El panorama a nivel mundial de la investigación en productos forestales

Walter G. Kauman[1]

RESUMEN

La madera ha sido uno de los materiales más usados por el hombre desde sus orígenes. Recientemente, la tecnología relacionada con su uso está transformándose a gran velocidad debido a la revolución informática, teniendo ésta última influencia en todos los ramos de las industrias forestales, desde la clasificación taxonómica hasta la determinación de las propiedades y los métodos de secado. La investigación, ha dado origen a una multitud de nuevos conocimientos y a la creación de entidades internacionales de intercambio como la IUFRO y otras similares. Las tendencias actuales de la investigación están dirigidas hacia el mejoramiento de los procesos fabriles y de su impacto sobre el ambiente. La madera se está confirmando como el material natural, renovable más apto para proteger el ambiente mediante la reducción de la utilización de combustibles fósiles y contribuyendo a disminuir el efecto invernadero por la fijación de gas carbónico. Su transformación con poco consumo de energía y su carácter de bio-material auguran beneficios para el futuro.

PALABRAS CLAVE:
Investigación, tecnología de la madera, procesos de transformación, nuevos productos a base de madera, sistemas de cómputo

ABSTRACT

Wood has long been one of the materials most used by humankind. Currently, the technology related to its use is undergoing a rapid transformation owing to the tremendous increase in the use of computers. This is affecting all branches of the forest industry, from taxonomic identification to the determination of wood properties and drying methods. Research has produced a plethora of new data and has resulted in the creation of international exchange entities such as IUFRO. Current trends in research are directed towards the improvement of manufacturing processes and their impact on the environment. Wood is being recognized as the renewable material most appropriate for the protection of the environment. Wood reduces our dependence on fossil fuels and reduces the greenhouse effect through the fixation of huge amounts of gaseous carbon in the woody tissue of new plantations. The low energy requirements for the transformation of wood into products and its possibilities as a bio-material foretell benefits for the future.

KEY WORDS:
Research, wood technology, manufacturing processes, new wood-based products, computer software

1 Ex-Director de Investigaciones del Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, Paris.
Dirección actual: 15 Impasse de Callas. 83370 Saint Aygulf. Francia.
Manuscrito recibido para su publicación el 4 de Noviembre de 1996

LOS PRODUCTOS FORESTALES EN LA HISTORIA DE LA RAZA HUMANA

Desde el amanecer de la raza humana, la madera ha acompañado su progreso hasta la civilización. Hace milenios, se inventó en Egipto la fabricacion de láminas de madera, y los chinos produjeron papel por lo menos 100 años antes de Cristo (Sandermann, 1988). La producción de vigas y tablas se inició en forma industrial con la introducción de primero, agua y después, vapor, como fuerza motriz para los aserraderos.

La invención de productos radicalmente nuevos como los tableros de partículas vino con el desarrollo por la industria química de polímeros aptos para colas termoplásticas como los de urea y los de fenolfermaldehído, los resorcinoles y otros.

En los últimos cincuenta años estamos presenciando una metamorfosis de las industrias de la madera, las que se están transformando de una actividad artesanal en procesos fabriles altamente productivos (Kauman, 1987, Guinard, 1986). Ahora hay que enfrentar la revolución informática la que constituye un nuevo desafío y se incorpora rápidamente en el procesamiento. Estas tendencias se desprenden de los temas tratados en las comunicaciones a la última reunión de la División 5 (Productos Forestales) de la IUFRO (Unión Internacional de Institutos de Investigación Forestal) (1992a) (Tabla 1).

EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

La investigación científica de la madera empezó en el siglo 19, pero desde los tiempos más remotos existía un gran volúmen de conocimientos empíricos sobre sus características. Ya en la Biblia, Dios ordenó a Noé construir el Arca de "madera resinosa" y "sellarla con alquitrán", Gen. 6:14. El primer laboratorio de productos forestales se creó en Madison, Wisconsin, EUA en 1910. Desde esta fecha, instituciones de ciencia de la madera se han ido multiplicando en numerosos países (Tabla 2).

Tabla 1. Contribuciones presentadas en la reunión de la División 5 de IUFRO (%)

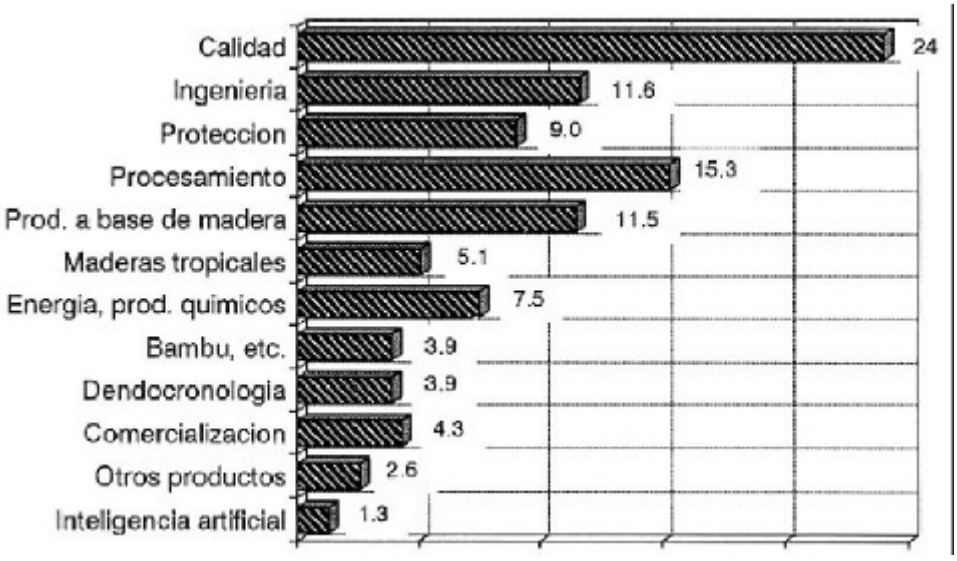


Tabla 2. Número de laboratorios cuya finalidad más importante es la investigación en productos forestales (FAO, 1986)

PAIS	NO. DE LAB.
Africa	10
Australia, Nueva Zelandia	8
Asia	24
Europa	46
América Latina	37
América del Norte	18

Nota: El directorio de la FAO de una lista de todos los institutos de investigación forestal. En esta Tabla se da el número estimado de institutos que se dedican preferentemente de investigación en productos forestales. Es imposible estimar el numero de investigadores de productos forestales, ya que los diferentes países difieren en la definición de investigadores, técnicos, etc.

Hoy en día, la investigación se ocupa principalmente del mejoramiento de procesos fabriles. Para coordinar la investigación al nivel mundial, se estableció en 1982 la IUFRO que hoy tiene unos 20,000 miembros en más de cien países (IUFRO, 1992b). En 1966 se creó en Paris la Academia Internacional de la Ciencia de la Madera (IAWS por sus siglas en inglés).

El proceso de la investigación está condicionado por cuatro resortes: en primer lugar, el afán del ser humano de conocer, de comprender; en segundo lugar, la demanda del mercado; en tercer lugar, el avance de la tecnología en general, tanto de máquinas como de instrumentos, y los cambios en el recurso forestal mundial son un cuarto resorte de nuevas técnicas.

LA FUENTE DE LA MATERIA PRIMA: EL BOSQUE

Un fenómeno muy impactante de los últimos años es la aparición de organizaciones no gubernamentales, llamadas "verdes" o "ecologistas", principalmente en los países desarrollados. Los bosques de zonas templadas, después de sufrir sobre-explotación durante muchos años en Europa y en Norteamérica, han llegado ahora a una cierta estabilidad, aunque su manejo se está todavía criticando. En cambio, los bosques tropicales están desapareciendo a razón de aproximadamente 20 hectáreas por minuto (Zerbe *et al*., 1980). En gran parte, esto se debe al establecimiento de poblaciones pobres en áreas boscosas poco aptas para la agricultura en las que se pueden obtener no más de tres o cuatro cosechas antes de que su fertilidad se agote (Lamb, 1987).

Además, en los países llamados "en desarrollo", casi todos los tropicales, la mayor parte de la madera extraída del bosque se utiliza para leña, alrededor del 80%. Por estas razones, los boicots en contra del uso de maderas tropicales, propuestos por ciertos conservacionistas, son una táctica sin mayor efecto práctico y sí dañina para estos países (Mok, 1990; Leng y Dixon, 1994)

En muchos países en desarrollo se opina, que los países industrializados deberían primero subsanar sus propias prácticas, reduciendo el consumo flagrante de combustibles fósiles, antes de pretender prescribir a los países en desarrollo, cómo manejar sus propios recursos naturales.

La discusión de este problema sale de nuestro tema. Tendencias alentadoras son los empeños de FAO, ITTO (1990) y otros organismos para poner en práctica la "Silvicultura sostenida".

TENDENCIAS DE INVESTIGACION

Miremos ahora las tendencias de investigación en algunos campos.

La conversión mecánica

El aserrío: El aserrío se está transformando. Mientras antes, eran hombres fuertes quienes estaban manipulando trozas pesadas, hoy, el responsable del aserradero está sentado en un sillón delante de una pantalla y aprieta botones para dirigir las operaciones de las sierras. Esto se debe en gran parte a la introducción de la computadora. Los troncos se miden con sensores antes de entrar en el aserradero, se clasifican y se dirigen cada uno hacia la sierra apropiada. Los esquemas de corte se calculan de antemano, determinando el cono máximo inscrito en el tronco para obtener el mayor rendimiento en volumen o valor.

La investigación que sirve de base a estos desarrollos se sitúa principalmente en programas de computadora y sensores de medición.

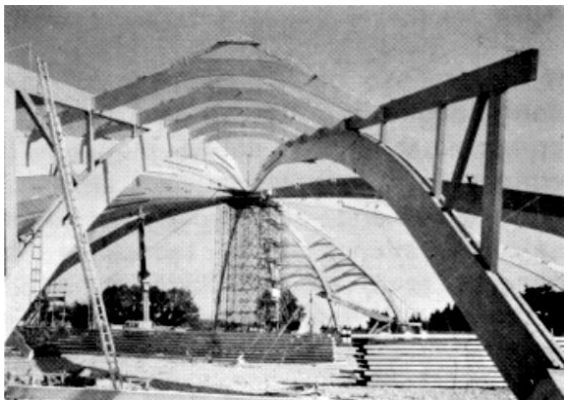
Productos compuestos

Estos materiales son básicamente de dos tipos:

- de madera convertida en chapas, virutas, astillas y reconstituída utilizando adhesivos (tableros de partículas, tableros OSB de virutas orientadas y, por supuesto, el bien conocido contrachapado), de madera convertida en fibras y reconstituída utilizando presión (madera prensada o tablero de fibras, especialmente en la forma nueva de densidad media) (Maloney, 1990).

- de madera sólida reconstituída (como las vigas laminadas).

El "Parallam" (segmentos de chapa unidas por medio de presión) y el "Scrimber" australiano (virutas de madera también unidas con presión) son casos especiales. Hay que mencionar también el reciente desarrollo de combinaciones de barina o astillas de madera con desechos de plásticos, propuestas, por ejemplo, para puertas de automóviles.



Arcos de vigas laminadas

APLICACIONES EN ESTRUCTURAS

Confiabilidad de una estructura

La exigencia más importante en una estructura es que sea confiable. La estimación de esta confiabilidad es el principal objetivo de las investigaciones en este tema.

En Europa, se ha elaborado recientemente el "EUROCODE 5" el que incluye todas las especificaciones para calcular una estructura (Rouger, 1993). Según este reglamento, la resistencia de cálculo, R_d, utilizada para el diseño de la estructura, se rige por la fórmula

$$R_d = (K_{mod} \times R_{k)} / J_m$$

siendo:

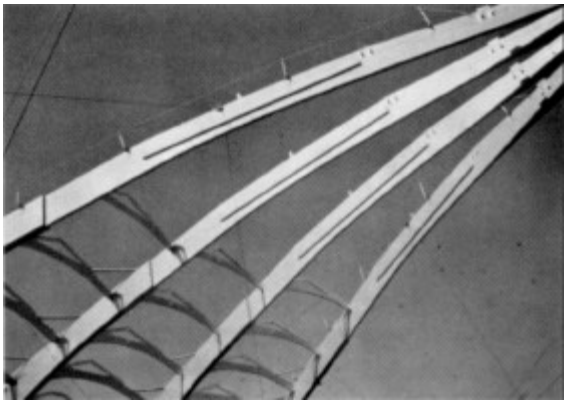
K_{mod} = un factor dependiente de la duración de la solicitación y del contenido de humedad de la madera.

R_k = la resistencia determinada por clasificación visual (al ojo o por métodos artificiales) o mecánica, generalmente con el límite de exclusión inferior del 5% de la distribución Gaussiana.

J_m = un factor de seguridad dependiente de la distribución estadística de las propiedades del material.

En Norteamérica se ha utilizado también el concepto de "confiabilidad estructural" (Goodman, 1983) que se define con base en la interacción entre las curvas Gaussianas del efecto de la solicitación (carga) y de la resistencia del elemento. Este cálculo probabilístico puede tomar en cuenta, además, la repartición de una carga local entre piezas vecinas, por ejemplo en un piso machiembrado.

Las cargas de larga duración son un factor crítico para la duración de una estructura. Son un tema de intensa investigación en muchos países. La reología es la ciencia de deformación visco-elástica y visco-plástica de materiales (CNRS, 1990) y se complica en el caso de la madera porque una carga dada induce una deformación mayor si la humedad del elemento cambia mientras la carga esté actuando.



Detalle de arcos de vigas laminada

La clasificación para determinar la resistencia

La resistencia en flexión o rigidez de un elemento estructural es su propiedad más importante.

Hay cuatro métodos usados para determinar la resistencia (Kauman, 1987).

- La clasificación visual por un operador entrenado, con base en las singularidades* presentes, especialmente los nudos.

* Se denominan "singularidades" a las irregularidades presentes en la estructura de la madera, como nudos, desviaciones del grano, pudriciones, etc. Los "defectos" son causados por errores de procesamiento, p. e. grietas, canto muerto, torceduras, etc.

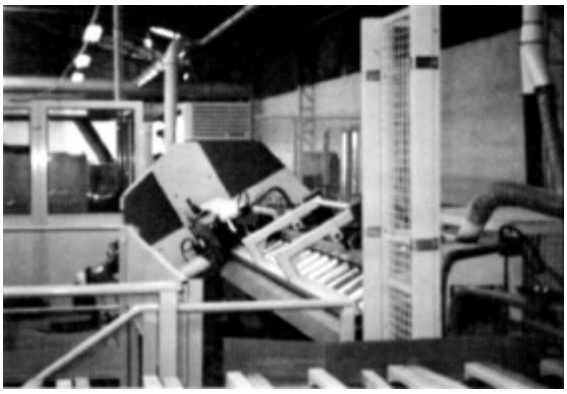
- Clasificación mecánica por máquinas de "stress grading" que miden la rigidez y atribuyen valores de resistencia en flexión (con base en la correlación estadística entre los módulos de elasticidad y de ruptura).

- "stress wave analyser" que mide la propagación de una onda de tensión en la madera y deduce la resistencia de las propiedades elásticas, así como determinadas.

- Las llamadas máquinas de prueba ("proof loading") que aplican una fuerza correspondiente a más del doble de la tensión de diseño y eliminan las piezas que fallan.

Los sensores (Bussy 1989, 1996)

En los últimos años, han sido desarrollados los sensores para captar automáticamente diferentes parámetros necesarios para clasificar, seleccionar o calificar piezas de madera.



Sistema Scanwood

Los sensores tienen básicamente tres objetivos:
- medición dimensional
- determinación de características interiores en la masa de la madera
- captación del aspecto visual de la superficie

Sirven para tres aplicaciones esenciales;
- el control de la calidad
- la clasificación y selección de piezas
- el manejo de las máquinas

Las operaciones se subdividen en:
- adquisición de los datos mediante cámaras, ahora también disponibles en color [Lefevre, 1995].
- tratamiento y análisis de los datos numerizados.
- formulación de la conclusión

Los numerosos sistemas existentes incluyen visión artificial, ondas acústicas de ultra-sonido, electromagnéticas como microondas, rayos *X* y *(* y otros más. Cada uno tiene sus ventajas y desventajas y la selección del sistema es función del problema individual en cada caso.

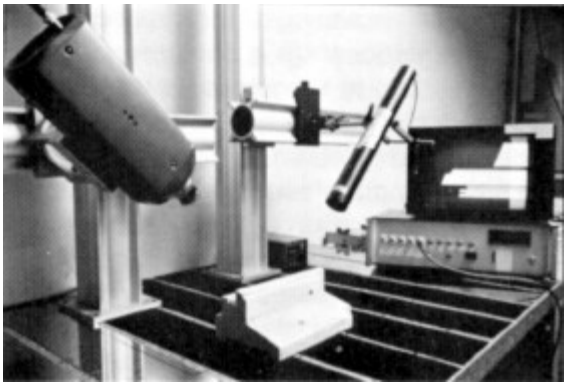
EL ACABADO DE LA SUPERFICIE

El aspecto estético de la madera, ya sea de una casa o de un mueble, es lo que el cliente ve primero y es un factor importante en la decisión de compra.

La investigación en este campo es particularmente activa en Estados Unidos, Francia, Alemania, Escandinavia y algunos otros países (Roux, 1996a y b). Se persiguen tres objetivos:

- Mejorar la estabilidad de la superficie de la madera.
- Combatir los efectos deletéreos del ambiente (rayos UV, intemperie, oxidación, calor, contaminación, etc.) que provocan deterioro.
- Perfeccionar las propiedades de los productos de acabado.

Para estabilizar la superficie de la madera, se está aplicando a veces la acetilación, la impregnacion con polietilenglicol, o tratamientos térmicos, pero son de efecto limitado y de rentabilidad dudosa. El desafío de eliminar los cambios dimensionales de la madera debido a la contracción y al hinchamiento todavía elude a la ciencia.



Sistema de control para elementos de ventana

Al fabricante le interesa conocer de antemano, la efectividad y la durabilidad del los productos de acabado. Existen varios tipos de cámaras de envejecimiento entre las cuales la "rueda" francesa tiene la ventaja de ser relativamente confiable y no muy costosa. El objeto de estos aparatos es, determinar la vida potencial del acabado por medio de ciclos acelerados de lluvia, calor y rayos UV.

Medios más sofisticados incluyen la determinación de la transición vítrea que caracteriza la flexibilidad del polímero y se puede observar durante el envejecimiento artificial (Podgorski *et al*., 1996). La condición de la superficie se puede determinar al medir el ángulo de contacto del producto que influye sobre su adhesión.

La resistencia de los productos de acabado a los rayos UV se mejora agregando absorbentes de ultravioleta, estabilizadores como amines llamados HALS y otros productos más.

EL SECADO

El secado es un eslabón esencial en la conversion del árbol. Las primeras cámaras de circulación forzada vieron la luz a fines del último siglo. Harry Tiemann, el "padre" del secado de la madera, introdujo el secado con vapor supercalentado en 1915 (Tiemann, 1942). Un progreso significativo se inició en Australia a partir de 1975, utilizando temperaturas entre 90/ y 210/C. El proceso completo para madera verde hasta 37 mm toma 24 horas .

El secado utilizando vacío, primero introducido por Tiemann en los años 1920, ha visto un auge recientemente. Se aplica casi exclusivamente al secado de latofoliadas susceptibles al cambio de color con altas temperaturas, como el encino o roble (*Quercus* spp), para las cuales el valor agregado es grande.

El secado solar, en principio prometedor, se presta solamente para pequeñas instalaciones artesanales, principalmente en países tropicales. Sin embargo, el avance más significativo y objeto de muchas investigaciones, es el control del secado por computadora.

LA PRESERVACION

La preservación es un tratamiento indispensable cada vez que la madera se usa en situaciones donde está expuesta a un riesgo de ataque por hongos o insectos. Es preciso hacer hincapié en la preocupacion reciente por los efectos tóxicos de las sustancias fungicidas e insecticidas incorporadas en la madera.

OTROS USOS DE LA MADERA

En forma breve haremos alusión a algunos otros de los múltiples aspectos de la investigación sobre la madera. Por ejemplo, mucho trabajo se está haciendo en biotecnología, principalmente en el área del pulpaje y tambien en la manipulación genética de los árboles.

El reciclaje de madera sólida ya usada está todavía en sus inicios, salvo para "pallets" o tarimas (plataformas de transporte), que se están reciclando extensamente por lo menos en los Estados Unidos.

PULPA Y PAPEL

El tema de pulpa y papel debería tratarse en forma separada. Basta con decir, que la investigación reciente destaca la reducción de la contaminación: las emisiones atmosféricas de las plantas Kraft usando el pulpaje al sulfato, el reemplazamiento de los procesos químicos por biológicos, todavía industrialmente en su infancia, el tratamiento de los efluentes y el reemplazamiento del cloro en el bllanqueo, por ejemplo por oxígeno. La lignina es todavía un objeto de mucha atención. Lo que sí es importante, es la creciente utilización de papel reciclado que se está acercando al 50% de la producción al nivel mundial (Sanderman 1988).

LA INVESTIGACION BASICA

De acuerdo con nuestra afirmación inicial, que la investigación de madera hoy en día se ocupa principalmente del mejoramiento de procesos fabriles, nos hemos concentrado en la investigación llamada "aplicada". Pero, ¿qué hay sobre la investigación básica?, la que se ocupa de aumentar nuestros conocimientos, sin un objetivo inmediato. Al revisar la literatura científica, nos damos cuenta que este tipo de investigación se concentra en dos áreas: la anatomía y fisiología de los árboles, y la físico-química de la madera. Muchos problemas que aún quedan se sitúan en el límite de la descripción microcópica y la molecular, como por ejemplo, el efecto sobre las propiedades de la madera en las uniones covalentes entre los carbohidratos y la lignina.

En el campo de la física, la interacción de la madera con campos electromagnéticos (p.e. microondas) y acústicos sigue ocupando a varios investigadores. El transporte de agua en la madera y los problemas termodinámicos asociados dan lugar a muchas publicaciones, generalmente fundamentales sin impacto muy inmediato sobre el secado.

EL FINANCIAMIENTO DE LA INVESTIGACION

Nuestra tema no sería completa sin decir mencionar algo sobre el financiamiento de la investigación. Hace unos 20 a 40 años, los institutos de investigación, que no eran de empresas privadas, eran financiados globalmente por el presupuesto del Estado y a veces ciertas fundaciones. Desde más o menos 1970, la tendencia es de financiar proyectos individuales más que laboratorios.

CONCLUSIONES

La investigación sobre la madera a nivel mundial refleja la metamorfosis de las industrias forestales durante los últimos 50 años. De la evaluación y descripción de propiedades, ha evolucionado hasta ser una actividad que emplea métodos científicos sofisticados para explicar estas propiedades en términos de la estructura y físico-química del material y, especialmente, su influencia sobre los procesos de fabricación de productos.

¿A dónde vamos?, se puede presagiar con mucha confianza, que la seguridad de la calidad y de la confiabilidad de los productos seguirá motivando mucha de la investigación en el próximo siglo. El perfeccionamiento de la productividad y la reducción de los costos de la fabricación son los objetivos que continuarán al frente de las preocupaciones de los investigadores.

A mediano y largo plazo, se pueden esperar nuevos tipos de madera reconstituída, ya sea por la producción de astillas, virutas o partículas y la recombinación de las mismas, reforzando puntos críticos en la estructura molecular. Habrá sin duda nuevos adhesivos, acabados, y quizás ignífugos, así como productos preservadores, compatibles con el ambiente y métodos siempre más confiables para medir, evaluar y clasificar los elementos de construcción.

En los países en desarrollo pero también en los desarrollados, un desafío del futuro será, encontrar un compromiso viable entre la necesidad de reducir la mano de obra mediante más automatización y al mismo tiempo asegurar el empleo de la gente y combatir el desempleo. Si la tecnología del futuro puede satisfacer las exigencias de calidad constante, de confiabilidad con un mínimo de mantenimiento durante su vida de servicio y todo esto a precios competitivos, la madera seguirá acompañando los avances de nuestra civilización (Kauman, 1990).

Pero ante todo, creemos que en los siglos difíciles por venir, vivir en casas de madera y usar implementos de madera será una manera para conservar el lazo con la naturaleza, un anhelo profundo para la mayoría de los hombres y mujeres, que nos viene de nuestros antepasados los primates. Los movimientos "verdes" actuales son una expresión, todavía un poco confusa, de este anhelo.

Como investigadores de la madera, tenemos cada uno y cada una, una responsabilidad de primera línea, de crear los conocimientos básicos y la tecnología práctica para concebir productos de calidad siempre mejor, a precios accesibles, de modo que la madera alcance su pleno potencial para contribuir hacia una vida mejor para todos los habitantes de este planeta.

RECONOCIMIENTOS

Las ilustraciones son reproducidas con la autorización del Centro Técnico de Madera y Muebles (CTBA), París, Francia.

REFERENCIAS

Bussy, R. 1989. Capteurs pour le bois. Comment les choisir? Centre Technique du Bois et de l'Ameu-blement. París. CTBA Info. No. 24:19-22.

Bussy, R. 1996. Scanwood system: réalisations et perspectives. Centre Technique du Bois et de l'Ameublement. París. CTBA Info. No. 60:21-25.

CNRS (Centre National de Recherche Scientifique). 1990. Wood rheology and mechanics. French Scientific Group: CNRS, CTFT, CTBA, INRA. Activity. Report 1989-1990. París.

FAO. 1986. Repertorio mundial de institutos de investigación sobre bosques y productos forestales.

Goodman, J.R. 1983. Developments and potentials in timber enginering. Proc. of IUFRO All-Division 5 Conference. USDA. Forest Products Laboratory. Madison, Wi. p:63-79.

Guinard, D. 1986. La filiere bois matériau. Evolution technologique. Bull. Soc. Royale Forestiere de Belgique 94(2):45-63.

ITTO (International Tropical Timber Organization). 1990. ITTO Guidelines for the sustainable management of natural tropical forests. ITTO Technical Series No. 5. Yokohama, Japón.

IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations). 1992a. Proc. All-Division 5 Conference. Nancy, Francia. 3 Vol.

IUFRO (International Union of Forestry Research Organizations). 1992b. IUFRO First Century. IUFRO News 21(3):1-9. Viena.

Kauman, W.G. 1987. Technological development in mechanical wood processing. Chapter 8 *In*: Kallio, M., Dykstra, D.P. and Binkley, C.S.(eds). The Global Forest Sector: An Analytical Perspective. J. Wiley Sons. Nueva York.

Kauman, W.G. 1990. Wood Science Improves the Quality of Life. Wood Sci. Technol. 24:1-16.

Lamb, F.B. 1987. The role of antropology in tropical forest ecosystems management and development. Western Illinois University. J. of Developing Areas 21:429-458

Leng, Hin Seak y A. Dixon. 1994. Two sides to every story. Timber Trades Journal. Reino Unido.

Lefevre, R. 1995. Scanwood color. Centre Technique du bois et de l'Ameublement, París. CTBA Info. No. 54:28-30.

Maloney, T.M. 1990. Processing tomorrow's wood composites. Proc. XIX Congreso Mundial de IUFRO. Division 5. Viena. p:275-287.

Mok, S.T. 1990. Asia-Pacific forest resource trends and environmental considerations. GLOBE 90 Conference. Vancouver, Canadá. Unpublished Proc.

Podgorski, L., A. Merli y X. Déglise. 1996. Analysis of the natural and artificial weathering of a wood coating by measurement of the glass transition temperature. Horlzforschung 503:882-287.

Rouger, F. 1993. Eurocode 5: Le calcul des structures en bois a l'heure européenne. Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, París. CTBA Info. No. 45.

Roux, M. L. 1996a. IUFRO: Une premiere pour la finition. Centre Tecnique du Bois et de l'Ameublement. París. CTBA Info. No. 58:16-19

Roux, M. L. 1996b. Finitions exterieures: Les axes de recherche en France. Centre Technique du Bois et de l"Ameublement, París. CTBA Info. No. 58:20-22.

Sandermann, W. 1988. Die Kulturgeschichte des Papiers. Springer Verlag, Nueva York. 202 p.

Tiemann, H.D. 1942. Wood Technology, lst Ed. Pitman. Nueva York.

Zerbe, J.I., J.L. Whitmore, H.E. Wahlgren, J.F. Laudrie y K.A. Christopherson. 1980. Forestry activities and deforestation problems in developing countries. US Dept. of Agriculture. Madison, Wi. For. Prod. Lab. Report PASA No. AG/TAB-1080-10-78.