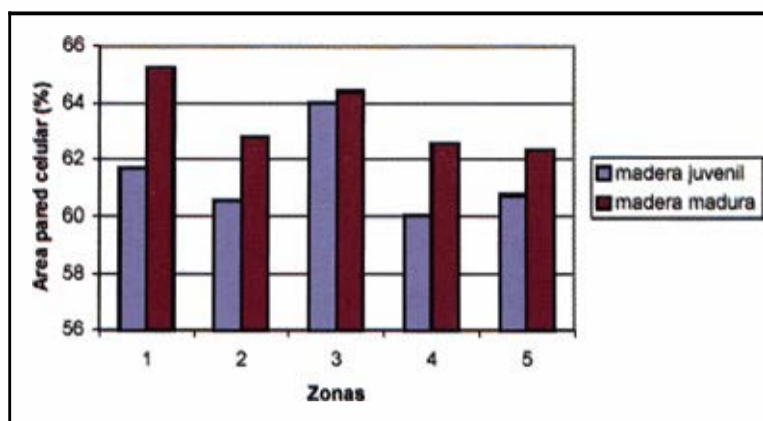


Gráfico N°5: Variación de área de pared celular para árboles de 25 años, a la altura H2 en madera temprana

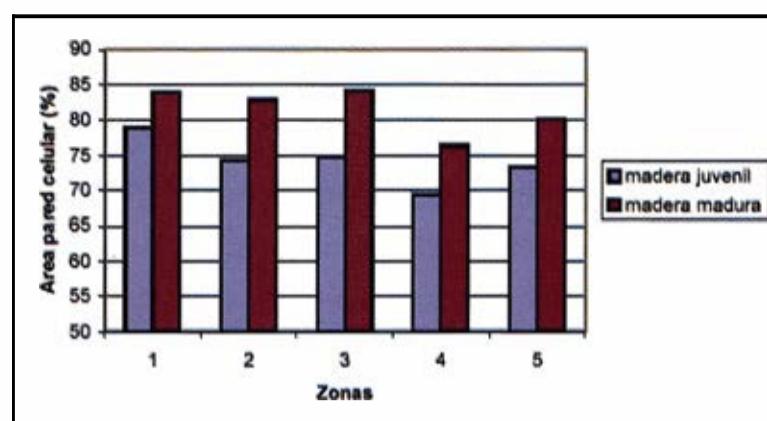


Gráfico N°6: Variación de Área de pared celular para árboles de 25 años, a la altura H2 en madera tardía

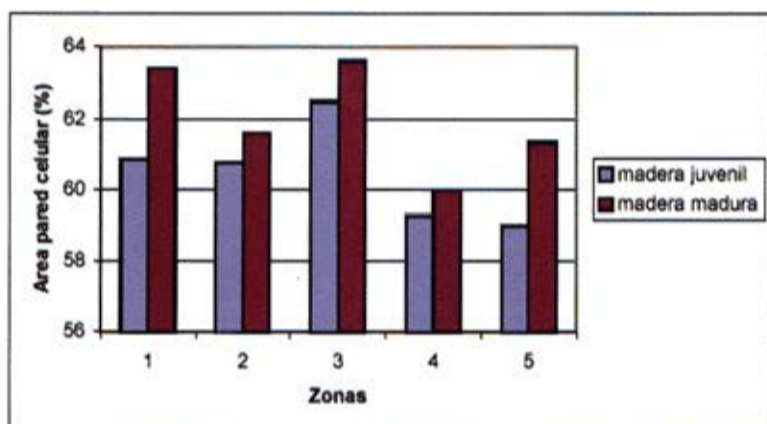


Gráfico N°7: Variación de Área de pared celular para árboles de 25 años, a la altura H3 en madera temprana

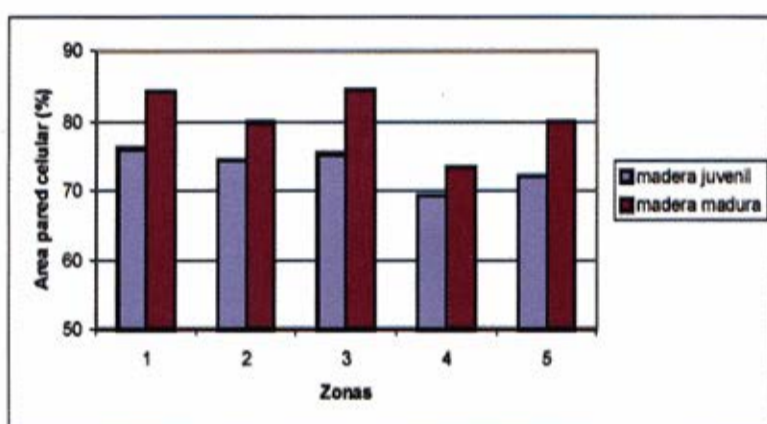


Gráfico N°8: Variación de Área de pared celular para árboles de 25 años, a la altura H3 en madera tardía

Tabla N° 1: Resumen de Área pared celular

Altura	Madera	Tipo madera	Zonas				
			1	2	3	4	5
2	Temprana	J	68,24 A	61,79 B	62,73 B	60,14 B	62,87 B
2	Temprana	M	74,64 A	62,42 B	61,61 B	60,80 B	63,05 B
2	Tardía	J	68,62 B	72,49 B A	75,21 A	72,05 B A	74,12 A
2	Tardía	M	74,72 B	81,23 A	80,44 B A	80,56 B A	81,02 A
3	Temprana	J	68,61 A	60,94 B	61,35 B	58,82 B	58,82 B
3	Temprana	M	73,09 A	61,69 B	61,39 B	61,08 B	62,63 B
3	Tardía	J	68,21 B	73,94 A	74,95 A	74,50 A	73,82 A
3	Tardía	M	72,89 B	79,40 A	79,97 A	80,47 A	81,89 A

Letras diferentes indica diferencia estadística significativa (horizontal)

La tabla N°1 presenta en resumen los resultados por zonas de crecimiento y zonas geográficas observando las diferencias estadísticas significativas entre los valores obtenidos, considerando un promedio del Área de pared celular para ambas edades

CONCLUSIONES

Sobre la base de los resultados obtenidos se pudo concluir lo siguiente:

Existe variación de área de pared celular en la altura del árbol, es decir, muestras extraídas a una altura menor (H2), presentan mayor Área de pared celular que muestras obtenidas a mayor altura (H3). En la madera temprana el porcentaje de Área de pared celular es menor que en madera tardía, esto independiente de la zona del árbol, de la edad y de la altura.

En todas las zonas y lugares de extracción de la muestra, la madera madura presenta un mayor porcentaje de Área de pared celular con relación a la madera juvenil.

A pesar de la gran variación de los resultados la zona 4, suelos secos, presentan los valores más bajos de porcentaje de área de pared celular, independientemente de la altura, edad y zona de madera estudiada. Los valores más altos se dan en los árboles crecidos en las zonas 1, suelos costeros y la zona 3, suelos arenosos.

El estudio refleja la incidencia del suelo y las características del medio ambiente en los resultados de porcentaje de Área de pared celular.

BIBLIOGRAFIA

MUÑOZ C. 2001 "Análisis de Propiedades anatómicas de la Madera en relación con el ambiente y los tratamientos silviculturales", Proyecto Fondef D9712006, Depto Ingeniería en Maderas. Universidad del BioBio. Concepción -Chile.

SALVO L., 1999 "Características macroscópicas de la anatomía de la madera de *Pinus radiata* proveniente de la zona de Arenales Bulnes-Mulchén". Proyecto de título de Ingeniería Civil en Industrias Forestales, Departamento de Ingeniería en Maderas, U. Bio-Bio, Chile.

TSOUMIS, G. 1968. "Wood as Raw Material, composition, growth degradation and identification", Ed. A. Wheaton & Co. First Edition, Londres, Inglaterra.

ZOBEL, B.; VAN BIJSTENEN, J. 1989. "Wood variation its Causes and Control", Springer Series in Wood Science, New York.