

CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DE LA MADERA
DE PINUS PINEA L. (PINO PIÑONERO) DE MIRAMAR

Ing. Carlos M. Barbieri *

Tco. Daniel Grassino

Tco. Hugo Lupano

SERIE II, N° 377

* Ex-Responsable del Area Maderas del LEMIT.

INTRODUCCION

El *Pinus pinea* L. recibe como nombre común el de pino piñonero o doméstico, originario de la costa del Mediterráneo. Fue introducido al país en la época colonial y cultivado como árbol ornamental y frutal. Es frecuente encontrarlo en plazas, paseos y parques, brindando su sombra; en las estancias se lo cultivaba como frutal, del cual se obtenían buenas cosechas de piñones. Anualmente nuestro país importa setenta mil kilogramos y llegan al público al precio de treinta dólares por kilo de piñones pelados.

Como referencia histórica, diremos que el pino de San Lorenzo, donde el General San Martín descansó bajo su sombra, pertenece a esta especie. Como forestal, es utilizado en la tercera etapa de fijación de dunas, debido a su característica particular de prosperar en suelos sueltos.

Vidal (6) expresa que su mejor área podría encontrarse en las ondulaciones de la costa marítima de la Provincia de Buenos Aires, en terrenos arenosos profundos, permeables, en sitios relativamente secos, en las estribaciones de Tandil, Córdoba, San Luis y en los valles y faldeos de exposición norte.

En Europa, como árbol productor de madera, registra crecimientos de cuatro metros cúbicos por hectárea y por año, en turnos de ochenta años. En el país, con clima templado e inviernos menos rigurosos, con temperatura y humedad adecuada en época de crecimiento, alcanza el turno a los treinta años.

La finalidad de este estudio es concretar las características físicas y mecánicas de la madera, que procede de una zona conocida, en una información de fácil manejo e interpretación y factible de comparación con las propiedades de otras especies, o de la misma especie cultivada en otras zonas. Se establece la resistencia promedio de cada ensayo y se calculan estadísticamente los valores mínimos aceptables.

Las conclusiones podrán servir de guía a profesionales del ramo de la construcción e industrialización, para el cálculo y dimensionado de los elementos de madera que integran una obra. Además se busca poner en evidencia, las ventajas y deficiencias que presenta el material, en cada una de las sollicitaciones a que sea sometido.

DESCRIPCION Y ORIGEN DE LAS MUESTRAS

Botánicamente se describe al *Pinus pinea* L., como árbol de gran por-

te y de copa generalmente aparasolada. Hojas de color verde opaco, muy rígidas, dispuestas en fascículos con 10 a 20 centímetros de largo, de sección semicircular, provistas de un canal resinífero superior y otro inferior. Conos aovados y redondeados no espinosos, castaños; semillas de unos dos centímetros de largo, apteras, o con alas sumamente cortas. Oriundo del sur de Europa, forestal y ornamental (6).

Los árboles destinados a este estudio fueron cedidos gentilmente por la Dirección Forestal del Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires. Se cortaron en una parcela raleada con más de veinte años de crecimiento, ubicada en el vivero "Florentino Ameghino" de Miramar.

Seleccionados los árboles, se marca en la corteza la orientación norte y se tala en la zona próxima al cuello, eludiendo la influencia radicular. Para su traslado se cortan en trozos de tres metros veinte centímetros. De ellos se obtuvieron posteriormente cuatro trozos de ochenta centímetros.

Se identificó cada árbol con números romanos y los trozos con letras, correspondiéndole la A al de la base. Luego por la línea de orientación norte marcada previamente, se dividen los trozos en cuatro partes, y de ellos se extraen tablas de dos y medio centímetros de espesor. Posteriormente de las tablas impares se corta una varilla de dos centímetros de lado, de donde se obtienen las probetas libres de defectos y de grano derecho para los ensayos con madera "en verde". El resto de las tablas se apilan en estibas, para que pierdan humedad hasta aproximadamente un quince por ciento. Una vez estabilizado el contenido de humedad, se procede en forma similar a la descrita anteriormente para madera verde, obteniéndose probetas que deberán ensayarse al estado seco. Los resultados se ajustan luego a un quince por ciento de humedad, para hacerlos comparables.

NORMAS EMPLEADAS EN LOS ENSAYOS

a) *Ensayo de flexión estática*, según norma IRAM 9542 (similar a la norma francesa NFB 51-008 AFNOR). Las probetas son de 2 x 2 x 34 cm y la velocidad de carga de cinco centímetros por minuto.

b) *Ensayo de flexión dinámica*, según norma IRAM 9546 (similar a la norma NFB 51-009 AFNOR o AIR 0616). Se utilizó el péndulo de Charpy de masa conocida y longitud de oscilación graduable. Las probetas utilizadas son de 2 x 2 x 30 cm.

TABLA I. DISTRIBUCION DE PROBETAS ENSAYADAS. PINUS PINEA L.

| Estado de las probetas.... | "En verde" | | | | | | "En seco" | | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | I | II | III | IV | V | VI | I | II | III | IV | V | VI |
| Arbol n° | | | | | | | | | | | | |
| <i>Propiedades mecánicas</i> | | | | | | | | | | | | |
| Flexión estática..... | 16 | 16 | 15 | 12 | 15 | 12 = 86 | 9 | 13 | 10 | 8 | 7 | 11 = 58 |
| Flexión dinámica..... | 16 | 13 | 15 | 10 | 15 | 15 = 84 | 9 | 13 | 9 | 10 | 11 | 13 = 65 |
| Compresión paralela... | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 13 = 93 | 11 | 7 | 13 | 12 | 12 | 14 = 19 |
| Dureza..... | 15 | 15 | 14 | 16 | 15 | 13 = 88 | 11 | 8 | 11 | 15 | 13 | 11 = 69 |
| Tracción paralela..... | 14 | 12 | 9 | 8 | 14 | 15 = 72 | 9 | 5 | 8 | 10 | 10 | 11 = 53 |
| Tracción perpendicular.. | 32 | 27 | 20 | 26 | 32 | 30 = 167 | 21 | 28 | 10 | 28 | 30 | 30 = 137 |
| Corte..... | 16 | 30 | 26 | 28 | 30 | 30 = 160 | 22 | 28 | 20 | 30 | 28 | 30 = 158 |
| Clivaje..... | 30 | 32 | 24 | 28 | 30 | 28 = 172 | 24 | 21 | 14 | 30 | 30 | 30 = 149 |
| <i>Propiedades físicas</i> | | | | | | | | | | | | |
| Densidad aparente..... | 139 | 161 | 113 | 116 | 137 | 116 = 782 | 95 | 95 | 75 | 113 | 114 | 121 = 613 |
| Contenido de humedad... | 155 | 161 | 139 | 144 | 167 | 146 = 912 | 117 | 123 | 95 | 143 | 142 | 151 = 771 |
| Retractividad..... | - | - | - | - | - | - | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 = 162 |
| Totales parciales..... | 449 | 483 | 391 | 404 | 471 | 418 = 2 239 | 356 | 368 | 392 | 426 | 425 | 450 = 2 317 |
| Total general..... | = 4 556 probetas ensayadas. | | | | | | | | | | | |

TABLA II. ENSAYO DE RETRACTIBILIDAD. PINUS PINEA L.

| Arbol | Contracción del estado saturado al estado seco en estufa | | | Contracción Volumétrica total (%) | Contracción del estado seco al aire seco en estufa | | | Punto de saturación (%) |
|------------------|--|----------------|-----------|-----------------------------------|--|----------------|-----------|-------------------------|
| | Radial (%) | Tangencial (%) | Axial (%) | | Radial (%) | Tangencial (%) | Axial (%) | |
| I | 4,89 | 7,49 | 0,41 | 13,31 | 2,09 | 2,67 | 0,24 | 26,4 |
| II | 4,50 | 8,42 | 0,45 | 13,97 | 2,03 | 3,17 | 0,26 | 26,2 |
| III | 4,33 | 7,84 | 0,51 | 13,03 | 1,64 | 2,53 | 0,29 | 25,9 |
| IV | 4,66 | 7,96 | 0,41 | 13,40 | 1,81 | 2,92 | 0,27 | 25,8 |
| V | 4,54 | 7,42 | 0,39 | 12,76 | 2,36 | 3,57 | 0,27 | 27,2 |
| VI | 3,48 | 8,14 | 0,38 | 12,33 | 1,88 | 3,58 | 0,29 | 25,2 |
| Promedio general | 4,40 | 7,89 | 0,42 | 12,97 | 1,97 | 3,07 | 0,27 | 26,1 |

c) *Ensayo de compresión paralela a las fibras*, según norma IRAM 9541 (similar a NFB 51-007 AFNOR). Las probetas de 2 x 2 x 6 cm se elaboran con los extremos fresados, para lograr que sean paralelas. La velocidad de carga es de cuatro décimos de centímetro por minuto y la deformación lateral se controla con flexímetros.

d) *Ensayo de dureza Chalais-Meudon*, según norma IRAM 9598. Se utilizan probetas de 2 x 2 x 6 cm.

e) *Ensayo de tracción paralela a las fibras*, basada en la norma British Standard 373, modificadas en sus dimensiones. Las probetas tienen 2 x 0,6 cm en los extremos y 0,4 x 0,6 cm en la zona de rotura.

f) *Ensayo de tracción perpendicular a las fibras*, según normas francesas NF B 51-010 AFNOR o AIR 0610. Probetas de 2 x 2 x 7 cm y velocidad de carga de 400 kg/min.

g) *Ensayo de clivaje*, según norma NF B 51-011 o AIR 0617. Las probetas se elaboran con orientación radial una y su gemela con orientación tangencial. Son de 2 x 2 x 4,5 cm. La velocidad de carga no debe pasar de 50 kg/min.

h) *Ensayo del contenido de humedad*, se realiza según norma IRAM 9532 en probetas de 2 x 2 x 2 cm.

i) *Ensayo de densidad aparente*, según norma IRAM 9544. El procedimiento empleado es utilizando el volumenómetro de Breuill-Amsler. Las probetas son de 2 x 2 x 2 cm. Se informa la densidad aparente anhidra.

j) *Ensayo de retractibilidad* (contracción e hinchamiento), se siguen las indicaciones de la norma IRAM 9543. Las probetas son de 2 x 2 x 5 cm.

COMENTARIOS

En la tabla I se muestra la distribución del número total de ensayos realizados, agrupados en dos zonas, la primera con *madera "en verde"* o sea con humedad procedente del árbol recién cortado y la segunda zona, sobre *madera seca*. La numerosa cantidad de ensayos realizados por cada árbol, se debe a que presentan valores de resistencia poco uniformes, debido a la heterogeneidad de los anillos de crecimiento y ser árboles relativamente jóvenes (veinte años). Después de realizado cada ensayo mecánico, se extrajeron muestras de madera para obtener los valores de densidad aparente y contenido de humedad. Por ello los ensayos físicos aparecen como

TABLA III. VALORES DE RESISTENCIA PROMEDIO EN LOS ESTADOS VERDE Y SECO
Ensayos mecánicos realizados en madera de Pinus pinea L.

| Características | Humedad Estado verde (%) | Tensión límite proporcional (kg/cm ²) | | Tensión de rotura (kg/cm ²) | | Módulo de elasticidad (kg/cm ²) | | Densidad aparente (g/cm ³) | |
|------------------------|--------------------------------|--|------|--|-------|--|--------|---|-------|
| | | verde | seco | verde | seco | verde | seco | verde | seco |
| Flexión estática | 112,7 | 217 | 332 | 416 | 712 | 61.600 | 63.300 | 0,554 | 0,425 |
| Compresión paralela | 108,7 | 122 | 168 | 185 | 296 | 66.500 | 78.800 | 0,554 | 0,442 |
| Flexión dinámica | 112,8 | Trabajo absorbido (kgm) | | Resiliencia (kg-cm/cm ²) | | Tensión máxima (kg/cm ²) | | | |
| | | 3,4 | 1,5 | 118 | 272 | 529 | 586 | 0,546 | 0,394 |
| Dureza (Chalais-M) | 106,5 | Superficie radial | | Superficie tangencial | | | | | |
| | | 1,43 | 1,90 | 1,44 | 2,12 | 0,534 | 0,453 | | |
| Tracción paralela | 91,3 | Tensión de rotura (kg/cm ²) | | | | | | | |
| | | 494 | 816 | 0,544 | 0,376 | | | | |
| Tracción perpendicular | 97,0 | Tensión rotura radial (kg/cm ²) | | Tensión rotura tangencial (kg/cm ²) | | | | | |
| | | 15,6 | 22,3 | 17,7 | 22,8 | 0,508 | 0,445 | | |
| Corte | 99,0 | Superficie radial | | Superficie tangencial | | | | | |
| | | 135 | 250 | 146 | 256 | - | - | | |
| Clivaje | 93,7 | Tensión lineal radial (kg/cm) | | Tensión lineal tangencial (kg/cm) | | | | | |
| | | 9,6 | 13,4 | 12,8 | 16,4 | - | - | | |

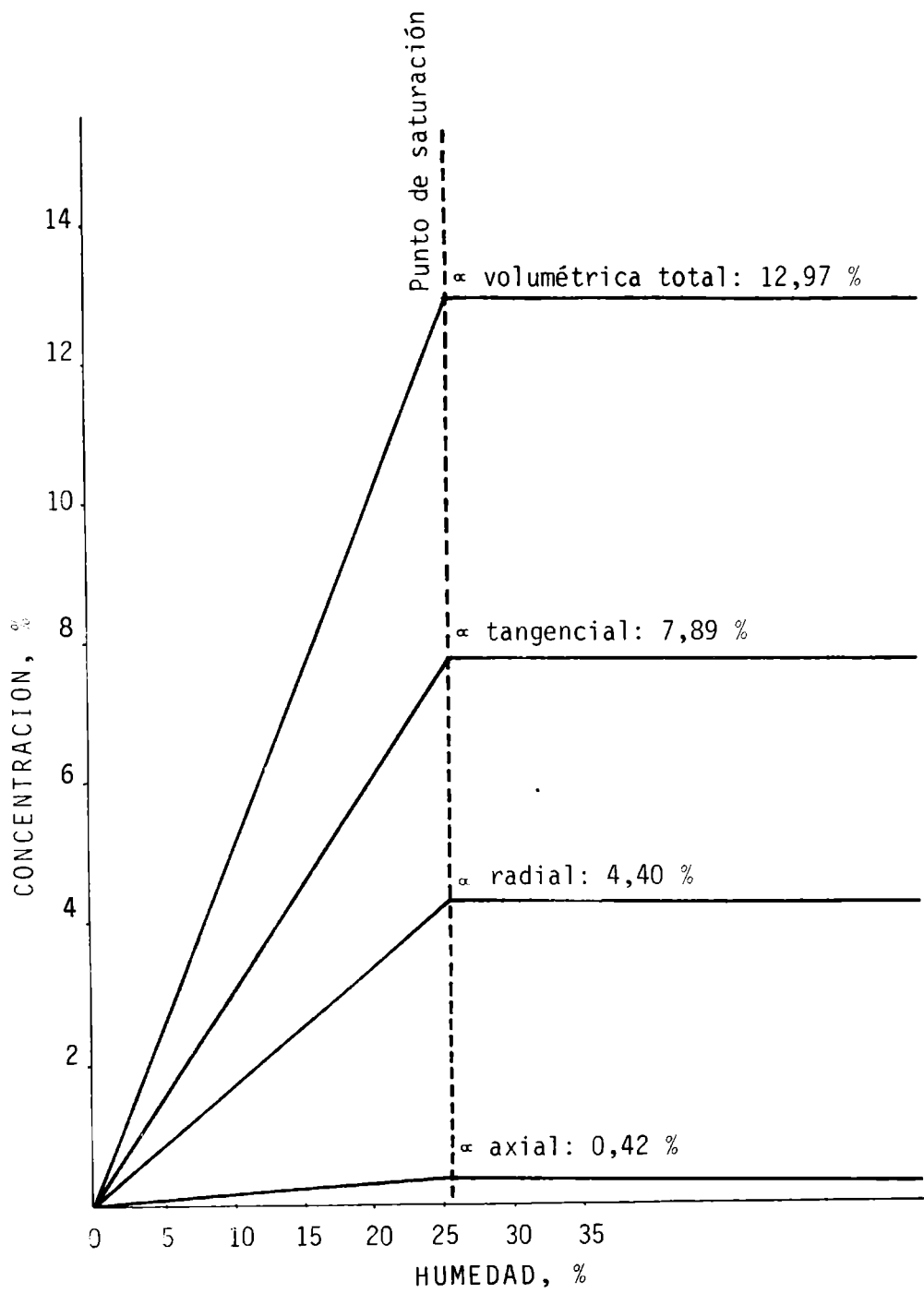


Fig. 1.- Estabilidad dimensional de Pinus pinea

los más numerosos.

La tabla II contiene los valores resultantes del *ensayo de re-tractibilidad* (contracción e hinchamiento), desde el estado de madera saturada hasta seca en estufa. Si se comparan los resultados con los de otras coníferas, se estima que son elevados, pero la relación del movimiento de la madera entre los planos radial, tangencial y volumétrico es equilibrado. Observando el *punto de saturación* y los *porcentajes de contracción* en el estado seco al aire hasta seco en estufa, se llega a la conclusión, que la madera que logre su equilibrio higroscópico, presentará movimientos moderados con las variaciones ambientales, En la figura 1, se ha graficado en forma lineal, el movimiento de la madera del pino piñonero, cuando pierde humedad y contrae sus dimensiones. La amplitud de este movimiento va desde el punto de saturación hasta un estado anhidro que corresponde al del menor volumen. Del gráfico se puede obtener el porcentaje de hinchamiento o merma del volumen de la madera, con respecto al aumento o disminución del porcentaje de humedad ambiente.

La tabla III, compara los *valores promedio de los ensayos con madera verde y seca*, de ella se deduce la amplitud que alcanzan los valores de resistencia y la influencia del contenido de humedad.

En la tabla IV, se presentan los resultados de las *características de la madera seca al aire*, extrapolados con referencia a un contenido de humedad del quince por ciento.

En el *ensayo de flexión estática*, la *tensión de rotura* es el dato más importante que indica la resistencia de la madera, por utilizarse en cálculos estructurales. En una clasificación de seis puntos, que abarque las maderas que resisten un sigma de rotura de 100 kg/cm^2 (*Chorisia speciosa*, "palo borracho"), hasta las de alta resistencia, de más de 1000 kg/cm^2 (*Schinopsis*, "quebrachos"), al pino piñonero se le adjudican cuatro puntos o sea "madera resistente a la flexión", pero su módulo de elasticidad resulta bajo, por ser muy elástica y producir en el ensayo una flecha pronunciada, característica común en las maderas de mediano a rápido crecimiento.

En el *ensayo de compresión paralela a las fibras*, se puede clasificar la resistencia en siete puntos, desde las maderas flojas ($200\text{-}299 \text{ kg/cm}^2$), hasta las de alta resistencia ($900\text{-}1000 \text{ kg/cm}^2$); la madera examinada opone poca resistencia a la compresión, por lo cual se la califica de floja. Los coeficientes de seguridad para construcciones definitivas se pueden considerar entre valores de seis o siete y se llega en construcciones provisionarias hasta tres. El sigma admisible, se consigue al dividir el sigma de rotura por el coeficiente de seguridad. El módulo de elasticidad, también en este ensayo se presenta como de madera poco rígida.

Se recurre al *ensayo de dureza Chalais-Meudon*, por la ventaja de utilizar probetas de dimensiones menores al de "Janka" sin dejar

TABLA IV. VALORES DE RESISTENCIA DE MADERA SECA AL AIRE CON VALORES DE HUMEDAD AJUSTADOS AL 15 % (PINUS PINEA L.)

| | Unidades | Número de observaciones | Media | Desviación estándar | 95 % confianza promedio | intervalo de | Valores mínimos | 5 % tolerancia límite |
|-----------------------------------|---------------------|-------------------------|--------|---------------------|-------------------------|--------------|-----------------|-----------------------|
| <i>Flexión estática</i> | | | | | | | | |
| Tensión límite proporcional.. | kg/cm ² | 58 | 334 | 57 | 349 | 319 | 226 | 95 |
| Tensión de rotura..... | kg/cm ² | 58 | 679 | 103 | 706 | 652 | 359 | 95 |
| Módulo de elasticidad..... | kg/cm ² | 65 | 63 500 | 16 041 | 67 600 | 59 350 | 33 180 | 95 |
| <i>Flexión dinámica</i> | | | | | | | | |
| Trabajo absorbido..... | kgm | 65 | 1,5 | 0,6 | 1,6 | 1,3 | 0,9 | 96 |
| Tensión máxima..... | kg/cm ² | 65 | 591 | 122 | 621 | 561 | 373 | 96 |
| Resiliencia..... | kgm/cm ² | 65 | 1,2 | 0,5 | 1,3 | 1,1 | 0,5 | 96 |
| <i>Compresión paralela</i> | | | | | | | | |
| Tensión límite proporcional.. | kg/cm ² | 70 | 164 | 32 | 171 | 156 | 97 | 97 |
| Tensión de rotura..... | kg/cm ² | 70 | 294 | 40 | 303 | 284 | 169 | 97 |
| Módulo de elasticidad..... | kg/cm ² | 70 | 75 950 | 26 196 | 82 100 | 69 800 | 31 750 | 97 |
| <i>Dureza (Chalais-Neudon)</i> | | | | | | | | |
| Índice radial..... | - | 69 | 1,8 | 0,39 | 1,9 | 1,6 | 1,0 | 97 |
| Índice tangencial..... | - | 69 | 2,0 | 0,45 | 2,1 | 1,9 | 1,1 | 97 |
| <i>Tensión paralela</i> | | | | | | | | |
| Tensión de rotura..... | kg/cm ² | 53 | 79,3 | 27,8 | 86,8 | 71,8 | 28,0 | 97 |
| <i>Tensión perpendicular</i> | | | | | | | | |
| Tensión de rotura radial..... | kg/cm ² | 70 | 22,2 | 3,1 | 23,1 | 21,3 | 15,3 | 97 |
| Tensión de rotura tangencial..... | kg/cm ² | 73 | 23,1 | 3,2 | 23,8 | 22,3 | 12,3 | 97 |
| <i>Clivaje</i> | | | | | | | | |
| Tensión de rotura radial..... | kg/cm | 74 | 12,9 | 2,2 | 13,4 | 12,5 | 9,4 | 97 |
| Tensión de rotura tangencial..... | kg/cm | 76 | 16,7 | 2,7 | 17,3 | 16,0 | 10,1 | 98 |
| Densidad aparente anhidra..... | g/cm ³ | 565 | 0,456 | 0,07 | 0,462 | 0,450 | - | 99 |

de reconocer este último como el más apropiado para maderas. López Zigarán (5) da una tabla donde se comparan durezas Chalais-Meudon, Janka y Brinell. El pino piñonero, con un índice entre 1,8 y 2,0 es equivalente a una dureza Janka de 350 kg/cm² y se califica como conífera blanda.

El *ensayo de clivaje*, reproduce la oposición de las maderas al hendido mediante cuñas, por ejemplo a la acción del hacha; el *ensayo de tracción perpendicular a las fibras*, además de oponer la resistencia al hendido, suma la de desgarramiento y adherencia. La madera analizada, se la clasifica, como fácilmente hendible y medianamente fisible.

CONCLUSIONES

La madera de pino piñonero se puede considerar como una pinotea de calidad ordinaria, considerando como ordinario, aquel material de uso común en encofrado, carpintería en general o en fabricación masiva de muebles.

Como forestal es de mediana a inferior calidad, pero integra la reducida lista de coníferas, que se adapta al clima de la Provincia de Buenos Aires. Presenta la ventaja de dar piñones comestibles, producción que se puede canalizar comercialmente.

Los usos de su madera son muchos y se puede utilizar en las industrias que no insuman grandes cantidades de metros cúbicos: en la fabricación de cajas y cajones para regalo, de acabado agradable y terminación esmerada, juguetes, muebles macizos o enchapados; también en recubrimientos de paredes, cielorrasos, tabiques, etc. donde los nudos y el diseño que forman los anillos de crecimiento, son un atractivo ornamental.

BIBLIOGRAFIA

1. Barbieri Basso C. M. y colaboradores.- Características tecnológicas de la madera de *Pinus radiata* D. Don (Pino insigne) de Balcarce. LEMIT-ANALES, Serie II, n° 314, 1976.

2. Berges J.- Maderas de construcción, decoración y artesanía. Ed. Gustavo Gili S. A. Madrid, 1951.
3. Bolza E. and Keating W. G.- Africans timbers. The properties, uses and characteristics of 700 species. Australia, 1972.
4. Cozzo D.- El problema forestal en la Provincia de Buenos Aires dentro del marco nacional. Conferencia en el Colegio de Ingenieros Agrónomos. Publicado en el Boletín Informativo n° 16, 1973.
5. López-Zigarán R. A.- Tecnología de la madera. Ed. Ureña. Tucumán, 1973.
6. Vidal J. J.- El Pino y algunas especies de interés económico. U.T.E.H.A. México, 1962.