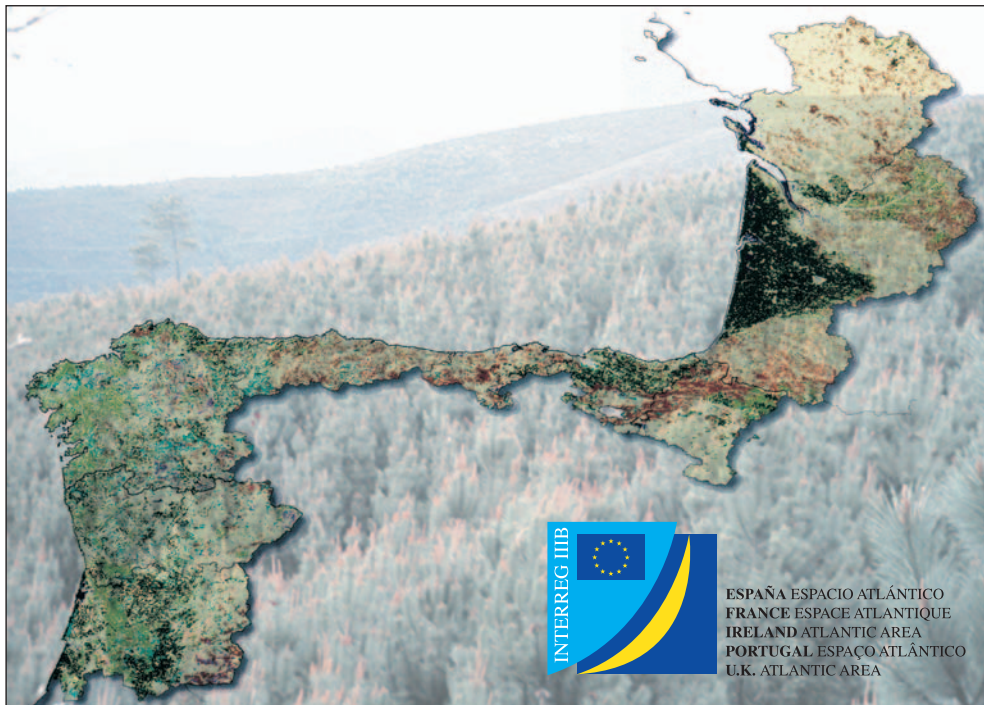


"ATLANWOOD" Proyecto de cooperación técnica para el desarrollo de las aplicaciones industriales de la madera de *Pinus pinaster*

✍️ **Fernando Sanz Infante**
Gonzalo Piñeiro Veiras
Área de Innovación y Tecnología. CIS-Madera



Fuente: Atlas Forestal del Arco Atlántico Sur

El proyecto "ATLANWOOD" pretende fundamentalmente realizar una integración de conocimientos técnicos relativos a la transformación industrial de la madera de *Pinus pinaster*, especie que constituye el principal recurso forestal del sur de Europa. Esta iniciativa culminará en el año 2006 con la edición de una publicación y otras acciones divulgativas. El proyecto está liderado por el Cluster de la Madera de Galicia, y cuenta con la participación de la Associação das Industrias de Madeira e Mobiliario de Portugal (AIMMP), la Federation des Industries du Bois d'Aquitaine (FIBA), el Centro Tecnológico das Industrias da Madeira de Portugal (CTIMM), el Centre Technique du Bois et Ameublement de Francia (CTBA) y el Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera de Galicia (CIS-MADERA).

Este proyecto nace en el marco del Programa Comunitario Interreg III-B "Espacio Atlántico" 2000-2006 del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, para favorecer la cooperación transnacional en el desarrollo de la industria transformadora de la madera de *Pinus pinaster*.

EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PINO PINASTER EN AQUITANIA, NORTE DE PORTUGAL Y GALICIA

La evolución histórica de las plantaciones de pino pinaster sigue un cierto paralelismo en las tres regiones, al haberse desarrollado fundamentalmente a partir de la segunda mitad del siglo XIX.

En el caso de Galicia, la distribución natural de esta especie parece vinculada a arenales costeros, con una presencia muy reducida y puntual en su origen. En el siglo XVIII esta especie comenzó a ser utilizada de forma significativa, en repoblaciones realizadas por campesinos con semillas procedentes de Portugal. Posteriormente, tras una etapa de deforestación producida en la primera mitad del siglo XIX, como consecuencia de la intensificación de los usos agrícolas y ganaderos del suelo (en 1850 se estima que las masas de pino pinaster no superaban las 20.000 hectáreas), en la segunda mitad del siglo XIX se realizaron campañas de promoción oficial que consiguieron expandir los pinares en terrenos privados. Asimismo, el alza de los precios de la madera, producido de forma constante y notable a partir de 1890, contribuyó a propiciar este desarrollo. Finalmente, en el siglo XX, a partir de los años 40, como resultado de un programa de repoblaciones masivo emprendido por la administración, se dió el impulso definitivo a la implantación del pino pinaster en Galicia. En este periodo, en 35 años se repobló más del 9% de la superficie total de Galicia, viéndose afectados sobre todo terrenos vecinales.

En Portugal, pese a que durante los siglos XVII y XVIII se promulgaron leyes de fomento y protección forestal, como consecuencia de la expansión de los cultivos agrícolas y la importación de maderas de Brasil, a mediados del siglo XVIII se alcanzó el mayor nivel de deforestación del país. La creación del Servicio Forestal, en el año 1886, marcó un giro radical en la estrategia de la administración pública, al comenzarse a desarrollar políticas de fomento forestal en el interior montañoso de Portugal. De esta forma, especialmente con el Plan de Repoblación Forestal de 1938, se promovió una gran expansión del pino pinaster. Las características de esta especie, y su capacidad de adaptación a terrenos degradados por un uso intensivo realizado durante siglos, hicieron que fuera utilizada de forma masiva para reforestar dunas litorales y sierras interiores desprovistas de vegetación arbórea.

Vestigios correspondientes al final de la era glaciár, ponen de manifiesto que el pino pinaster es también autóctono de la región de Aquitania. Al parecer, en su distribución original esta especie ocupaba tan sólo los terrenos menos sujetos a encharcamiento. En este sentido, hay que tener en cuenta que las características del suelo en Aquitania, con presencia frecuen-



te de capas poco permeables, facilita la acumulación de agua en la superficie de grandes extensiones de terreno.

De forma análoga a las otras dos regiones consideradas, la evolución de las masas forestales de pino pinaster está fuertemente influenciada por la acción del hombre. Por un lado, el dominio de las técnicas de estabilización de dunas, logrado a finales del siglo XVIII, permitió el desarrollo de las masas costeras de pino pinaster. Asimismo, el desarrollo de una red de colectores de saneamiento, durante la primera mitad del siglo XIX, consiguió evitar el encharcamiento de una gran superficie, que pudo ser ocupada por plantaciones. Estos terrenos anteriormente sólo eran aptos para un uso de tipo ganadero.

En 1857 se promulgó una ley que obligaba a los ayuntamientos, bien a repoblar los terrenos municipales, o bien a vender estos terrenos a inversores privados. Este hecho, unido a la creciente demanda de productos forestales (resina y madera utilizada en explotaciones mineras en una primera etapa, y madera de aserrío después) hizo que se produjera un gran desarrollo de las masas forestales a partir de la segunda mitad del siglo XIX.

Por último, ya en el siglo XX, cabe destacar que en los años 60 se comenzó a generalizar la aplicación de nuevas técnicas de preparación de suelos, selección de semilla, y tratamientos selvícolas. Como con-

secuencia de estas mejoras, la productividad se incrementó desde una media de 4 metros cúbicos por hectárea y año en 1960, hasta alcanzar unos 10 metros cúbicos por hectárea y año en 1999.

DISTRIBUCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MASAS FORESTALES

El pino pinaster se distribuye de forma natural por el sur de europa y el norte de áfrica, en torno al mediterráneo y en la zona de influencia atlántica. Además, esta especie ha sido introducida en otros países como Australia, Chile y Sudáfrica, debido principalmente a su facilidad de implantación en terrenos pobres y degradados, y a sus buenas capacidades de crecimiento.

País	Hectáreas
España	1.504.971
Francia	1.297.180
Portugal	976.069
Marruecos	46.552
Italia	123.000
Turquía y Grecia	20.000
Túnez	38.111
Subtotal área de distribución natural:	4.005.883
Australia	50.000
África del Sur	40.000
Nueva Zelanda	4.000
Chile	100.000
Argentina	3.000
Uruguay	3.000
Subtotal plantaciones en el hemisferio sur:	200.000
TOTAL	4.205.883

Fuente: Luc Rauscent, 1999 y elaboración propia.

Tabla 1: Distribución mundial del pino pinaster.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, Francia, España y Portugal reúnen cerca del 90% de la superficie ocupada por esta especie. Las regiones de Aquitania en Francia, norte y centro de Portugal, y Galicia concentran la producción de madera en rollo.

Estas tres zonas disponen en su conjunto de más de 7 millones de hectáreas de superficie forestal, que están ocupadas principalmente por pino pinaster (tabla 2). La región de Aquitania presenta una gran concentración de esta especie, al representar sus masas más del 50% de la superficie forestal. En los distritos de Las Landas y Gironde se alcanzan niveles del 84% y 75% respectivamente.

La producción anual de pino pinaster se estima en unos 16 millones de m³. Esta cifra equivale al 60% de las cortas totales de madera realizadas en las tres

regiones, superando el nivel de producción anual de madera en rollo correspondiente a toda España actualmente.

Región	Superficie forestal (ha)	Superficie ocupada por el pino marítimo (ha)	Porcentaje sobre la superficie forestal
Galicia	2.039.574	467.351*	23%
Portugal	3.349.327	976.069	29%
Aquitania	1.796.918	921.805	51%
Total región	7.185.819	2.365.225	33%

* Corresponde a formaciones forestales dominantes de Pinus pinaster.

Tabla 2: Distribución de la superficie forestal.

Las existencias de madera de esta especie suman más de 300 millones de metros cúbicos, que equivalen al 54% de las existencias totales del área considerada. La región con mayores existencias es Aquitania, concentrándose en los distritos de Las Landas y Gironde.

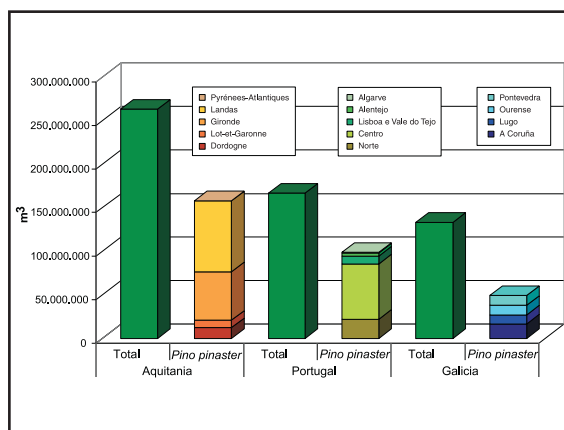


Gráfico 1: Existencias totales de madera en pie y distribución de existencias de pino pinaster por distritos o provincias.

Evolución del pino marítimo en Galicia

El análisis de los datos de los dos últimos inventarios forestales, entre los que transcurren aproximadamente 11 años (1987-1998), pone de manifiesto un crecimiento del 34% de la superficie forestal arbolada de Galicia. En el caso del pino pinaster, la superficie aumenta ligeramente en masas puras (+5%), incrementándose en unas 12.000 hectáreas. En el mismo periodo, las masas mixtas de pinos (pinaster, radiata y silvestre) aumentan en 45.000 hectáreas (+57%). Asimismo, cabe destacar un incremento de 138.500 hectáreas en la superficie ocupada por eucaliptares.

Con respecto a las existencias totales de pino pinaster, los datos del último inventario indican un volumen de 49 millones de m³ con corteza (incremento del 8%). El análisis de las existencias por grupos de clases diamétricas, permite comprobar un descenso de las clases diamétricas inferiores a 35 cm (-17%), aumentando por el contrario las clases diamétricas superiores (+55%).

Evolución del pino marítimo en Portugal

Del análisis de los últimos inventarios, se desprende que desde los años 80 se han producido alteraciones estructurales importantes en las masas forestales.

La presencia de pino pinaster, tradicionalmente la especie más representada en Portugal, está siendo reducida por los incendios forestales y la implantación del eucalipto. Así, entre los años 1982 y 1995, esta especie ha disminuido su superficie en un 22% (-276.000 ha).

Por el contrario, los terrenos ocupados por eucalipto han aumentado en un 74% (+286.000 ha). Esta expansión del eucalipto, especie de muy rápido crecimiento, continúa actualmente y no se espera que cambie en los próximos años.

En lo que respecta a las existencias por clases de edad, en el caso de masas puras, se puede comprobar una disminución drástica de la clase de edad de 20 a 39 años, entre los años 1983 a 1998 (año de la última revisión del IFN). En cambio, en la clase de edad superior (>60 años) se produce un notable incremento de las existencias.

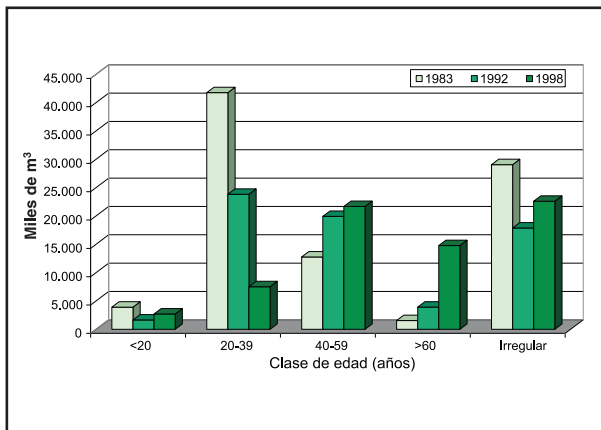


Gráfico 2: Evolución de las existencias de pino pinaster en Portugal por clase de edad.

La disminución masiva de existencias en la clase de edad de 20-39 años, se puede explicar por la incidencia de los incendios forestales y por el aumento del consumo de esta madera, siendo superiores las cortas a la tasa de crecimiento o posibilidad de corta. Asimismo, el aumento en las clases de edad superiores

indica un envejecimiento progresivo de las masas, lo que puede traer como consecuencia una reducción del potencial de regeneración y producción a medio y largo plazo. Finalmente, cabe destacar que el efecto negativo de los incendios fue especialmente acusado en el año 2003, al afectar a unas 283.000 ha. de arbolado.

Evolución del pino marítimo en Aquitania

La superficie forestal de Aquitania se ha multiplicado por 2,5 en un siglo (1861-1961), debido principalmente a la repoblación con pino pinaster de las zonas interiores utilizadas tradicionalmente para el pastoreo. Entre 1861 y 1979 la superficie forestal aumentó de forma constante, pese a la incidencia de factores como los grandes incendios producidos entre los años 1940 y 1950. Después de la segunda guerra mundial la superficie forestal total se estabilizó, principalmente en los distritos de Gironde, Landas, y Lot et Garone que reúnen 1,2 millones de hectáreas (gráfico 3).

Los datos del último inventario (IFN 1998/2000) indican unas existencias totales de madera de 151 millones de m³, de los cuales el 92% corresponden a pino pinaster. En los 20 años transcurridos desde el inventario del año 1976/1979, el pino marítimo incrementó sus existencias en unos 28 millones de m³, hasta alcanzar 138 millones (crecimiento del 25%).

Por último, la actualización de estos datos, tras el gran temporal sufrido en diciembre del año 1999, refleja una disminución de las existencias de pino pinaster de 27 millones de m³, equivalentes a la producción correspondiente a un periodo de 2,7 años.

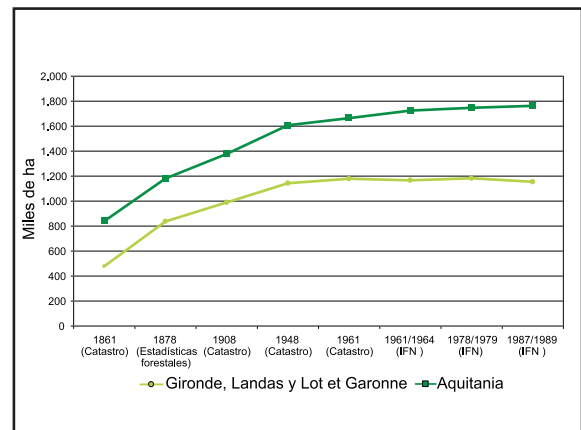


Gráfico 3: Evolución de la superficie forestal en Aquitania.

LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACIÓN DEL PINO PINASTER

Conjuntamente, la contribución de la industria forestal al PIB de las 3 áreas consideradas (Aquitania, Galicia y Portugal) representa el 4% del total, alcanzando una cifra cercana a los 10.000 millones de euros. Las regio-

nes en las que la industria forestal supone una mayor contribución son Galicia, con el 6,5%, y Aquitania con el 5%.

En las tres regiones, el sector de transformación del pino pinaster se basa en una fuerte industria de primera transformación. En el caso de Galicia, junto al sector de aserrado, cabe destacar la importancia del sector del tablero, especialmente en la fabricación de tableros de partículas y MDF. El otro sector de gran consumo de madera de pino pinaster es la industria de pasta de celulosa, cuyas plantas se localizan en la región de Aquitania. En las regiones de Galicia y Portugal, esta industria basa su producción de forma casi exclusiva en la madera de eucalipto.

El sector de aserrado constituye la principal industria de transformación del pino pinaster, atendiendo al consumo de materia prima. Anualmente, se procesan alrededor de 10 millones de metros cúbicos, equivalentes al 69% de toda la madera industrial de pino pinaster generada conjuntamente en Aquitania, Portugal y Galicia.

Tomando como referencia los últimos datos disponibles, se estima que existen 1.476 empresas de aserrado repartidas del siguiente modo: 732 en Portugal, 274 en Aquitania y 470 en Galicia. El consumo anual de madera en rollo se distribuye entre: 2,2 millones de m³ en Portugal, 5,9 millones de m³ en Aquitania, y 1,7 millones de m³ en Galicia. El pino pinaster es la principal materia prima de esta industria, al suponer la mayor parte del consumo total de madera en el caso de Aquitania (93%) y Galicia (63%). En conjunto se estima en 17.200 el número de personas empleadas en este sector en las 3 regiones consideradas.

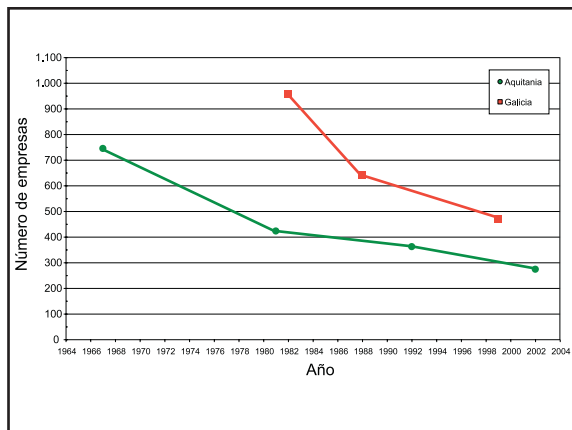


Gráfico 4: Evolución del número de aserraderos en Galicia y Aquitania.

Especialmente en el caso de Galicia y Portugal, la industria de aserrado se caracteriza por la presencia de un gran número de unidades productivas de pequeña dimensión, que encuentran crecientes dificultades

para abastecerse regularmente en cantidad y calidad adecuadas. Esta situación ha propiciado una cierta reestructuración del sector, incrementándose de forma progresiva la capacidad productiva media de las instalaciones.

En la región de Aquitania, existe una importante proporción de empresas que integran en su actividad operaciones de explotación forestal (75%) y de segunda transformación (40%).

Con respecto a las aplicaciones de la madera aserrada, también existen datos que ponen de manifiesto un diferente aprovechamiento de los recursos en las tres regiones consideradas. En el caso de Galicia, el 78 % de la producción de madera aserrada se destina a construcción y carpintería (principalmente en elementos auxiliares como andamiajes, encofrados, etc.). Asimismo existe un 19% de madera utilizada en la fabricación de envases y embalajes. Tanto en Aquitania como en Portugal, existe una producción más diversificada, con niveles de consumo significativos en aplicaciones como mobiliario o elementos de construcción y carpintería (tarimas, frisos, etc.).

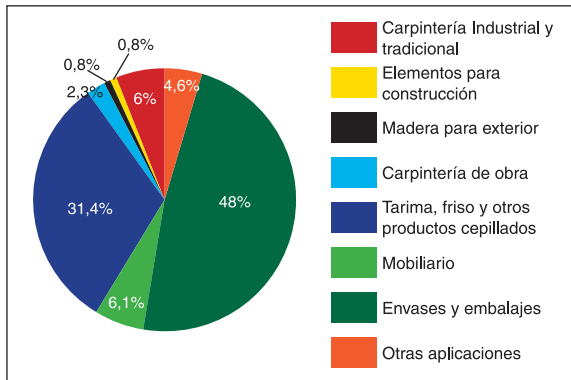


Gráfico 5: Porcentaje de consumo de pino pinaster por subsectores en Aquitania.

Como se puede apreciar en el gráfico anterior, en Aquitania, la producción de tarima, friso y otros productos cepillados alcanza un porcentaje muy significativo (31,4%). Asimismo, destaca la producción de envases y embalajes con un 48%.

Por último, cabe añadir que la industria de aserrado, genera además un volumen importante de subproductos y residuos, que son utilizados en gran parte como materia prima de las industrias de fabricación de tableros derivados de la madera y pasta de celulosa.

ENTORNO SECTORIAL E INTRODUCCIÓN AL PROYECTO "ATLANWOOD"

El mercado internacional de madera aserrada de coníferas está viéndose influenciado de forma creciente por el fenómeno de la globalización mundial de la econo-

mía. Así, mercados que tradicionalmente han evolucionado con una cierta autonomía, en un marco geográfico relativamente reducido, están viéndose afectados por la influencia del comercio internacional, que tiende a crecer de forma continua, tanto en términos absolutos como en el tamaño medio de las operaciones. Este hecho se ve favorecido por la configuración de grandes grupos empresariales que, con influencia en sectores diversos de la industria forestal, obtienen ventajas competitivas derivadas de las interacciones de mercados de diferentes productos, desarrollados a partir de una materia prima común.

Asimismo, actualmente, vienen produciéndose otros hechos que contribuyen a crear una situación de cambio en el escenario internacional. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- Se está produciendo un espectacular crecimiento del comercio de productos semielaborados y componentes.
- La certificación como garantía de la sostenibilidad de la gestión forestal tiende a convertirse en una necesidad ineludible.
- El papel de países como China, cuya capacidad de transformación de productos derivados de la madera está creciendo considerablemente; o la recuperación de la producción de madera en Rusia, son factores muy importantes por su gran capacidad de influencia sobre la evolución global del mercado.
- Los procesos de integración económica regional (UE, NAFTA, MERCOSUR, ASIA-PACÍFICO) están estimulando los intercambios regionales.
- El papel del marketing estratégico, como eje fundamental de la actividad empresarial, está adquiriendo una importancia primordial, por encima de la organización de la producción y/o la disponibilidad de materia prima.
- Teniendo en cuenta la magnitud de las repoblaciones realizadas durante las últimas décadas, especialmente en el hemisferio sur, la madera procedente de bosques cultivados va a adquirir un indudable protagonismo en el futuro.

A lo anterior, cabe añadir la presión ejercida por materiales sustitutivos de la madera, que están ganando cuota de mercado en algunas aplicaciones.

Ante esta situación, para garantizar en el futuro el mantenimiento de los niveles de competitividad actuales, la innovación se convierte en una necesidad inexorable. En este sentido, especialmente en el caso de las medianas y pequeñas empresas, esta capacidad de innovación debe basarse en aplicar cambios que permitan responder con agilidad a las necesidades de los clientes (que no siempre se expresan claramente) más



Fuente: Cerne.

que en el desarrollo de “grandes ideas rupturistas” de carácter técnico.

En este contexto, el proyecto “ATLANWOOD” pretende promover una mayor cooperación entre 3 regiones (Aquitania, Norte y Centro de Portugal y Galicia) que comparten como rasgo común una importante proporción de superficie forestal, que está mayoritariamente ocupada por la especie *Pinus pinaster subespecie atlántica*, constituyendo en su conjunto la principal área forestal del sur de Europa.

Entre las acciones contempladas en el proyecto destaca la realización de una publicación que pretende integrar el conocimiento existente sobre la transformación industrial de la madera de pino pinaster, en aquellos aspectos de mayor interés desde el punto de vista práctico. Esta publicación se viene desarrollando mediante la colaboración de los centros tecnológicos y las asociaciones empresariales que participan en el proyecto.

Entre otros aspectos, se incluirá información sobre la caracterización y propiedades de la materia prima, el estado del arte de los procesos básicos de transformación, así como tecnologías innovadoras de tratamiento o aplicaciones emergentes. En definitiva, se pretende poner en común información técnica actualizada y completa, integrando los conocimientos y experiencias existentes en torno a la madera de pino pinaster.

A continuación se incluye, de forma muy sintética, una referencia sobre alguno de los aspectos que serán desarrollados en la publicación final de los resultados de este proyecto. Junto a esta publicación, está previsto desarrollar otras acciones divulgativas (varios seminarios y un portal de internet). Asimismo, se contempla la elaboración de un directorio de empresas conjunto orientado a fomentar los intercambios comerciales en la zona del Arco Atlántico.

CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE MADERA EN ROLLO

Durante los últimos años, una parte importante de la industria de aserrado ha implantado líneas de producción específicas muy automatizadas, que permiten obtener una gran productividad y un buen rendimiento de materia prima. Para conseguir un buen funcionamiento de este tipo de líneas de fabricación, es esencial que la materia prima disponga de requerimientos de calidad y dimensiones uniformes, adecuados para la fabricación de cada tipo de producto.

Asimismo, los avances realizados en los sistemas automáticos de clasificación, tanto en las nuevas procesadoras forestales como en los parques de madera, permite a las empresas realizar un control mucho más riguroso de la calidad de la madera en rollo.

Para la clasificación de la madera en rollo de pino pinaster existen unas reglas nacionales admitidas por el sector profesional en Francia. Actualmente se ha presentado un documento de norma, que agrupa los requerimientos tanto para la madera de trituración como para la madera de sierra (destinada también a la fabricación de chapa y tableros contrachapados). En el caso de la madera de sierra, se diferencian cuatro calidades (A, B, C y D de mayor a menor calidad) y un rango de clases diamétricas.

De este modo, se facilitan las transacciones comerciales al existir una referencia normalizada reconocida por todos los agentes, con independencia de los requerimientos específicos fijados por cada comprador.

	MADERA DE SIERRA	MADERA DE TRITURACIÓN
Dimensiones (valores mínimos sin corteza)		
Longitud mínima:	2 metros	1 metro
Diámetro mínimo en punta delgada:	Calidad A & B 25 cm Calidad C 20 cm Calidad D 14 cm	6 cm
Clases diamétricas (medición en la punta delgada):	Clase D1: 6 a 19 cm Clase D2a: 20 a 24 cm Clase D2b: 25 a 29 cm	Clase D3: 30 a 39 cm Clase D4: 40 a 49 cm Clase D5: 50 cm y más
Singularidades de la forma del tronco		
Curvaturas		
Simple (medida sobre un plano)	Admitida, pero limitada a 2cm/m para la calidad B	Sin limitación
Compuesta (medida sobre 2 planos)	Admitida, pero limitada a: 1cm/m para la calidad A 2cm/m para las demás calidades	Sin limitación
Conicidad		
Normal ($\leq 5\%$ del diámetro)	Admitida en todas las calidades	Admitida
Normal ($> 5\%$ del diámetro)	Admitida en todas las calidades	Admitida
Singularidades de estructura		
Nudo descubierto, sano y adherente	Calidad A: no admisible Calidad B: hasta 40 mm	Calidad C: hasta 40 mm Calidad D: superior a 40 mm
Nudo descubierto, sano y no adherente	Calidad A: no admisible Calidad B: no admisible	Calidad C: hasta 40 mm Calidad D: superior a 40 mm
Nudo descubierto, podrido	Admisible sólo en la calidad D	
Nudo cubierto	Calidad A: no admisible Calidad B: admitido con tolerancia en longitud de hasta 1,5 m entre verticilos.	Calidad C y D: admisible sin limitación
Entrecasco	Admisible sólo en la calidad D sin limitación	
Fendas de testa	Admisible sólo en la calidad D sin limitación	
Acebolladuras	No admisible	
Fendas de abatimiento	A sanear	
Fendas de rayo	Admisible en calidad D	

CLASIFICACIÓN ESTRUCTURAL DE LA MADERA DE PINO PINASTER

La madera, a diferencia de otros materiales utilizados en estructuras como el acero o el hormigón, es un material natural y renovable, que puede presentar una gran variabilidad en sus propiedades debido no sólo al tipo de especie de madera, sino también a otros aspectos de carácter coyuntural.

Como consecuencia, se hace necesario desarrollar una serie de sistemas de clasificación que permitan asignar a cada especie de madera y zona de procedencia, unas propiedades o características resistentes. Actualmente existen dos sistemas de clasificación estructural de la madera aserrada:

Clasificación visual

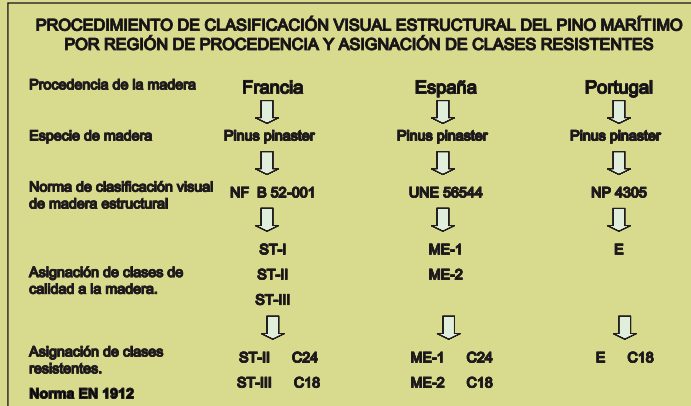
Este sistema consiste en realizar una clasificación por calidad de la madera en función de una serie de aspectos y singularidades como son la presencia de nudos y la desviación de la fibra. Para ello se desarrollan unas normas que (para cada tipo de especie o grupo de especies, y para cada procedencia) establecen unos criterios de clasificación.

La norma UNE 56544:2003 "Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas" fija el sistema de clasificación visual aplicable a la madera aserrada de uso estructural de las especies pino silvestre, pino laricio, pino insigne y pino pinaster de procedencia española. Esta norma establece dos calidades, ME-1 (madera estructural de primera) y ME-2 (madera estructural de segunda).

Tras haber realizado la clasificación por calidad de la madera, según la norma aplicable en función de la especie y su procedencia, la norma europea EN 1912 permite clasificarla, según sus propiedades mecánicas, en lo que se denomina una clase resistente.

La clase resistente se representa por una letra (C para coníferas y chopo y D para frondosas) seguida de un número que indica la resistencia característica a flexión, expresada en N/mm². Además, la clase resistente permite conocer otras características mecánicas, las propiedades de rigidez (módulos de elasticidad) y los valores de densidad (norma EN 338).

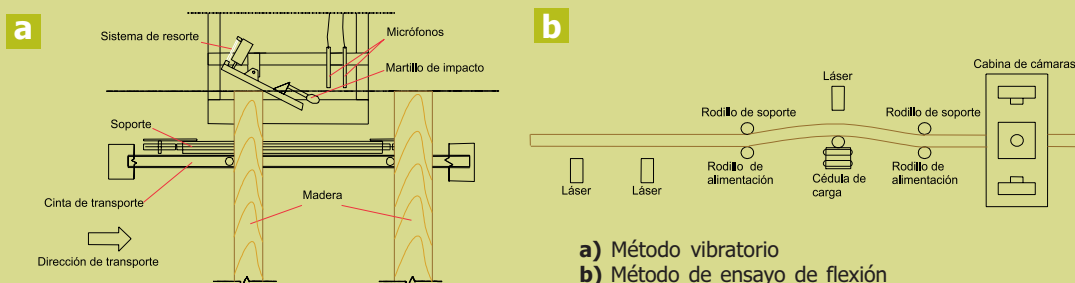
El sistema de clasificación más utilizado se basa en la realización de un ensayo de flexión en las piezas, sobre tramos de luz comprendidos entre 50 y 120 cm. Algunas máquinas aplican una carga constante y miden la deformación provocada, mientras que otras aplican una carga variable hasta conseguir una deformación predeterminada en la pieza. Actualmente, se han desarrollado otros tipos de máquinas basadas en métodos de vibración, microondas y ultrasonidos. Para mejorar la precisión de clasificación existe una tendencia a incorporar en las máquinas sistemas automáticos de medición de la densidad y de los nudos.



Clasificación automática

Estos sistemas se han desarrollado con el fin de mejorar la precisión del sistema de clasificación visual, de forma que las clases resistentes asignadas a la madera sean lo más próximas posibles a su resistencia real. Para ello una máquina realiza la medición de una determinada propiedad indicadora en la madera (normalmente el módulo de elasticidad). La correlación de esta propiedad, medida por el equipo, y las restantes propiedades mecánicas y físicas de la madera, permiten asignar a cada pieza su resistencia mecánica.

El sistema de clasificación más utilizado se basa en la realización de un ensayo de flexión en las piezas, sobre tramos de luz comprendidos entre 50 y 120 cm. Algunas máquinas aplican una carga constante y miden la deformación provocada, mientras que otras aplican una carga variable hasta conseguir una deformación predeterminada en la pieza. Actualmente, se han desarrollado otros tipos de máquinas basadas en métodos de vibración, microondas y ultrasonidos. Para mejorar la precisión de clasificación existe una tendencia a incorporar en las máquinas sistemas automáticos de medición de la densidad y de los nudos.



BOLSAS DE RESINA

Las bolsas de resina forman parte de las singularidades que pueden afectar de manera importante a la calidad de la madera aserrada de coníferas. En el caso del pino pinaster, este tipo de defectos se presenta en ocasiones de manera recurrente sin que las causas de este hecho sean bien conocidas. Algunos estudios realizados en Francia se han orientado a tratar de comprender los mecanismos fisiológicos que conducen a la aparición de estas bolsas, así como su relación con factores exógenos (clima o variaciones climáticas, silvicultura o aspectos biomecánicos) con posible influencia.

Los diferentes trabajos se han basado en la descripción de los distintos tipos de bolsas observadas, el análisis de información proveniente del proceso de aprovechamiento de varias plantaciones, así como el examen microscópico de bolsas de resina naturales e inducidas artificialmente.

Principalmente existen 3 tipos de bolsas. El tipo I se forma como una acebolladura interior que no afecta al crecimiento posterior del árbol. El tipo II corresponde a una reacción de cicatrización consecuencia de una herida que daña el cambium. El tipo III se produce como consecuencia de finas hendiduras longitudinales que se llenan de resina. El estudio de la geometría de las bolsas de tipo I y III (realizado mediante el desenrollado de las piezas) pone de manifiesto que las dimensiones son muy variables, con longitudes comprendidas entre 20 y 120 mm., anchuras de 10 a 50 mm y espesores que oscilan entre 1 y más de 12 mm. Al parecer existe una buena correlación entre la longitud y la anchura. Asimismo, el análisis de la relación entre la altura y la presencia de bolsas (realizado considerando las 3 primeras trozas en 5 procedencias diferentes) pone de manifiesto que la madera situada a menor altura es más sensible a aparición de este fenómeno.

Categoría	Al menos una bolsa	Al menos tres bolsas
1ª troza	47-57%	14-19%
2ª troza	26-35%	0-15%
3ª troza	8-24%	0-4%

Un estudio realizado por C. Perlin (1993) analizó, sobre madera de varias procedencias, la evolución de la presencia de bolsas de resina, y posible relación con las variaciones climáticas (temperatura y pluviometría) registradas en el periodo comprendido entre 1962 y 1992, sin que se encontrara ninguna relación clara entre una eventual sequía estival y la inducción de bolsas. Por el contrario, se apunta a que parece probable que la acción del viento (árboles inclinados), o la reactivación del crecimiento secundario (por ejemplo como consecuencia de una clara fuerte), puedan constituir factores de desestabilización susceptibles de generar lesiones internas.

Por último, como referencia sobre el origen de este fenómeno, cabe mencionar que algunos estudios realizados mediante microscopía electrónica y otras técnicas experimentales, relacionan una liberación anormal de etileno (que se presenta habitualmente en asociación con otras hormonas vegetales) con una proliferación anárquica del cambium celular, que puede dar origen a la aparición de bolsas de resina.

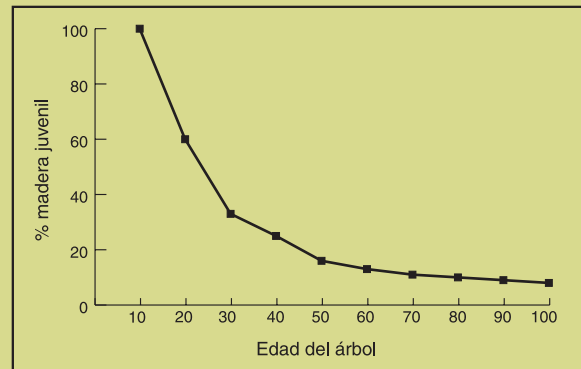


MADERA JUVENIL Y MEJORA GENÉTICA

Los programas de mejora genética, combinados con una selvicultura intensiva, han permitido incrementar de manera notable la productividad forestal. Por ejemplo, refiriéndonos al pino pinaster, en Aquitania, en los últimos 40 años, se ha conseguido prácticamente duplicar la productividad de los montes. Esta tendencia se prevé pueda proseguir hasta alcanzar una productividad de unos 15 m³ por hectárea y año en el año 2030, reduciendo de 60 a 35 años la duración de los ciclos de rotación. Sin embargo, como consecuencia de la reducción de los ciclos de rotación, se produce un incremento de la proporción de madera juvenil. La gráfica que figura a continuación proporciona una referencia sobre la relación entre la proporción de madera juvenil y la edad de corta del árbol (*Pinus taeda*).

La madera juvenil es la generada por los árboles en los primeros años de vida (en coníferas afecta desde los 5 a los 20 primeros anillos de crecimiento dependiendo de factores genéticos) como consecuencia del efecto inhibitor producido por un determinado tipo de hormonas (auxinas).

La estructura anatómica de este tipo de madera se caracteriza por estar formada por fibras más cortas, con menor contenido celular y paredes más delgadas. Asimismo, se presenta de forma irregular una mayor proporción de madera de reacción y fibra desviada. Como consecuencia, la madera es más nerviosa y presenta propiedades mecánicas inferiores, así como características diferentes desde el punto de vista de su aprovechamiento pastero-papelero. En el caso de su uso como madera sólida, todo ello implica consecuencias negativas desde el punto de vista del proceso de transformación (distorsiones en el secado, problemas de calidad en el corte de la chapa, etc.) y su puesta en servicio (comportamiento anómalo, menor resistencia, menor estabilidad dimensional, etc).



Proporción de madera juvenil en función de la edad de corta del árbol (evaluado a 1,80 metros de altura sobre *Pinus taeda*). BENDTSEN y SENFT (1986).

	Anillos 2-3	Anillos 5-7	Anillos 9-13	Pino marítimo 89/91
Densidad	0,36	0,38	0,42	0,47
Contracción radial %	3	-	4	} Rv 9,7
Contracción tangencial %	6,7	-	8	
Contracción longitudinal %	0,15	-	-0,05	
Dureza (MPa)	9	10,7	13,5	-
MOE (MPa)	4200	6600	-	12100

Variación de las propiedades en sentido radial, en comparación con los valores medios correspondientes a la madera de pino pinaster. DUMAIL 1995, DUMAIL et CASTERA 1997, DUMAIL et al 1998, ALTEYRAC 1998.

Con el fin de tratar de resolver esta contradicción entre los aspectos cualitativos y cuantitativos implicados, se han emprendido líneas de investigación orientadas a mejorar la calidad intrínseca de la madera, de acuerdo con los procesos de transformación a los que vaya a ser sometida. Teniendo en cuenta que la calidad de la madera depende de parámetros diferentes dependiendo de su uso (fundamentalmente rendimiento y características de las fibras por un lado, y contracción y propiedades mecánicas por otro) éste es un trabajo complejo, en el que la caracterización genética de la variabilidad del recurso, y la comprensión de los mecanismos celulares implicados en la formación de la madera son aspectos fundamentales a considerar. De cualquier modo, el conocimiento de la proporción de madera juvenil procesada y su influencia sobre las características del producto fabricado, constituye un aspecto importante para garantizar el rendimiento del proceso y/o la calidad del producto final.

SCANNERS

La aplicación de los scanners y la informática al proceso de producción, ha sido integrada en todos los procesos de valorización de la madera, con diversos grados de perfeccionamiento según el tipo y dimensión de la empresa. La elección de la tecnología a emplear está condicionada principalmente por el problema a resolver, la cadencia de producción y los costes de inversión.

Habitualmente se utilizan dos sistemas de medición:

- Medición por haces luminosos: Este sistema consiste en pasar las trozas entre los haces de 2 fuentes luminosas y de medir las zonas de sombra dejada sobre los sensores.
- Red de rayos infrarrojos: El principio consiste en pasar las trozas por el haz de rayos emitidas paralelamente de un emisor a un receptor. Su interrupción se corresponde con el diámetro de la pieza con una exactitud que depende de la separación retenida entre cada sección.

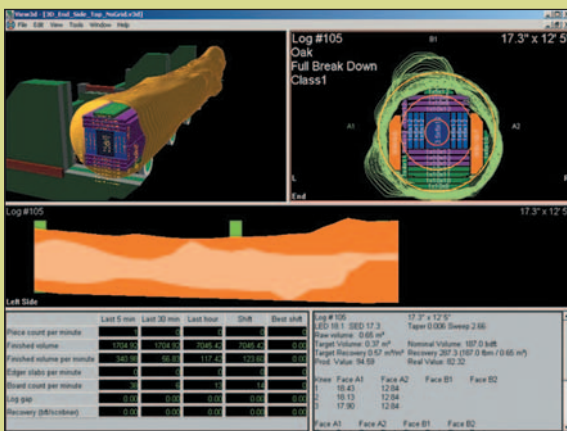
Cualquiera que sea el sistema utilizado, es indispensable que el movimiento de las trozas se realice con un sistema estable con el fin de que las mediciones sean fiables. Los datos recogidos por estos sistemas son procesados en todos los casos por un ordenador.

Los scanners son susceptibles de utilización en los aserraderos para las siguientes operaciones:

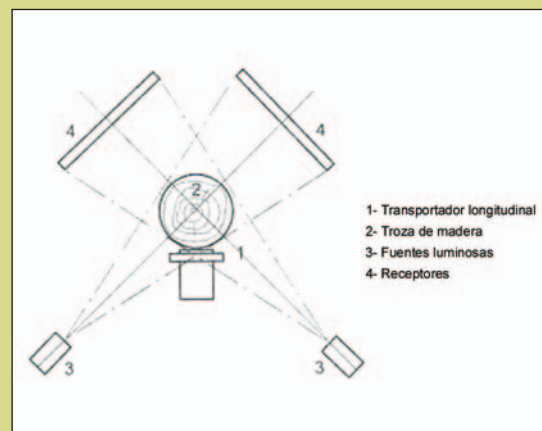
- Parque de madera en tronco:
 - Cubicación de los troncos.
 - Clasificación de los troncos para la optimización del proceso de aserrado (medición de diámetros, curvatura, conicidad, ...).
- Proceso de aserrado:
 - Optimización del corte en función de las características morfológicas de cada tronco.
 - Optimización del canteado-reaserrado.
 - Clasificación dimensional de la madera aserrada.

En el caso de la optimización del corte para determinar la forma de la madera, caracterizando las curvaturas y la conicidad, se realizan medidas continuas del diámetro según dos ejes perpendiculares. Los datos obtenidos de la madera clasificada permiten seleccionar el despiece más adecuado en función de los productos a producir, consiguiendo además grandes cadencias de producción (del orden de 20 piezas/minuto). A veces estos sistemas de optimización se instalan a la entrada de la línea de aserrado con el fin de facilitar la toma de decisiones por parte del operario, si bien en este caso la cadencia de producción se reduce sensiblemente.

Los nuevos avances en este campo se centran en el desarrollo de nuevos scanners, basados en el uso de rayos-X, que permitan clasificar la madera en tronco por su calidad, al detectar la presencia de singularidades internas como nudos, madera de reacción, albura/duramen, etc. En el caso de la madera aserrada los avances se dirigen al desarrollo de scanner de detección de singularidades en la madera que permitan la clasificación automática por aspecto en tiempo real y en línea. En este sentido, se están desarrollando equipos ópticos basados en rayos láser que mediante el análisis matemático de las imágenes captadas por una cámara CCD, permite diferenciar los defectos de la madera e incluso la madera de reacción.



Cubicación y optimización aplicado a un equipo con carro portatroncos. **Fuente:** www.usnr.com



Sistema de medición por haces luminosos.

UNA TECNOLOGÍA INNOVADORA: EL ENCOLADO DE MADERA VERDE.

Las uniones dentadas, con los procesos convencionales, sólo pueden ser realizadas correctamente contando con madera a una humedad inferior al 16%. Esto implica la necesidad de llevar a cabo un proceso de secado, al que sigue el saneado y optimización de la madera. El encolado de madera verde permite invertir esta secuencia de operaciones, pudiéndose unir eficazmente maderas con contenidos en humedad muy dispares.

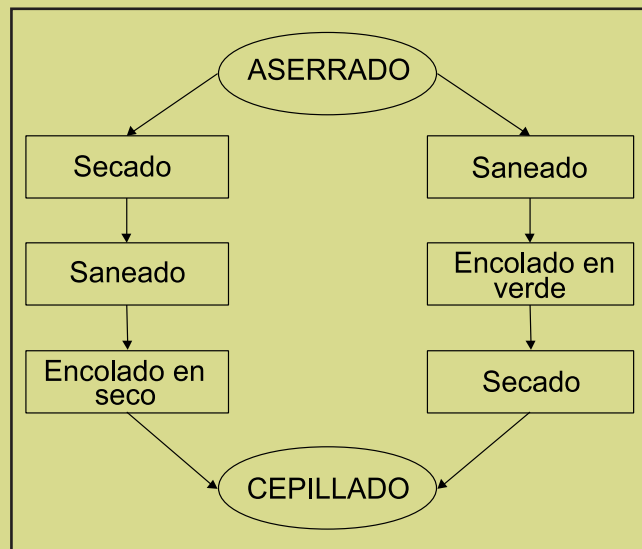
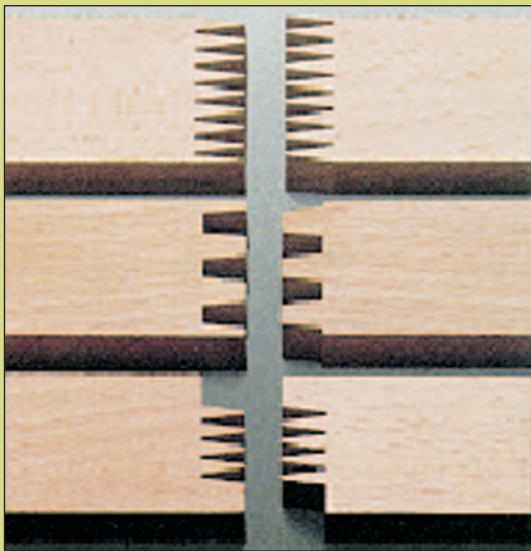
Esta posibilidad ha suscitado un gran interés en diversos países (Nueva Zelanda, Estados Unidos, Japón, Gran Bretaña, Bélgica y Países Escandinavos). Las líneas de investigación desarrolladas para lograr adhesivos adecuados han sido diversas, desde isocianatos en fase acuosa (Japón) a resorcinas modificadas (Estados Unidos).

Las ventajas de este sistema son múltiples. Por un lado, el ahorro energético inherente al proceso de secado es muy importante (puede estimarse entre un 30 y un 50 %) al segregarse previamente la madera con defectos. Asimismo, desde el punto de vista de la organización de la producción y la gestión de stocks, existen indudables ventajas debidas a la mayor homogeneidad y estandarización obtenidos.

El proceso "Greenweld" desarrollado en Nueva Zelanda por el New Zealand Forest Research Institute comenzó a ser utilizado industrialmente en 1993. Posteriormente se han desarrollado nuevas instalaciones en Australia, el Reino Unido y Norteamérica (a partir de 1997). En Estados Unidos la organización "Western Wood Products Association" ha certificado ya el proceso aplicado por la empresa "Midway Engineered Wood Products" en la fabricación de diversos elementos estructurales.

En Francia existe un proyecto de investigación y desarrollo que ha sido impulsado por 3 laboratorios complementarios (Institut du Pin, LRBB y CTBA), un fabricante de adhesivos (Collano, SA) y un consorcio de 4 empresas de diferentes características en cuanto a los productos fabricados y las especies de madera utilizadas (*Pinus pinaster* entre otras). Este proyecto ha alcanzado resultados muy esperanzadores. Sin embargo, existen algunas cuestiones que deberán ser resueltas para que esta técnica pueda ser utilizada industrialmente de forma extensiva. Por un lado, debido a su toxicidad, el empleo de algunas formulaciones de adhesivos requiere de la aplicación de equipamientos específicos y precauciones especiales. Por otra parte, la normativa europea no contempla en la actualidad esta posibilidad (por ejemplo la norma EN 385 exige expresamente que la diferencia de humedad sea inferior al 5 %) siendo necesario llevar adelante un proceso de reconocimiento y revisión de la normativa que es largo y complejo.

No obstante, especialmente en el caso del pino pinaster, teniendo en cuenta que la utilización de esta especie en la construcción está limitada por la disponibilidad de materia prima de la calidad adecuada para la fabricación de elementos estructurales, esta técnica abre nuevas posibilidades muy interesantes.



NUEVAS TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO: MADERA MODIFICADA

Algunas de las nuevas tecnologías de tratamiento de la madera, en proceso de desarrollo, tienden a mejorar las propiedades del material (particularmente la durabilidad) evitando la adición de sustancias químicas tóxicas. Estos tratamientos pueden realizarse a través de la acción de determinados reactivos químicos, o mediante la aplicación de calor.

El proceso que ha alcanzado un mayor nivel de aplicación industrial en Europa, corresponde a los tratamientos térmicos. Esta técnica consiste básicamente en aplicar calor sobre la madera en una atmósfera inerte, a temperaturas superiores a los 170 °C, con el fin de alterar la estructura química de los componentes de la madera, alterando de este modo las propiedades del material. Las ventajas del tratamiento vienen dadas por las mejoras obtenidas en cuanto a su durabilidad, estabilidad dimensional, y aspecto estético, entre otras. Por el contrario, las propiedades mecánicas se ven afectadas negativamente, sobre todo en lo relativo a las características de resistencia a la flexión dinámica y módulo de rotura (MOR).

Los estudios realizados sobre madera termotratada han demostrado que se produce un importante incremento en la durabilidad natural, especialmente ante el ataque de hongos de pudrición parda. A pesar de ello, la durabilidad de la madera no es suficiente para ser utilizada en condiciones de contacto con el suelo (clase de riesgo 4).

Asimismo, se obtiene una mejora de la estabilidad del material. Tomando como referencia el ratio ASE que expresa como porcentaje la relación entre el cambio volumétrico de madera tratada y no tratada, ante condiciones de humedad equivalentes, se obtienen valores que oscilan entre el 10 y el 40%. Los factores que condicionan esta diferencia son la temperatura del tratamiento (los mejores resultados se obtienen a temperaturas altas), la especie y el tipo de madera considerada (radial o tangencial).

Las aplicaciones más comunes de la madera tratada térmicamente son revestimientos de exterior, muebles de jardín, pavimentos, así como elementos de carpintería y mobiliario. Dependiendo de la aplicación considerada, existe una clasificación que asocia el tipo de tratamiento adecuado (aplicado a mayor o menor temperatura) a la clase de riesgo de ataque biológico que corresponda.

En general, la madera a tratar debe ser de buena calidad. La presencia de nudos puede representar un problema debido a que el tratamiento tiende a hacerlos saltadizos. No obstante, la materia prima más comúnmente utilizada corresponde a madera de coníferas (pino especialmente y abeto en menor medida). Asimismo, otras especies de frondosas como el haya o el abedul también son procesadas y comercializadas de forma habitual.

Las especiales características de la madera termotratada hacen que deba utilizarse teniendo presente que posee una estructura más quebradiza y características higroscópicas diferentes a la madera normal. Esto implica que sea recomendable utilizar en las uniones tornillos de características especiales (paso de rosca mayor y cabeza ancha) y practicar un taladro previo. Asimismo, es conveniente utilizar colas de tipo resorcinol-fenol o poliuretano, en lugar de adhesivos que emplean una base acuosa en su formulación.

Entre las especies tratadas térmicamente en Francia se encuentra el pino pinaster. A continuación se muestran ejemplos de aplicaciones realizadas con esta especie.

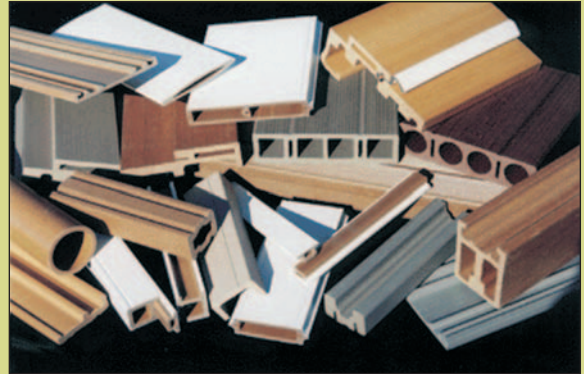


COMPOSITES MADERA-PLÁSTICO

Los composites madera-plástico (WPC) han sido utilizados en Estados Unidos durante muchos años en un amplio rango de aplicaciones. En la actualidad, los niveles de producción de este tipo de material están creciendo de manera muy notable, como consecuencia de sus ventajas técnicas y medioambientales. En Europa se ha suscitado un gran interés sobre este producto, aunque el número de plantas en funcionamiento es aún relativamente reducido.

Los composites madera-plástico están compuestos por una mezcla de partículas de madera de pequeño tamaño, que se encuentran dispersas en una matriz formada por un material termoplástico (polietileno, polipropileno, PVC, etc), que debe poseer una temperatura de fusión inferior a la temperatura de degradación de la madera (220-230 °C).

El proceso de fabricación incluye básicamente la preparación y mezcla de los componentes (partículas de madera, material termoplástico y aditivos) y la producción del perfil mediante procesos de extrusión y/o inyección. La primera fase puede realizarse de forma independiente, obteniéndose en este caso pellets que pueden ser utilizados posteriormente en la fabricación del producto final.



Fuente: Strandex Corp.

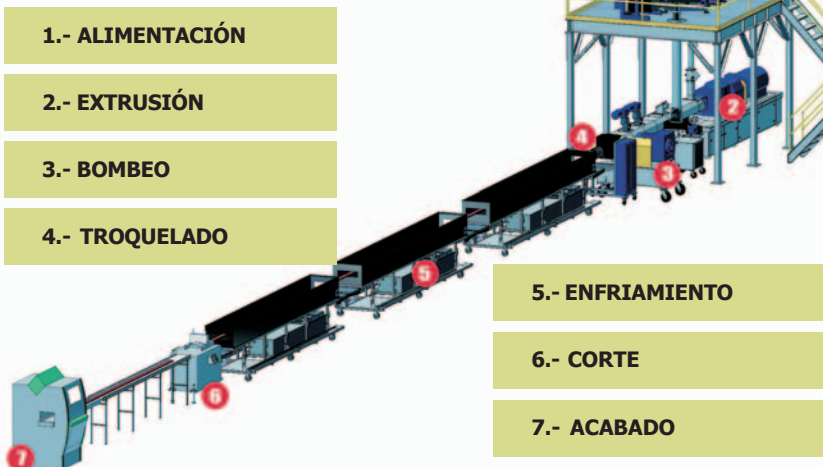
Las aplicaciones de este tipo de material se encuentran fundamentalmente en los materiales de construcción (75 % de la producción). También, en menor medida, se fabrican productos industriales (20 % del mercado) y de consumo (5%). Las principales aplicaciones son: elementos de exterior (pavimentos, balaustres, vallas,...) y componentes de carpintería (perfiles de puertas y ventanas).

Las ventajas de los composites madera-plástico vienen dadas por su excelente estabilidad dimensional y su durabilidad frente al ataque de hongos e insectos. Ambos aspectos hacen que su vida útil sea muy elevada, con unas necesidades de mantenimiento prácticamente inexistentes. Las características de carácter medioambiental del producto (ciclo de vida, aptitud al reciclaje, ...) también son rasgos importantes, especialmente en determinadas aplicaciones como los componentes de automoción.

Aunque lógicamente las cifras varían en función de un gran número de parámetros, algunas fuentes indican como valores de referencia costes de fabricación de unos 850 euros por tonelada de producto.

Los orígenes de la madera utilizada son habitualmente subproductos de la primera o segunda transformación de la madera. La limpieza del material (libre de colas, pinturas o barnices) es uno de los condicionantes prioritarios.

Línea de Fabricación de composites madera-plástico.



Fuente: Entek Extruders

MARKETING DEL PINO PINASTER

Un estudio realizado en Portugal, basado en información facilitada por empresas de aserrado, pone de manifiesto que las inversiones en marketing son prácticamente nulas. En Galicia, aunque no existen datos objetivos, puede afirmarse que la situación es semejante a la descrita en Portugal.

El ejemplo de Aquitania pone de manifiesto las ventajas que puede reportar el desarrollo de acciones colectivas bien concebidas y bien ejecutadas. En 1970, en Aquitania, existían unas 70 empresas que producían 7 millones de m² de parquet. Actualmente, 35 años después, 32 instalaciones industriales procesan 17,5 millones de m² de parquet y frisos (en los años 85 a 90 se alcanzaron producciones máximas anuales por encima de los 24 millones de m²). Esta evolución no ha sido resultado del azar, sino fruto de una serie de acciones entre las que destacan aquellas de carácter promocional emprendidas conjuntamente. Estas acciones fueron dirigidas directamente hacia el consumidor, principalmente, mediante campañas de publicidad en televisión desarrolladas utilizando diferentes estrategias creativas. En total el gasto de publicidad televisada ha alcanzado los 3,2 millones de euros.

Año	Objetivo	Estrategia	Título de la campaña	Slogan	Formato
1983	Dar a conocer el producto: El pino de las Landas. Los lambris.	Instalación.	"El árbol"	"A cada uno su lambris, a cada uno su pino de las Landas".	20 segundos
1985	Dar a conocer la gama.	Valorización.	"Las cuatro opciones"	"Pino de las Landas: 4 motivos para decorar".	4 spots de 5 segundos
1988	Responder a una objeción: la instalación.	Valorización.	"El pájaro carpintero"	"Frisos fáciles de instalar".	20 segundos
1993	Dar a conocer el parquet. Reposicionar dentro del universo de la decoración como un producto asequible.	Instalación Valorización	"La seducción"	"Tiene todo para seducir... hasta su precio"	2 spots de 8 segundos
2000	Asentar el posicionamiento como producto de decoración.	Valorización.	"Baile sobre mí"	"Parquets y lambris en pino de Las Landas: signo interior de riqueza".	20 segundos

En relación a la promoción del uso de lambris, la iniciativa más reciente (2003) es una publicación destinada a divulgar nuevas aplicaciones de decoración dirigidas especialmente al público femenino ("Des Maisons Nature: aménager, décorer, rénover avec le pin maritime"). Este libro ha logrado tener una gran repercusión entre la prensa de decoración especializada.

Asimismo, cabe mencionar otras experiencias, como las acciones emprendidas por los fabricantes de cajas de vino, en las que se ha logrado avances mediante la redacción de fichas técnicas, la adquisición de espacios publicitarios, o la participación conjunta en ferias especializadas. Otro ejemplo muy interesante viene dado por la "Guía de utilización del pino marítimo en la construcción" impulsada por la Cámara de Comercio e Industria de Burdeos con el fin de promocionar la utilización del pino marítimo. Esta completa e interesante publicación está dirigida a los prescriptores y ofrece información técnica referida a todo tipo de productos de construcción (madera aserrada, productos mecanizados, tableros, etc.).

En definitiva, a pesar de las indudables dificultades existentes como consecuencia de los diferentes intereses que intervienen (maderas de diferentes orígenes, competencia entre empresas, posibles intereses divergentes entre subsectores, etc) se hace cada vez más necesario establecer un campo de actuación común que permita compartir los gastos de marketing. Como referencia, cabe mencionar el ejemplo del Southern Pine Council en Estados Unidos o el Nordic Timber Council en Europa, que vienen desarrollando importantes acciones de promoción que engloban a diferentes especies y países afines. Un ejemplo reciente viene dado por la gran campaña, iniciada el pasado mes de noviembre, que se está realizando para promocionar el consumo de madera en Francia. Para ello, un anuncio de 10 segundos de duración está siendo retransmitido a través de las principales cadenas de televisión (France 2, France 3, France 5 y Canal +). Se estima que será visto por 5-6 millones de espectadores.

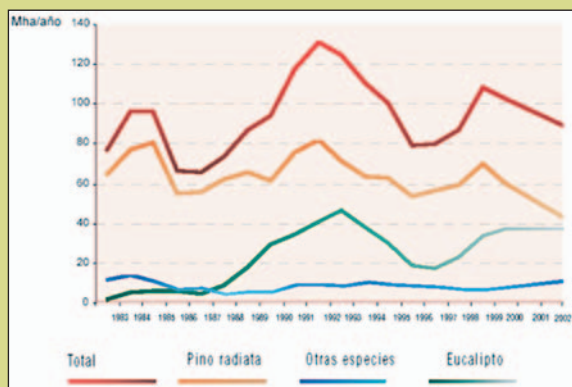


PREVISIONES DE OFERTA DE MADERA DE CONÍFERAS

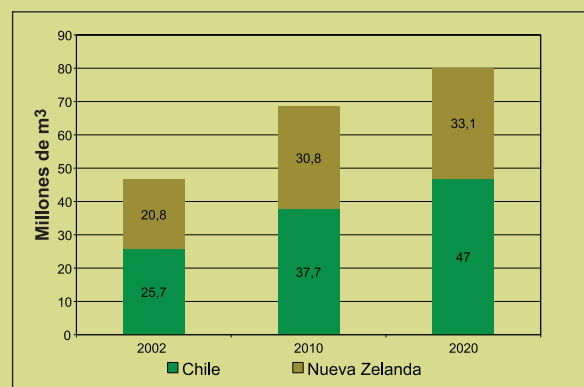
Uno de los aspectos más significativos que afectan al comercio internacional de madera y productos derivados, es la creciente importancia de las plantaciones frente a los bosques naturales. Actualmente las plantaciones forestales representan un 30 % de la producción mundial de madera en rollo. Las previsiones apuntan a que este porcentaje puede verse rápidamente incrementado en los próximos 20 años, teniendo en cuenta las inversiones realizadas en diversos países, especialmente en torno a especies de crecimiento rápido.

Un claro exponente de este hecho, viene dado por la evolución de la producción de pino radiata en Chile y Nueva Zelanda. Esta especie, originaria del sur de California, fue introducida en ambos países en la segunda mitad del siglo XIX lográndose una buena adaptación con excelentes resultados de crecimiento (20-25 metros cúbicos por hectárea y año).

Como consecuencia de las mejoras realizadas en la gestión forestal y, especialmente, considerando las repoblaciones realizadas en las últimas décadas, tomando como referencia la producción de madera en rollo correspondiente al año 2002, las previsiones oficiales apuntan hacia el logro de incrementos de un 47% y un 72 % en los años 2010 y 2020 respectivamente.

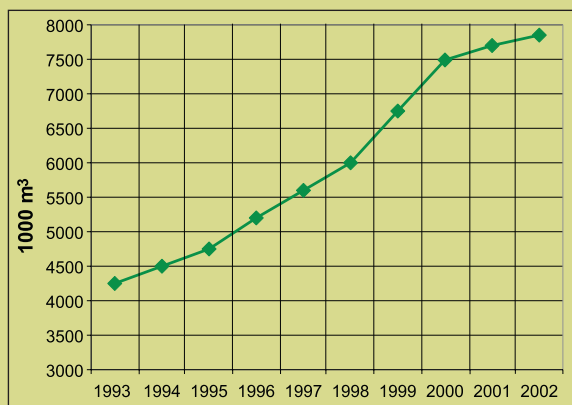


Plantaciones realizadas en Chile entre 1983 y 2002. Fuente: Infor (Chile).

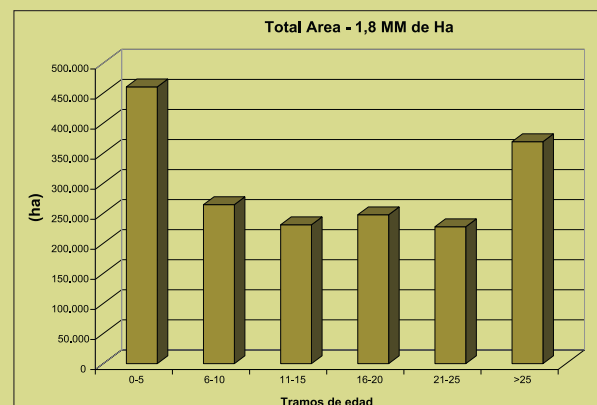


Previsión de disponibilidad anual de cortas en Chile y Nueva Zelanda. Fuente: Infor (Chile), Ministry of Agriculture and Forestry (Nueva Zelanda).

Otro ejemplo significativo puede encontrarse en Brasil. En este país las plantaciones de pino suponen aproximadamente 1,8 millones de hectáreas, que se encuentran mayoritariamente ocupadas por la especie *Pinus taeda* con un 52 % de la superficie (el crecimiento de esta especie oscila entre 28 y 45 metros cúbicos por hectárea y año) y *Pinus elliotii* con un 20%. El ritmo de nuevas plantaciones se sitúa actualmente en torno a 105.000 hectáreas anuales.



Evolución de la madera aserrada de pino en Brasil. Fuente: Associação Brasileira da Indústria da Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI) 2003.



Distribución de las plantaciones de pino por tramos de edad en Brasil. Fuente: Holtz Consultoria 2003; SBS 2003.

BIBLIOGRAFÍA

- ☞ “Anuarios de Estadística Agraria años 1998, 1999, 2000”. Xunta de Galicia.
- ☞ “Atlas Forestal del Arco Atlántico Sur”. Proyecto Eurosilvasur. IEFC, USSE.
- ☞ “Benchmarking – Competitividade na Industria de Serracao”, 2000, CTIMM.
- ☞ CASTERA, P.; CHANTRE, G.; NEPVEU, G. “Principaux facteurs de contrôle de la variabilité du bois chez le pin maritime”. Propriétés et usages du pin maritime. ARBORA. 1999.
- ☞ “Clasificación visual de la madera aserrada. Norma UNE-EN 1611-1 y UNE 56.544”. Confemadera.
- ☞ “Dossier spécial Forêt – Bois – Paper”. Objectif Aquitaine nº69 mai 2000.
- ☞ DUMAIL, J.F. “Propriétés du bois juvénile de pin maritime”. Propriétés et usages du pin maritime. ARBORA. 1999.
- ☞ “El sector del aserrío en Galicia. Medidas para la mejora de su competitividad”. PG-Galicia. Xunta de Galicia. 1993.
- ☞ “INFORESTA.3^{ème} Séminaire international sur les pins à croissance rapide”. Burdeos. 19 a 20 de abril de 2004.
- ☞ “La production forestière et l’activité des scieries”. Agreste Aquitaine nº9 octobre 2003.
- ☞ “La transformación histórica del paisaje forestal en Galicia”. Tercer inventario forestal nacional 1997-2006. Ministerio de Medio Ambiente.
- ☞ LANVIN, J.D. “Classement des bois de structure en pin maritime par contrôle non destructifs”. Propriétés et usages du pin maritime. ARBORA. 1999.
- ☞ “Manual de clasificación de madera”. AITIM.
- ☞ MARPEAU, A.; CASTERA, P. “Occurrence naturelle et induction artificielle des poches de résine. Chez le pin maritime”. Propriétés et usages du pin maritime. ARBORA. 1999.
- ☞ “O monte galego en cifras”. Consellería de Medio Ambiente. Xunta de Galicia. 2001.
- ☞ “Qualificação da Madeira Serrada de Pinheiro Bravo”, 2003, CTIMM – Centro Tecnológico das Indústrias de Madeira e Mobiliário.
- ☞ “Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional. A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra”. Ministerio de Medio Ambiente.
- ☞ ALVES, MONTEIRO E RADICH, MARIA CARLOS. “Dois séculos da Floresta em Portugal”, 2000, CELPA.
- ☞ ANGELO C.OLIVEIRA; JOÃO S. PEREIRA; ALEXANDRE V. CORREIA. “A Silvicultura do Pinheiro Bravo”. CentroPINUS.
- ☞ APEP. “Guide pratique d’emploi des pin Français: pin silvestre et pin maritime”. F. Association pour l’Expansion et la Valorisation des Emplois des Pins Français, CTBA. 1985.
- ☞ BATB. “Industrie et technologie du bois en Aquitaine”. F. Bordeaux Aquitaine Technibois. 1994.
- ☞ BERMÚDEZ ALVITE, J.; TOUZA VÁZQUEZ, M. “Las cifras del Tercer Inventario Forestal en Galicia y su incidencia en la industria de transformación de la madera”. Revista CIS-Madera nº 4.
- ☞ BLACHON, J.L. “Pin maritime”. F. Centre Technique du Bois et de l’Amueblement. 1990.
- ☞ CARVALHO, ALBINO. “Madeiras Portuguesas”, 1997, Direccao-Geral das Florestas.
- ☞ CTBA. “Le pin maritime”. F. Centre Technique du Bois. 1972.
- ☞ CTBA. “Qualites technologiques du pin maritime Landais”. F. Centre Technique du Bois et de l’Amueblement. 1991.
- ☞ KAUMAN W.G.; AVALE, M. “Determination des caracteristiques physiques et mecaniques du pin maritime”. F. Centre Technique du Bois et de l’Amueblement. 1984.
- ☞ RAUSCENT, LUC. “Le pin maritime en bois ouvre : Situation et perspectives”. Propriétés et usages du pin maritime. ARBORA. 1999.
- ☞ MAUGE, J. P. “Le pin maritime”. Institut pour le Developpement Forestier.
- ☞ PÉREZ, A. “Comentarios sobre la evolución de los bosques gallegos hasta comienzos del siglo XX”. Revista Montes, nº 41.
- ☞ PRADA, A. “Montes e industrias, o circuito da madeira en Galicia”. Fundación Caixa Galicia.
- ☞ RICO, E. “Política forestal e repoboacións en Galicia (1.941-1.971)”. Monografías da Universidade de Santiago de Compostela.
- ☞ RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R. y OTROS. “Manual técnico de selvicultura del pino pinaster”. Universidad de Santiago, Escuela Politécnica de Lugo. 1997.
- ☞ SÁNCHEZ ROCHA, J.; BABÍO BESCANSÁ, A.; PIÑEIRO SOMOZA, I. “La industria de aserrado en Ourense”. Revista CIS-Madera nº 9.
- ☞ SÁNCHEZ ROCHA, J.; BABÍO BESCANSÁ, A.; PIÑEIRO SOMOZA, I. “La industria de aserrado en A Coruña”. Revista CIS-Madera nº 11.
- ☞ Wood Plastic Composites Study - Technologies and UK Market opportunities. Optimat Ltd. and MERL Ltd. 2003.



Con la participación de la Unión Europea. Proyecto cofinanciado por el FEDER