

PROPIEDADES DE TABLEROS DE PARTICULAS DE
PINUS RADIATA (D. DON) PRESERVADOS CONTRA TERMITOS

C.D.O.: 862.2 : 841.41 : 845.3
R. Vidal P., J.E. Díaz-Vaz O., H. Poblete W.

RESUMEN

Se estudió el efecto de la inclusión de 4 preservantes en 3 diferentes dosis, en las propiedades de tableros de partículas de *Pinus radiata* D. Don. Las propiedades ensayadas fueron hinchamiento, resistencia a la flexión y tracción. Se probó también el efecto tóxico de los preservantes sobre termitos de madera seca *Kaloterme chilensis* (Blan.). La propiedad más afectada por la inclusión de preservantes fue la resistencia de tracción. Todos los preservantes se mostraron tóxicos a los termitos, impidiendo su desarrollo.

SUMMARY

The effect of 4 wood preservatives in 3 different dosis, was studied in particle board properties of *Pinus radiata* D. Don. The swelling, bending, tensile strength properties and also toxicity test against dry wood termites *Kaloterme chilensis* (Blan.) were investigated. The most affected property was the tensile strength. All preservatives showed good protection against termites.

1. INTRODUCCION

La industria de tableros de partículas en Chile, tiene como fuente principal de materia prima la madera de Pino insigné, especie que por su adaptabilidad a las condiciones del país y por el considerable aumento de las plantaciones, es fuente segura de abastecimiento. Por otra parte, los tableros de partículas, por requerir tamaños y calidades menores que otros productos forestales, permiten la utilización integral del recurso bosque.

Las principales aplicaciones de este producto, se encuentran en la fabricación de muebles y elementos interiores de construcción. Sin embargo, su uso está limitado por la susceptibilidad que presentan al ataque de agentes bióticos (hongos e insectos). Las perspectivas de expansión de la producción actual, deben orientarse hacia nuevos mercados, especialmente a la zona norte del país y exportaciones que seguramente incluirán países tropicales. En estas regiones, se encuentran termitos de madera seca que atacan los tableros, por lo que una adecuada preservación permitiría

mejorar las perspectivas de aumento de su demanda.

La inclusión de productos químicos en la preservación de tableros puede afectar la acción del adhesivo mismo, y las propiedades físico-mecánicas de los tableros. Por ello el objetivo de este estudio, fue analizar y evaluar la influencia de los preservantes sobre las propiedades anteriormente mencionadas y la efectividad de los tratamientos. Para tal efecto, se escogieron cinco productos impregnantes de maderas, contra agentes biodeterioradores, de entre los más usados en el momento y los de mayor interés industrial.

Los ensayos comprendieron la determinación de:

1. Hinchamiento,
2. Módulo de ruptura a la flexión,
3. Tracción perpendicular al plano, y
4. Resistencia al ataque de termitos de madera seca.

2. ANTECEDENTES GENERALES

La madera de Pino insigné (*Pinus radiata* D. Don) y también su producto derivado, tablero de partículas, son altamente susceptibles al ataque de termitos, como ha sido determinado por distintos autores (ORTIZ, 1964; ORTIZ y CUEVAS, 1965; MICHELI y DEL RIO, 1971). El análisis de tableros de partículas, comercializados en el mercado europeo, demostró que estos no eran apropiados para regiones pobladas por termitos, por lo cual se recomendó un tratamiento previo con preservantes (SCHMIDT y NEHM, 1972).

Los termitos son insectos sociales, que se alimentan principalmente de celulosa. Para descomponerla se valen de organismos simbióticos que viven en su intestino y que caracterizan a cada especie (BECKER, 1976). En Chile, estos insectos están representados por la familia **Kalotermitidae**: **Criptotermis brevis**, **Kaloterme sp** y **Neoterme chilensis** (MICHELI y DEL RIO, 1966).

Las propiedades y resistencia de los tableros de partículas preservados contra termitos, han sido investigadas por diversos autores. Entre estos, SCHMIDT (1953, 1954 y 1960), estudió el comportamiento de tableros de diferentes característi-

cas, frente al ataque de las especies **Reticulitermes flavipes**; **Reticulitermes licifugus** y **Heterotermes indicola**. ORTIZ (1964) y más tarde SCHMIDT y NEHM (1972) observaron que virutas grandes fueron afectadas en mayor grado que las de menor tamaño, de igual modo los bordes y el centro del tablero, por su estructura más separada y menor densidad. Por el contrario, las caras externas de mayor densidad tuvieron mayor resistencia a la acción deterioradora de los termitos.

En relación con el efecto que tiene el tipo de adhesivo, BROWN y ALDEN (1960), determinaron que el ataque fue aparentemente menos severo en tableros fabricados con resina ureica que en los que se usó resinas fenólicas. Por el contrario, BECKER y DEPPE (1969), encontraron diferencias entre tableros encolados con urea y fenolformaldehído, correspondiendo pérdida más alta de peso por ataque **Reticulitermes flavipes**, a los tableros con urea formaldehído. A diferencia de los resultados anteriores SCHMIDT y NEHM (1972), concluyeron que no existió influencia de los adhesivos en la resistencia al ataque de termitos.

Las dosis efectivas recomendadas para el control de termitos con diversos productos, indican diferencias entre los preservantes. Algunos como el pentaclorofenol y sus sales sódicas, muestran gran efectividad. (KLAUDITZ y STOLLEY, 1954; GAY y WETHERLY, 1958).

La inclusión de preservante en los tableros tiene efecto sobre ellos, ya que el valor pH tiene influencia en la calidad de las uniones producidas por el encolado. Marcada alcalinidad o acidez reduce la resistencia de la unión (DELMONTE, 1947). Es así como BECKER y DEPPE (1969), recomiendan efectuar ensayos para evaluar el efecto de los preservantes sobre las propiedades mecánicas de los tableros. Sin embargo, al determinar el efecto sobre las propiedades de tableros preservados, un 2% de pentaclorofenato de sodio agregado a resina fenólica, no afectó las resistencias a flexión que resultaron similares a las obtenidas para un tablero normal; con resinas ureicas los valores fueron mayores (KLAUDITZ y STOLLEY, 1954). Un estudio efectuado por HUBER (1958) detectó diferencias mínimas en la resistencia a flexión, al agregar directamente a la resina, pentaclorofenato de sodio al 1% base peso seco de la madera. También fueron mínimas las diferencias obtenidas para los ensayos de hincha-

miento de los tableros con un período de inmersión de 24 hr. A diferencia de lo anterior, BROWN y ALDEN (1960) determinaron una disminución de los valores del módulo de ruptura al incorporar a los tableros pentaclorofenato de sodio en un 0,75% al 1,25%.

3. METODOLOGIA

Se fabricaron tableros de partículas de tres capas por prensado plano, con madera de **Pinus radiata** y urea formaldehído como adhesivo. Los preservantes incluidos a los tableros correspondieron a:

- **Preservante 1:** protector especial contra insectos, nombre comercial BASILEUM SI, fabricado por DESOWAG-BAYER-HOLZCHUTZ G.M.B.H.
- **Preservante 2:** protector contra hongos e insectos, nombre comercial BASILEUM SPI.
- **Preservante 3:** producto conocido como XYLIGEN CE 5046 TF, fabricado por BASF A.G.
- **Preservante 4:** producto preservante de la madera contra termitos y hongos, nombre comercial: XYLIGEN CE 5021 TF, fabricado por BASF A.G.

El análisis de propiedades físico-mecánicas se efectuó en 41 tableros de tres capas y de 600 kg/cm³ de densidad media.

Las capas externas fueron formadas con virutas de aproximadamente 0,2 mm de espesor y 10 mm de largo, con humedad promedio entre 6-10% y 10% de resina ureica. Para las capas internas se empleó virutas gruesas de 0,3 mm de espesor y 20-25 mm de largo, con una humedad aproximada entre 4-6% y 7% de resina ureica.

Las condiciones del prensado plano fueron 140°C de temperatura, presiones de 25 kg/cm² y 12,5 kg/cm², manteniéndose la presión máxima durante 2 min y la mínima durante 5 minutos.

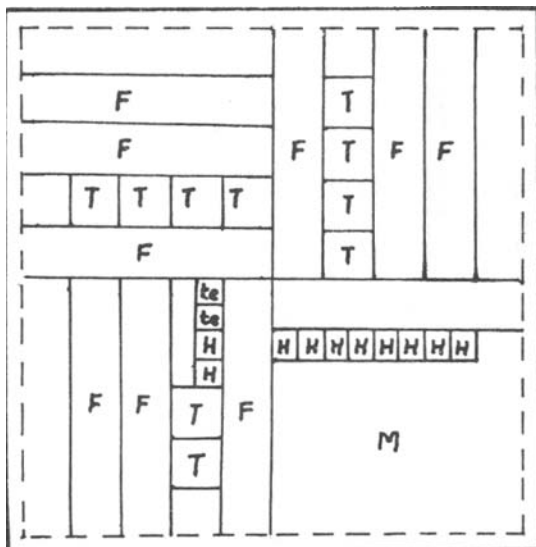
Los tratamientos consistieron en: 4 preservantes, 3 niveles para cada preservante y 3 repeticiones por cada nivel, más 5 tableros testigos. Los niveles de cada tratamiento se resumen en el Cuadro N° 2.

CUADRO N° 2

Tratamiento, niveles empleados y número de tableros

Tratamiento	Niveles de preservante (%)			N° total de tableros
Testigos	—	—	—	5
Preservante 1	0,3	0,6	0,9	9
Preservante 2	1,0	2,0	3,0	9
Preservante 3	1,0	1,5	2,0	9
Preservante 4	0,5	1,0	1,5	9
Total				41

De los tableros homogeneizados en humedad, luego de climatizarlos con 65% de humedad relativa y 20°C, se cortaron las diferentes probetas de acuerdo a la siguiente pauta que se indica en la Figura 1.



F = Probeta de flexión; T = Probeta de tracción; H = Probeta de hinchamiento; te = Probeta de termitos; M = Muestra del tablero.

Figura 1: Distribución de las probetas en el tablero, para los diferentes ensayos.

Las determinaciones se ciñeron a las siguientes normas: Densidad, DIN 52361; Hinchamiento a las 2 y 24 horas según DIN 52364; Flexión, DIN 52362 y Tracción perpendicular al plano, DIN 52365.

Los ensayos de toxicidad frente a termitos, de madera seca (*Kaloterms chilensis* Blanchard), se realizaron de acuerdo a la norma ASTM 3345 (1974) efectuándose 5 repeticiones para cada nivel de tratamientos y testigos.

Los termitos en cantidad de $1 \pm 0,05$ g (obreros en al menos un 90%) se ubicaron sobre las probetas de ensayo que estaban cada una contenidas en vasos de precipitado con arena esterilizada y

húmeda. Este ensayo duró cuatro semanas en las cuales se mantuvo la temperatura entre 22,5 y 27,7%.

Se agregó a estos ensayos un control de pH y viscosidad de las diferentes mezclas usadas de adhesivo-preservante. Las determinaciones se realizaron cada hora por espacio de 2 horas, ya que mediciones preliminares indicaron que en períodos más cortos no existieron variaciones.

La viscosidad se midió con copa Ford de abertura de 4 mm y el pH con pH metro según norma DIN 53211.

4. RESULTADOS

Los tableros ensayados, resultaron con una densidad promedio de 598 kg/m³ entre un rango de 560 y 615 kg/m³, con espesores que fluctuaron entre 10,7 y 11,0 mm. El contenido de humedad de los tableros de ensayo varió entre 7,1 y 8,6% con un promedio de 8%.

Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente orden: Hinchamiento a las 2 y 24 horas, Flexión, Tracción y Resistencia al ataque de termitos.

4.1. Hinchamiento

Las probetas sumergidas en agua mostraron las siguientes variaciones luego de 2 y 24 horas.

Los tableros testigos luego de 2 y 24 horas de inmersión en agua, registraron un hinchamiento $19,3 \pm 0,46\%$ y $25,3 \pm 0,70\%$ respectivamente.

El hinchamiento de los tableros preservados resultó diferente al de los tableros testigos, no existiendo tendencia definida y generalizada de la variación del hinchamiento al aumentar el nivel de preservante agregado (Figura 2).

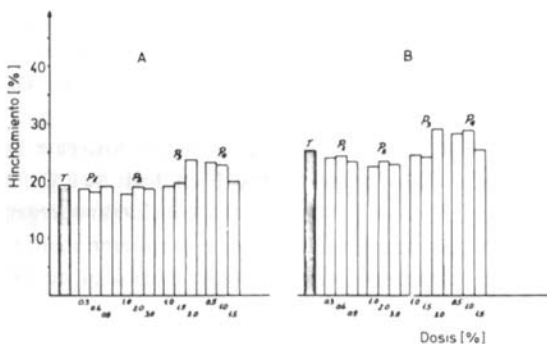


Figura 2: Hinchamiento producido por 2 y 24 horas de inmersión en agua.

A = 2 horas de inmersión; B = 24 horas de inmersión.

La comparación de hinchamiento entre tableros

testigos y preservados mediante análisis de varianza, mostró diferencias significativas en muchos de los casos, especialmente a las 24 hr de inmersión. Diferencias significativas que se presentaron entre las réplicas de un mismo nivel no permitieron la comparación de estos con los testigos. Los casos en cuestión fueron niveles 0,3% del preservante 1; 1,5% del preservante 3 para las 2 horas de inmersión. En el análisis a las 24 horas se eliminaron de la comparación por el mismo motivo, el nivel 1,0% de preservante 2 y los niveles 1,0% y 1,5% del preservante 3.

Los resultados del hinchamiento a las 2 horas de inmersión, para cada nivel y para cada preservante mostraron diferencias significativas al compararlos con los valores obtenidos en los testigos. Estas diferencias se presentaron en los niveles: 0,6% del preservante 1; 1,0% del preservante 2; 2% del preservante 3 y 0,5 y 1% del preservante 4.

El hinchamiento a las 24 horas mostró diferencias significativas entre tableros testigos y preservados con excepción del nivel 1,5% del preservante 4.

Los valores obtenidos fueron mayores a los rangos que establece la bibliografía (KOLLMANN et al., 1975) pero sí resultaron comparables a valores determinados para tableros de partículas de **Pinus radiata** fabricados en el país (PEREZ, 1978).

En todos los tratamientos se pudo apreciar una relación similar cuando se les comparó a los testigos, a las 2 y 24 horas de inmersión. Es así como los tratamientos que mostraron menor o mayor hinchamiento que los testigos a las 2 horas de inmersión, repitieron su comportamiento sin variaciones importantes a las 24 horas de inmersión. Al parecer, las tendencias del efecto de los preservantes en la higróexpansión de los tableros, fue similar entre ellos a distintos períodos de inmersión en agua.

De acuerdo a los resultados obtenidos, para la inclusión de los preservantes: 3 en dosis de 2,0% y 4 en 0,5% y 1,0% se debe considerar agregar alguna sustancia estabilizadora si se quieren mantener las variaciones dimensionales normales de los tableros.

4.2. Flexión

Los ensayos de flexión dieron valores de resistencia promedio de $19,6 \pm 1,24 \text{ N/mm}^2$ para los tableros testigos y valores cercanos a estos en los casos de tableros preservados.

Al comparar mediante análisis de varianza los resultados entre tableros testigos y los preservados, se detectaron diferencias significativas en 5 de éstas. Del preservante 1, resultaron diferentes a los testigos los niveles 0,3% y 0,6%, del preservante 4 los niveles 1,0% y 1,5%.

El resto de los niveles, es decir 7 del total de 12, no mostró diferencias significativas al compararlos con los testigos.

En la figura 3 se grafican los resultados obtenidos en el ensayo de flexión.

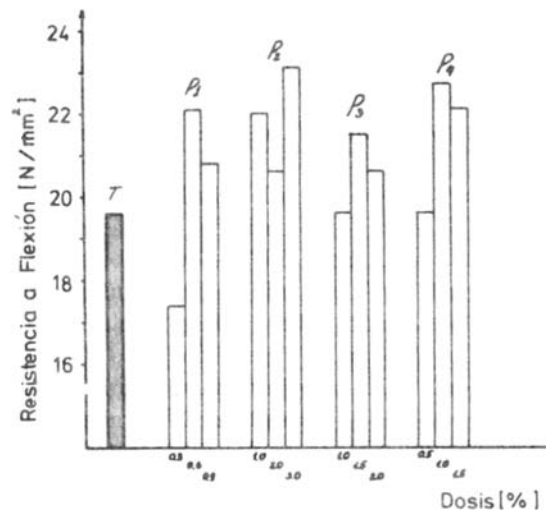


Figura 3: Resistencia a la flexión de tableros preservados y testigos.

La mayoría de los preservantes y sus diferentes concentraciones tuvieron resistencias a flexión promedios iguales o mayores que los testigos. Sólo 3 niveles de los tableros preservados tuvieron promedios menores a los testigos y únicamente en el caso del nivel 0,3 del preservante 1, la diferencia fue estadísticamente significativa. En cambio, los niveles 0,6 del preservante 1; 1,0% y 3% del preservante 2, y 1,0% al igual que 1,5% del preservante 4, resultaron significativamente mayores que los testigos.

Los resultados de este ensayo indicarían que la inclusión de preservantes en los tableros de partículas no afectó, en general, negativamente las resistencias a flexión.

4.3. Tracción perpendicular al plano

Los tableros testigos tuvieron un valor promedio de resistencia a la tracción de $0,96 \pm 0,042 \text{ N/mm}^2$. Por su parte, los tableros preservados presentaron promedios menores de resistencia a tracción que los testigos.

La figura 4 muestra los resultados obtenidos en este ensayo.

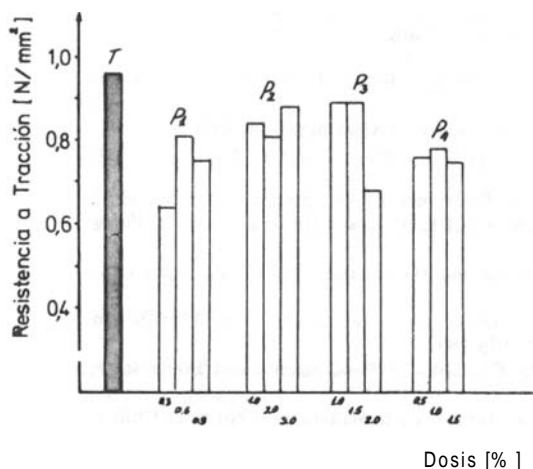


Figura 4: Resistencia a la tracción perpendicular al plano en tableros preservados y testigos.

Diferencias entre las réplicas se presentaron en tres casos, los niveles de 1,0% y 2,0% del preservante 2 y el nivel 1,0% del preservante 3.

La comparación por medio de análisis de varianza, entre tableros preservados y no preservados, es decir, con los testigos, indicó diferencias significativas en todos los casos analizados. Particularmente más notables fueron las diferencias entre los testigos y los tableros preservados con el preservante 4.

Los resultados de resistencias mecánicas, especialmente los de tracción, indicaron un efecto negativo de la inclusión de preservantes en los tableros.

Los análisis del pH y viscosidad de las mezclas preservante adhesivos no mostraron variaciones importantes en los casos que involucran este estudio. Los valores de pH del adhesivo se mantuvieron cercanos al valor del adhesivo de 7,9 y en promedio fueron de: 7,7 para el preservante 1; 5,2 para el preservante 2; 7,0 para el 3 y 7,1 para el 4.

En el caso de la viscosidad, los valores registrados para las mezclas no difieren de los del adhesivo sin preservante en los niveles considerados, no se pudo por tanto constatar en este estudio consistencia entre los cambios de pH y viscosidad y los resultados de resistencia de los tableros.

4.4. Resistencia al ataque de termitos

El vigor de los insectos usados en el ensayo se comprobó al constatar una mortalidad mínima

en los controles que contenían sólo termitos, y que se mantuvieron bajo las mismas condiciones que los tratamientos que contenían muestras de madera, tanto testigos como preservados.

Los resultados de la prueba se grafican en la figura 5.

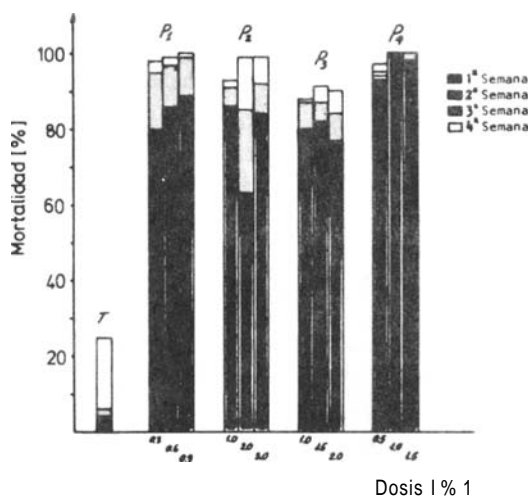


Figura 5: Mortalidad de los termitos en los ensayos con madera preservada y testigos.

Las probetas de los ensayos testigos fueron severamente dañadas en los bordes y en el centro, en donde los insectos construyeron sus galerías. La mortalidad producida en los testigos fue de un 1% la primera semana y de 25% luego de la cuarta.

Los ensayos con maderas preservadas indican en todos los casos una protección efectiva de todos los preservantes contra el ataque de termitos. La mortalidad final al igual que la posición de los individuos sobrevivientes —alejados de la probeta— indicaron una protección efectiva.

La mortalidad cercana a 100% en los ensayos con el preservante 4 desde la primera semana de ensayo y la ausencia de ataque, indicaría que este preservante actúa por contacto. Algo similar pero en grado menor, sucedió con el resto de los preservantes 1, 2 y 3.

REFERENCIAS

1. A.S.T.M. 3345. 1974: Standard Method of Laboratory, Evaluation of Wood and Other Cellulosic Material for Resistance to Termites.
2. BECKER, G. y DEPPE, J. 1969: Zum Verhalten von Unbehandelten und Chemisch Geschützten Holzspanplatten Gegen Organismen, *Holzforschung*, 21-103-108.
3. BECKER, G. 1976: Los Termites y la Madera, *Unasylya* - I, 2-11.
4. BROWN, G.E. and ALDEN, H.M. 1960: Penta for particle Board, *Forest Products Journal* 434-438.
5. DELMONTE, J. 1947: (Citado por KOLLMANN, KUENZI y STAMM pág. 349, 1975).
6. DEUTSCHE INDUSTRIE NORM. 1965: DIN: 53211 - 52362 - 52364 - 52365 BEUTH-VERTRIEBS GMBH, BERLIN.
7. GAY, F. y WETHERLY, A. 1958: The Termite Resistance of Untrated and Trested Hard Board. Laboratory Studies of Termite Resistance, C.S.I.R.O. Anst, Div. Emt Teach. Paper N°3.
8. HUBER, H. A. 1958: Preservation of Particleboard und Hardboard With P.C.F., F.P.J.J. 8: 357-368.
9. KLAUDITZ, U. y STOLLE, I. 1954: Entwicklung und Herstellung von Termifesten Holzspanplatten. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 12: 185-189.
10. KOLLMANN, F., KUENZI, E., STAMM, A. 1975: Principles of Wood Science and Technology, Vo. III Wood Based Materials.
11. MICHELI, J.H., DEL RIO, E. 1966: El Ataque de Termitos a la Madera en el Norte de Chile y su Prevención, Santiago, Chile, Inst. Forestal. Informe Técnico N°23.
12. MICHELI, J.M., DEL RIO, E. 1971: Resistencia de Algunas Maderas al Ataque de *Criptotermes brevis* (Walker), Santiago, Chile. Inst. Forestal, Serie Inv. N° 6.
13. ORTIZ, C.M.R. 1964: La Madera y sus Derivados Frente al Ataque de Termitos: Durabilidad de Paneles de Astillas, *Maderero* 10; 21-22.
14. ORTIZ, C.M.R. y CUEVAS, E. 1965: Resistencia Natural de Maderas y Productos Derivados al Ataque de Agentes Biológicos, Inst. Forestal Inf. Técnico N° 21. Santiago, Chile, 122-126.
15. PEREZ, V.A. 1978: Manual de Construcciones en Madera, Manual N° 10, Capítulo N° 2. Usos y Productos Instituto Forestal.
16. SCHMIDT, H. 1953: Studien an Holzwerkstoffen in der "Termiten Prüfung". Mitteilung Eigenschaften und Bewertung der Versuchstermiten. (Reticulitermes), *Holz als Roh-und Werkstoff*. 11: 385-388.
17. SCHMIDT, H. 1954: Studien an Holzwerkstoffen in der "Termiten Prüfung-2". Mitteilung: Formen des Termitenangriffes an Furnirspan-und Faser-platten, *Holz als Roh-und Werkstoff*. 12: 44-46.
18. SCHMIDT, H. 1960: Ein Termitentest an Sägespänen Verschiedener Holzarten, *Holz als Roh-und Werkstoff*. 18: 325-328.
19. SCHMIDT, H., NEHM, A.B. 1972: Holzspanplatten in Termitentest, *Holz als Roh-und Werkstoff*. 30: 174-177.
20. VIDAL, R. 1980: Preservación de Tableros de Partículas de Pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) con Cinco Preservantes y la Influencia Sobre Algunas Propiedades Físico-Mecánicas, Tesis de Grado, Univ. Austral, 36 pp.

Los autores:

R. Vidal P., Ingeniero Forestal, Santo Domingo 586, Depto. 32, Santiago-Chile.

J.E. Díaz-Vaz O., Prof. Dr. Ing. Forestal, Director Inst. Tec. Prod. Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia - Chile.

H. Poblete W., Prof. Ingeniero Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile, Casilla 567, Valdivia - Chile.