

La madera como materia prima y su transformación industrial

ANTONIO GUINDEO CASASUS

Catedrático de Tecnología de la Madera
Universidad Politécnica de Madrid

La madera es la única materia prima renovable utilizada en gran escala. Sólo puede compararse con la energía solar de la que realmente procede. En su estudio podemos considerarla desde dos puntos de vista: uno energético y otro como elemento estructural y decorativo. El carbón es madera acumulada y de él existe una gran reserva energética, mucho mayor que de petróleo. En cualquier caso el mayor potencial energético lo constituye la madera en pie.

Esta importancia económica de la madera como energía puede hacer que peligre su utilización como elemento estructural o decorativo, dado que un fuerte incremento en el precio del petróleo podría hacer interesante la utilización de la madera por su energía, como empezó a plantearse en la crisis del petróleo de 1973.

No obstante, la madera es abundante y uno de sus componentes, la celulosa, es el elemento orgánico vivo más extendido en la tierra. En cuanto a la madera en pie existente en todo el globo, su cuantía es enorme. En las zonas cuyas masas están inventariadas se tienen las siguientes cifras:

EUROPA	20.000 millones de m ³
EEUU y CANADA	56.000 « « «

El aprovechamiento de este volumen no debe hacer que la madera en monte disminuya, ya que lo que cortamos es el equivalente a los intereses del capital que representa esta masa. Un monte que está en explotación (ordenado) no disminuye su volumen, al contrario, tiene que poseer una cantidad importante de masa sana para que su

crecimiento sea el adecuado en volumen y calidad a lo previsto en el plan dasocrático.

Otro aspecto de la gestión de un monte, es que en la práctica, para que sea factible invertir en su cuidado debe producir beneficios directos. Un bosque que evoluciona libremente, sin intervención humana, acaba estando formado por una gran proporción de pies enfermos, viejos, partidos por rayos, etc. De hecho, en las zonas ordenadas las masas tienen una producción constante o creciente y su masa en pie no disminuye.

La superficie forestal aproximada de las distintas zonas del globo terráqueo en 1990 es la siguiente:

EUROPA	150 millones has.
EEUU	209 „ „
JAPON	24 „ „
AFRICA	750 „ „

44 Tecnología

la superficie en explotación de las zonas anteriores comprende la siguiente proporción:

EUROPA	89,1%
EEUU	93,3%
JAPON	92,6%
AFRICA	49,3%

Únicamente en los países citados en primer lugar tienen todas sus masas ordenadas. En el resto de las regiones la situación es muy distinta, por ejemplo, en Sudamérica están ordenadas 11 millones de has., en África 10,5 y en Asia 30 millones.

Existe la posibilidad de obtener una mayor cantidad de madera ordenando y poniendo en producción de una forma reglada aquellas zonas que actualmente poseen una gran masa de madera y no se explotan racionalmente, como ocurre en grandes zonas de Sudamérica, Sudeste asiático y África. También se pueden regenerar o repoblar grandes superficies marcadamente forestales, lo que requiere unas inversiones cuantiosas que sólo un fuerte incremento en el precio de la madera o principios de naturaleza ecológica pueden conseguir. En cualquier caso el problema de obtener la superficie necesaria no existe, pues de los 4000 millones de Has. forestales 600 corresponden a zonas rasas reforestables.

Desde el punto de vista de la producción de madera como materia prima industrial, debemos mencionar que existen unas 17.000 especies vegetales que producen madera, de las que tienen importancia comercial 2.000 (son las que pueden encontrarse en los mercados en un momento o en otro). De este número 500 corresponden a coníferas y 1.500 de frondosas.

Si pasamos a contemplar los productos transformados de madera y su comercio, tomamos conciencia de lo que representa el mundo de la madera para la economía de los países industrializados, en los que su desarrollo tecnológico puede medirse con precisión por el consumo combinado de madera y acero, así como por el de los productos transformados de ambos. A continuación haremos una aproximación a lo que representa la industria de la madera, considerando únicamente los productos de primera transformación.

Producción mundial:

Madera industrial en rollo	2.000 millones m ³
Tableros contrachapados	50 „
Tableros de fibras	18 „

La madera y sus transformados dan lugar a un importante comercio internacional, en unos casos por ser distintos los países productores y los consumidores y en el caso de zonas desarrolladas, como Europa, por tener una demanda que no pueden satisfacer con su propia producción. Los países de la C.E.E. importan madera y productos derivados por valor superior a 25.000 millones de dólares, lo que representa el segundo lugar después del petróleo.

En la actualidad, en los bosques sometidos a ordenación no se produce una disminución de la madera en pie. No ocurrió así en estos mismos bosques en épocas pasadas, en los que el desarrollo tecnológico y la edificación se realizaron a costa de grandes masas de madera en pie. Por ejemplo, se ha estimado que el descubrimiento de América y la actividad marítima a que dio lugar posteriormente, representó la corta de 1.600 millones de m³, ya que cada tonelada de registro bruto necesitó unos 32 m³ de madera en rollo. Para finalizar esta introducción sobre la importancia económica de la madera nos referiremos a España. También aquí nos encontramos con problemas estadísticos para cuantificar algunos sectores, por lo que algunas cifras son orientativas.

La superficie forestal de España es de 28 millones de Has., de las que 10 millones pueden considerarse arboladas. Esta superficie produce anualmente unos 14.000.000 de m³, estimándose que el techo de nuestra producción, de no emplearse recursos extraordinarios en repoblaciones masivas, está en 17 millones de m³. De esta producción, un 62% se destina a transformación mecánica y el 38% restante se destina a la transformación química.

Si tenemos en cuenta la producción nacional, exportación e importación de todos los productos de primera transformación, así como la madera que se utiliza para desintegración, podemos hacer un balance del consumo aparente de madera en nuestro país. Para ello manejamos en todos los casos el equivalente en rollo que estos productos representan. El resumen total de este

balance se encuentra reflejado en el cuadro n° 1, del Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.

	Extracción Coníferas Frondosas		Importación Coníferas Frondosas		Exportación Coníferas Frondosas		Consumo aparente Coníferas Frondosas	
	6.448	1.477	9	470	--	1	5.457	1.947
			1.820	1.402	191	10	1.620	1.452
	6.448	1.477						
	2.538	2.417	507	1.583	15	96		
						392 2.464 1.726		
	2.638	2.417						
	470	161						
	73	41						
	143	76						
	686	268						
	8.672	4.163						
	351	1.512						
	9.026	5.674						

TABLA 1

46 Tecnología

En nuestro país la industria mecánica de la madera y accesorias proporciona empleo directo o indirecto a unas 200.000 personas y el valor de todos sus productos supera el billón de pesetas. Estas cifras, que son importantes desde un punto de vista absoluto, son más importantes si las relacionamos con nuestro producto nacional bruto.

Descendiendo a sectores concretos y continuando en nuestra referencia a España, podemos destacar la producción y datos relevantes de los siguientes sectores:

- Madera aserrada

3.400.000 m³
1.900 instalaciones

- Tableros contrachapados y chapas

320.000 m³ (de los que 200.000 son para envasar)
25.000 millones pts
6.000 empleados
150 instalaciones

- Tableros de partículas

1.700.000 m³
40.000 millones pts
5.000 empleados
21 líneas

- Tableros de fibras

370.000 m³
18.000 millones pts
8 líneas

- Carpintería

30.000.000 m²
80.000 millones pts

- Muebles

25.000.000 uds.
400.000 millones pts

- Varios (embalajes, juguetes, etc.)

125.000.000 uds.
55.000 millones pts

En cuanto a una referencia mundial de las industrias importantes de primera transformación: chapas, tableros contrachapados, tableros de partículas y tableros de fibras, los datos estructurales y de producción de Europa y América del Norte son los siguientes:

DATOS FAO (1990)

INDUSTRIA DE CHAPAS (1991)

Canadá	474.000 m ³	Canadá	35	23.000 m ³
URSS	445.000 m ³	URSS	-	-
Alemania (Rep. Fed.)	220.000 m ³	Alemania (Rep. Fed.)	25	9.000 m ³
Alemania (Rep. Dem.)	81.000 m ³	Alemania (Rep. Dem.)	4	20.000 m ³
España	80.000 m ³	España	10	12.000 m ³
Total Europa	1.166.000 m ³	Europa	262	6.000 m ³
Total América del Norte	474.000 m ³	América del Norte	35	23.000 m ³

INDUSTRIA DE TABLEROS CONTRACHAPADOS

Estados Unidos	20.740.000 m ³	Estados Unidos	312	80.000 m ³
Canadá	2.400.000 m ³	Canadá	38	67.000 m ³
URSS	2.143.000 m ³	URSS	82	26.000 m ³
Finlandia	610.000 m ³	Finlandia	23	30.000 m ³
Francia	486.000 m ³	Francia	24	20.000 m ³
Italia	410.000 m ³	Italia	80	8.000 m ³
Alemania (Rep. Fed.)	340.000 m ³	Alemania		
España	280.000 m ³	(Rep. Fed.)	50	8.000 m ³
		España	115	3.000 m ³
Total Europa	3.428.000 m ³	Europa	456	10.000 m ³
Total América del Norte	23.140.000 m ³	América del Norte	350	78.000 m ³

INDUSTRIA DE TABLERO DE PARTICULAS

Estados Unidos	11.792.000 m ³	Estados Unidos	75	169.000 m ³
URSS	7.600.000 m ³	URSS	140	54.000 m ³
Alemania (Rep. Fed.)	6.500.000 m ³	Alemania		
Canadá	3.550.000 m ³	(Rep. Fed.)	33	230.000 m ³
Italia	3.200.000 m ³	Canadá	26	135.000 m ³
Francia	2.053.000 m ³	Italia	32	138.000 m ³
Bélgica-Lux.	2.050.000 m ³	Francia	2	1106.000 m ³
Reino Unido	1.800.000 m ³	Bélgica-Lux.	25	82.000 m ³
España	1.600.000 m ³	Reino Unido	6	500.000 m ³
		España	19	100.000 m ³
Total Europa	28.357.000 m ³	Total Europa	317	111.000 m ³
Total América del Norte	15.342.000 m ³	Total América del Norte	101	161.000 m ³

(las fábricas generalmente son multilíneas)

INDUSTRIA DE TABLEROS DE FIBRAS

Estados Unidos	5.325.000 m ³	Estados Unidos	43	159.000 m ³
URSS	3.590.000 m ³	URSS	89	40.000 m ³
Canadá	801.000 m ³	Canadá	14	90.000 m ³
Italia	690.000 m ³	Italia	11	88.000 m ³
Polonia	660.000 m ³	Polonia	8	103.000 m ³
Francia	610.000 m ³	Francia	9	85.000 m ³
Alemania (Rep. Fed.)	507.000 m ³	Alemania		
Rumania	498.000 m ³	(Rep. Fed.)	10	62.000 m ³
Suecia	400.000 m ³	Rumania	8	62.000 m ³
España	370.000 m ³	Suecia	6	65.000 m ³
		España	7	71.000 m ³
Total Europa	5.993.000 m ³	Europa	104	72.000 m ³
Total América del Norte	6.126.000 m ³	América del Norte	57	142.000 m ³

Una vez definida la importancia de la madera como materia prima renovable, podemos pasar a revisar algunos aspectos delicados de la situación forestal en el mundo. El primero es la existencia de grandes masas no ordenadas y sometidas a cortas (para obtener madera, para preparar terreno agrícola o por realización de grandes obras civiles) que ocasionan la pérdida irreparable de esas masas. Otro factor que añade dificultades al problema es la selvicultura de masas tropicales, que presenta en el estado actual de nuestro conocimiento grandes lagunas. A esto se añaden las dificultades físicas de explotar un bosque tropical, por la variedad de especies existentes, las dificultades orográficas y las climatológicas.

Todas las circunstancias anteriores han dado lugar en muchos casos a la corta de madera sin estar orientada al seguimiento de un plan de ordenación e incluso sin tener en cuenta la defensa del medio físico en que se asienta.

La importancia de la madera es evidente y está cuantificada en los países industrializados.

Hay que tener en cuenta la enorme cantidad de madera consumida por pueblos primitivos y países sin estadísticas industriales. Se ha llegado a estimar que este consumo es casi tan importante como el recogido estadísticamente.

El segundo aspecto a tratar, aunque sea superficialmente, son las características morfológicas de la madera y sus propiedades, para terminar con un repaso a las distintas tecnologías que existen actualmente para la utilización de la materia prima madera. De una forma esquemática podemos representar a la madera por una serie de tubos longitudinales y otros transversales. Estos últimos proporcionan la unión entre los elementos longitudinales. Esta estructura de tubos está for-

mada a su vez básicamente por una estructura de fibras de gran longitud (celulosa), armadas entre sí por una sustancia de carácter amorfo que es la lignina.

Sin entrar en detalles de esta estructura, su organización en capas con orientación de fibras cruzadas y el estar compuesta por un elemento de gran resistencia a la tracción como es la celulosa y un elemento de relleno, hace que su comportamiento sea similar al hormigón armado o a estructuras de fibra de vidrio y poliéster. Esta alternancia de capas con fibras de distinta orientación hace que el conjunto estructuralmente tenga una gran resistencia en relación a su peso. En este cómputo de relación resistencia a peso,

la madera compite favorablemente con el acero normal de construcción y en algunos casos se acerca a aceros de alto límite elástico. En comparación con otros materiales, como los plásticos, de una forma muy general podemos decir que la madera presenta unas características superiores de rigidez.

Hasta hace pocos años la madera ha tenido, estructuralmente hablando, el inconveniente de no permitir transmitir adecuadamente, con las tecnologías existentes, las tensiones de una pieza a otra, debido a no tenerse para la madera un proceso de unión similar a la soldadura de los metales.

Esto hizo necesario en épocas anteriores el desarrollar diseños de complicados sistemas de ensambles para el uso de madera en carpintería estructural y gran obra civil, que de todas formas presentaban un bajo grado de eficacia, necesitándose en la estructura grandes deformaciones para absorber una parte importante de la carga. Esta situación ha cambiado radicalmente con la aparición y uso extensivo de adhesivos basados en resinas sintéticas. De esta manera se unen la madera y el mundo de los plásticos para lograr uniones que son más resistentes que la propia madera y resisten a la humedad, calor, agentes xylófagos, etc. Este desarrollo se inició en los albores de la

aviación, para la que se necesitaban uniones mecánicamente resistentes y que soportaran cualquier tipo de exposición al medio ambiente. Esta industria se inició con colas a base de caseína que todavía estaban muy lejos de tener las magníficas propiedades de los adhesivos actuales.

Las uniones de piezas de madera realizadas con adhesivos de urea-formaldehído para uso interior o exterior protegido, fenol-formaldehído, melamina-formaldehído o resorcinol-formaldehído, permiten uniones con una resistencia igual o superior a la propia madera. Especialmente interesantes son los adhesivos de resorcinol-formaldehído, que pueden fraguar a temperatura ambiente, lo que posibilita la realización de grandes piezas de madera laminada utilizadas para construir estructuras, muchas veces espectaculares. También se ha desarrollado de forma paralela un mercado de piezas de madera laminada rectas, que se comercializan en dimensiones y longitudes fijas para ser utilizadas como material estructural polivalente.

El otro aspecto que tradicionalmente ha limitado la utilización de la madera es su naturaleza polar, que la hace higroscópica. La madera puede tomar agua de la atmósfera en forma de vapor, esto es, sin inmersión, estando situada la cantidad máxima absorbida por este concepto en el entorno del 30% de su peso seco. La variación de humedad lleva unida la variación dimensional, lo que produce los conocidos efectos de hinchazón y merma. Un factor negativo unido a este fenómeno es la fuerte anisotropía de la madera, que se manifiesta en todas sus propiedades físico-mecánicas.

Este problema se ha resuelto atacándolo fundamentalmente mediante un secado industrial cien-

tíficamente controlado, respetando las tres fases del mismo: sacar agua de la madera, igualar y acondicionar, para lo que existen cédulas de secado adecuadas para todas las maderas de importancia comercial. Para madera que va a estar situada en condiciones de humedad y temperatura muy variables es preciso realizar un tratamiento estabilizante mediante productos químicos.

Otro aspecto importante a considerar es la evolución de las tecnologías que trabajan la madera. Esta evolución se ha realizado en dos sentidos, por un lado para adaptarse a la nueva disponibilidad de materia prima y por otro a la demanda de nuevos productos, con característi-

cas estructurales y de uso muy distintas a los tradicionales.

Lo primero que condiciona a las actuales tecnologías es que nos encontramos en una situación que podríamos llamar «tecnología de la escasez». A pesar del aumento sostenido en el volumen de madera que anualmente se corta, la demanda crece a un ritmo superior. A pesar de que estamos hablando de un producto renovable, tenemos unas evidentes limitaciones en el volumen

que se produce. La tecnología, consecuentemente, ha evolucionado desde procesos como el aserrado o el desmenuado, con aprovechamientos cercanos al 50% del volumen de las trozas transformadas, hasta la fabricación de tableros de partículas o de fibras en los que pueden tenerse rendimientos del 85%. Otra característica de las nuevas tecnologías es que son capaces de utilizar madera de menor diámetro para su transformación, lo que permite turnos más cortos y el utilizar madera procedente de claras, limpias, etc. En cualquier caso nos estamos refiriendo a industrias de transformación mecánica de la madera, en las que se respeta la unión celulosa-lignina y la estructura individual de estas sustancias. El pasar estas barreras conduce a otro tipo

de industrias, como la producción de pastas para papel, etc.

Con esta óptica tenemos en primer lugar la industria del aserrado, que elimina defectos a partir del exterior de la troza y presenta un producto cuyo valor viene definido, para una misma calidad, por su especie y por sus dimensiones, estando estas últimas condicionadas por las de la troza de la que proceden. Esta industria posee una tecnología muy sencilla y requiere una inversión mínima para establecer una pequeña planta. En España existen unas 2.000 instalaciones de aserrado, la mayor parte de las cuales son de pequeña dimensión.

La industria del tablero contrachapado representa un paso importante en la evolución tecnológica que permite un mayor aprovechamiento de la materia prima, no porque el desperdicio sea menor sino porque el producto final puede estar libre de defectos por un adecuado saneamiento de la chapa antes de proceder a su encolado. El producto, además, es mucho más homogéneo que la materia prima de la que procede. Esta tecnología requiere inversiones considerablemente mayores que la anterior, pero su mayor defecto es el requerir trozas de gran diámetro, de fuste recto, con poca curvatura, etc. En España alcanzó gran importancia, con una producción superior a 350.000 m³ en 1972. Actualmente esta producción ha disminuido a un tercio del valor anterior, debido al fuerte incremento del precio de las trozas con calidad adecuada.

La industria de tableros de partículas representa otro paso importante en la transformación de la madera para su uso final, disgregándola en partículas con unas dimensiones del orden de milímetros, para reconstruir a continuación una pieza plana. Debido a su naturaleza, esta tecnología permite el utilizar madera de pequeñas dimensiones y con una baja calidad, incluso

resíduos de otras industrias, aunque las propiedades del producto final se resientan del pequeño tamaño de las partículas que lo componen. Este producto para ser utilizado en lugares expuestos necesita un recubrimiento, que por una parte lo proteja superficialmente y por otra le proporcione el aspecto que el mercado demanda.

El último paso en esta evolución es el que se produce en la industria de tablero de fibras, en la que la disgregación de la madera se lleva al límite. Este grado de desfibrado producido en esta industria es el máximo que permite obtener un producto con las propiedades mecánicas suficientes para su ulterior transformación. Debido al menor tamaño de las partículas que lo forman, este tablero presenta una superficie y cantos que permiten un mejor mecanizado y superior acabado superficial.

En estas dos últimas industrias la inversión necesaria por m³ de capacidad instalada alcanza valores muy elevados, que sólo pueden abordarse en situaciones claras de mercado.

La aparición de nuevos productos ha exigido la introducción de nuevos equipos y técnicas de transformación y en contrapartida han permitido una mayor libertad para diseñar nuevos productos de segunda transformación. Hoy día las industrias transformadoras de madera se han adaptado a los tableros de madera, como puede comprobarse estudiando los diseños de puertas, muebles en general, viviendas prefabricadas, muebles de cocina y baño, muros-cortina, suelos, cubiertas, etc.

La conclusión que puede obtenerse es que se ha producido la adaptación de la tecnología a un mundo cambiante de disponibilidades de materia prima. Esta adaptación también se hace extensiva al mercado, que aprende a vivir con las ventajas y limitaciones de los nuevos diseños.

