

Revisión sobre el ‘estado del arte’ del análisis de ciclo de vida para tableros derivados de la madera.

G. Gómez Ruiz

Arquitecta, Estudiante de Máster
itinerario Investigador EUATM - UPM
guadalupe.gomez.ruiz@alumnos.upm.es



J. García Navarro

Dr. Arquitecto, Profesor Titular del Dept. de
Construcción y Vías Rurales. ETSIA -UPM
justo.gnavarro@upm.es



Palabras clave - Madera, tablero, reciclaje, ciclo de vida.

Keywords – Wood, board, recycling, life cycle.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objeto realizar una revisión del ‘estado del arte’ sobre los estudios del análisis de ciclo de vida de la madera, más concretamente el caso de los tableros derivados, ya que conforman el eslabón que permite su reutilización en fases sucesivas, asumiéndose de forma intrínseca el concepto de reciclado dentro de la cadena de transformación de esta industria. Todo ello sumado a las ventajas medioambientales de la madera caracterizadas por el efecto sumidero del CO₂, así como la reducción del consumo de energía en el proceso de fabricación. En la etapa de recopilación de la documentación durante la búsqueda, se han tratado de recoger y resaltar aquellas experiencias, más interesantes e innovadoras, llevadas a cabo en los últimos años en el tema mencionado, tratando de extraer aquellos casos que permitan obtener una visión tanto de las tendencias en el ámbito internacional como del nacional, e incluso local. De la información aquí recogida sobre el análisis del ciclo de vida de los productos derivados de la madera, se busca constatar las ventajas resultantes de su empleo, respecto de otros materiales.

ABSTRACT

This paper aims to review the "state of the art" on the studies of life cycle assessment of wood, specifically the case of wood-based panels as they form the link that allows reuse in successive phases, intrinsically assuming the concept of recycling within the processing chain of this industry. All this added to the environmental benefits of wood characterized by the sink effect of CO₂ and reducing energy consumption in the manufacturing process. In the stage of gathering of documentation for this research, we have tried to collect and highlight those experiences, most interesting and innovative, carried out in recent years on the above subject, trying to remove those cases to obtain a vision of both trends in the international and the national and even local. Of the information collected on the life cycle analysis of wood-based products, we seek to compare the advantages accruing from their use over other materials.

1. Introducción

La madera forma parte de los materiales de construcción, cuya materia prima contribuye en forma más positiva a la mitigación del cambio climático. Debido a su gran capacidad de almacenamiento de carbono (efecto sumidero de los bosques), su potencial de ser reciclado

sucesivamente (el tablero proviene de una segunda fase de transformación de la madera: astillas, serrín, restos forestales, etc; e incluso de una tercera: reciclado tras la fase de uso o postconsumo), la posibilidad de que sus materias prima sean renovables (mediante los sistemas de certificación forestal, promotores de una explotación sostenible y controlada), por el hecho de depender en menor medida del uso de combustibles fósiles en su fase de transformación (respecto a otros materiales), así como requerir una menor cantidad de agua en su producción.

Adicionalmente forma parte de uno de los materiales constructivos más sanos entre los existentes, por sus características naturales asociadas: buen aislante térmico (calidez, bienestar ambiental y confort), regulador de la humedad (equilibrio higroscópico), aislamiento acústico (porosidad y elasticidad, sumado al efecto de absorción de ruidos y olores), efecto purificador del aire, baja conductividad eléctrica (lo cual hace que no acumule electricidad estática), etc.

En términos porcentuales puede decirse que casi el 60% de los efectos del cambio climático pueden atribuirse a las emisiones de CO₂ generadas por las actividades humanas. La posibilidad de reducir este CO₂ se puede lograr mediante su eliminación y almacenamiento, siendo la madera un material capaz de realizar ambas acciones. (Bermúdez et al., 2007).

Dada esta situación, los productos de madera podrían contribuir a que los países de la UE alcancen sus objetivos de Kyoto [2] -actualizados por el objetivo 20-20-20 [3]- aumentando el sumidero de carbono de los productos derivados de la madera (mayor superficie de bosques), así como disminuyendo el consumo de energía y de combustibles fósiles (mediante el fomento del empleo de productos derivados de la madera en sucesivas fases).

Como herramienta de apoyo, se cuenta con la metodología de análisis del ciclo de vida de los productos derivados de la madera para esclarecer las ventajas resultantes de su utilización. De tal modo que, el empleo de tecnologías más limpias en los procesos productivos, puede reducir el coeficiente de extracción del medioambiente por unidad de producto, así como reducir la intensidad de la contaminación que genera su producción. (Sabella, 2005)

La industria europea de la madera técnica ha manifestado recientemente su oposición a la concesión de ayudas para la producción de energía a partir de la biomasa, ya que está fomentando el hecho de que sea más rentable quemar la madera que emplearla como materia prima en los procesos industriales (Bermúdez et al, 2007a). De ahí que recurrir a la utilización de la madera en forma de biomasa para producir energía se deba considerar solo como último recurso, tras haber pasado las fases de uso y reciclado sucesivamente, como principios de jerarquía en la racionalización del empleo de la madera. (Bermúdez et al, 2007b)

Por tanto, sería crucial que la industria de la madera responda a la triple labor del desarrollo sostenible como se esquematiza a continuación, apoyado todo ello, por la administración en su doble labor legislativa e incentivadora (CEI-BOIS. 2006); además de mostrar la importante contribución de la transformación de la madera a la creación de empleo, particularmente en los enclaves rurales donde éstas desarrollan su actividad. (Bermúdez et al, 2007a)



Fuente: (CEI-BOIS. 2006)

2. Los tableros de madera

La industria de la madera está compuesta por una serie de subsectores que son: Los aserraderos, que realizan la primera transformación en la madera después de ser cortada. Los fabricantes de chapas y tableros de madera cuyos productos tienen como destino las carpinterías

y fábricas de muebles, son los que realizan una segunda transformación sobre la madera y obtienen un valor añadido mayor sobre la primera transformación. El último subsector lo constituyen las industrias químicas que producen pasta de papel que posteriormente se transformará en papel, cartón y derivados.

En los últimos años, debido al cuidado por la sostenibilidad forestal, entre otras cosas, la industria del tablero ha llevado a cabo inversiones en nuevos procedimientos y tecnologías para optimizar el aprovechamiento forestal, consiguiendo extraer la cantidad máxima posible de madera; desarrollándose un concepto de reciclado a través de la recuperación y aprovechamiento de los residuos de los procesos productivos de la industria de primera y segunda transformación de la madera. Destaca la industria del tablero, ya que los reintegra en la cadena de fabricación de sus productos.

El proceso de elaboración del tablero (Bermúdez et al, 2007a) consiste fundamentalmente en producir partículas o fibras de madera, siendo su fabricación muy sencilla conceptualmente: madera, energía y resinas, si bien su producción a escala industrial requiere de maquinaria de muy alta tecnología. No obstante, los materiales utilizados, se aprovechan al máximo, debido a que, una vez finalizado el ciclo de vida del producto, este se vuelve a reciclar y se convierte nuevamente en producto o en energía, en lugar de que terminen produciendo contaminación en un vertedero, incinerados con baja eficiencia energética o sin ningún aprovechamiento.

En España, la industria del tablero es pionera en el reciclado (Bermúdez et al, 2007a), ya que el 63% de la madera utilizada en los procesos de fabricación del tablero es reciclada, lo que supone el aprovechamiento del 50% de la madera residual generada en el país. La posibilidad de un mayor aprovechamiento de los residuos producidos en el monte por las cortas de la madera y el incremento de la recogida en los puntos limpios de las maderas de fin de vida útil, podría situar el porcentaje de la madera reciclada en niveles superiores al 80% en los próximos años[4].



Cadena productiva de la cadena de transformación de la madera – Fuente: (Bermúdez et al, 2007b)

Se hace necesario reforzar las iniciativas actuales y futuras para potenciar el reciclado en el sector nacional mediante: Mayor apoyo administrativo para fomentar el incremento del reciclado; Incremento de las tasas de vertido en vertedero; Promoción de políticas de quién produce el residuo debe pagar por ello; Concienciación del productor del residuo mediante separación selectiva en origen; Mayor educación medioambiental de todos los agentes implicados; apoyo a los gestores de residuos autorizados; Legislación similar en las diferentes Comunidades Autónomas para evitar situaciones de desigualdad.

2.1. Tipos de tableros derivados de la madera

A continuación se describen los principales tipos de tableros derivados de la madera (Bermúdez et al, 2007b), clasificados según las características que los definen, así como determinando las aplicaciones respectivas para cada uno de ellos:

-Tablero de partículas formado por partículas de madera u otro material leñoso, aglomeradas entre sí mediante un adhesivo a presión, a una temperatura adecuada.

-Tablero de fibras MDF (densidad media) formado por fibras lignocelulósicas aglomeradas con resinas sintéticas u otro adhesivo adecuado y prensado en caliente. (Densidad: 600 – 800 Kg/m³).

-Tablero de fibras duro formado por fibras de madera o de otro material leñoso, cuya densidad varía entre 0,8 y 1 g/cm³. Puede contener adhesivos o no según el procedimiento de fabricación.

-Tablero de virutas OSB formado por virutas de madera aglomeradas entre sí mediante un adhesivo y presión a la temperatura adecuada.

-Tablero contrachapado formado por chapas de madera encoladas de modo que las fibras de dos chapas consecutivas formen un determinado ángulo.

-Tablero laminado formado por chapas de madera encolada por sus caras donde la dirección de las fibras de las diferentes capas permanezcan paralelas entre sí.

-Tablero de madera-cemento que se obtiene aplicando presión a partículas de madera aglomeradas con cemento.

Para que cada producto garantice el cumplimiento de unos criterios determinados existen unos distintivos otorgados por la administración denominados genéricamente “etiquetas reglamentarias” (o también concedidos por otra organización). De tal forma que el usuario pueda reconocer las especificaciones mediante lo que éstas prescriben. Los tipos de etiquetado fundamentales (Bermúdez et al, 2007b) en productos de madera son: A. Obligatorio (Marcado CE); B. Ecológico y medioambiental (FSC; PEFC; Etiqueta ecológica o Ecoetiqueta; Medio ambiente ISO 14001; Ecodiseño); C. Calidad. (Marca AENOR; ISO 9001; Sello AITIM; Sello CIDEMCO; Sello AIDIMA). También existen otras etiquetas o logos no reglamentados por organismos oficiales.

3. El análisis de ciclo de vida

El Análisis de Ciclo de Vida es una metodología que permite sistematizar la adquisición y generación de información y objetiviza las decisiones a tomar hacia un deseable desarrollo sostenible. La definición propuesta por la SETAC [5], actualmente formalizada por la ISO 14040 precisa el ACV como: *“una técnica para evaluar los aspectos medioambientales y los potenciales impactos asociados con un producto mediante la recolección de un inventario de las entradas y salidas relevantes de un sistema; la evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con esas entradas y salidas; y la interpretación de los resultados de las fases de análisis y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio”* [6].

Con la finalidad de proporcionar una descripción de la herramienta de ACV que haga posible (y facilite) su aplicación en diferentes áreas del ámbito científico, el colectivo CiMA [7] (en colaboración con el Ministerio de Medio Ambiente) elaboró un “dossier técnico” (en diciembre de 2007) donde se describen las diferentes fases necesarias para la aplicación del ACV para los fines anteriormente descritos (CiMA, 2007). El ACV permite pues evaluar e identificar, desde un punto de vista ambiental, los puntos críticos de cada una de las etapas o subsistemas que constituyen un proceso productivo global, desde la extracción de las materias primas hasta la recepción en el mercado del producto final, incorporando la reducción del impacto ambiental que supone el reciclado del material. Esta información permite la toma de decisiones con criterios sostenibles, permitiendo definir y priorizar las opciones más adecuadas, así como evaluar comparativamente el comportamiento ambiental de diferentes productos, procesos o actividades.

Tal y como refleja la norma ISO 14040, *las fases para la aplicación del ACV son:*

1. Definición de objetivos y de ámbitos de aplicación: Se establecen la finalidad del estudio, los límites del sistema, los datos necesarios, etc. (Recogida por la ISO 14040).

2. Análisis del inventario: Se cuantifican todos los flujos energéticos y materiales entrantes y salientes del sistema durante toda su vida útil, los cuales son extraídos o emitidos hacia el medio ambiente. (Definido en la ISO 14041)

3. Evaluación de los impactos: Se realiza una clasificación y evaluación de los resultados del inventario, relacionándolos con los efectos ambientales observables por medio de un conjunto de categorías de impactos. (Definidos en la ISO 14042)

4. Interpretación: Es la fase de ACV en la que se combinan los resultados del análisis de inventario con la evaluación de impacto. Cruzando los resultados de las fases de análisis y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio. (Definida por la ISO 14043)

Como parte de la metodología, resulta fundamental identificar qué es lo que se pretende analizar y cómo se puede expresar, de modo que sea posible asociar las entradas (uso de recursos como energía, materias primas, agua...) y salidas (emisiones medioambientales al aire, agua y suelo) del sistema de la *unidad* de referencia. De ahí la pertinencia de definir qué es un sistema y qué una *unidad funcional* (según determina la ISO 14040):

“Sistema se denomina al conjunto de procesos unitarios conectados material y energéticamente que realizan una o más funciones definidas”.

“Se define unidad funcional como la cuantificación de la función de un sistema del producto, servicio o actividad, que se utiliza como unidad de referencia en el estudio de ACV”.

Como punto de referencia, se toma generalmente la metodología del Eco-indicador 99 [8] que permite la caracterización de los materiales para cuantificar la valoración de un indicador ambiental en función de una normalización expresada en puntaje relacionada con las diversas categorías de daño: para la Salud Humana –SH-, Calidad del Ecosistema –CE- y a los Recursos –R-.

4. ACV de la madera

A continuación se tratan de exponer las experiencias más relevantes en cuanto a los estudios que han sido realizados sobre el ACV de la madera, en general. En el caso internacional se expone un trabajo europeo, realizado en el centro de tecnología y ciencia de la madera de la Universidad de Hamburgo (Alemania), cuyas características fundamentales son que se trata de una investigación en el seno del ámbito científico, que busca poner las bases de todos los conceptos y temas relacionados con un estudio completo de todos los aspectos involucrados en el ACV de la madera y sus ventajas ecológicas como materia prima. Mientras que el ejemplo nacional de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), refleja la situación de la industria, muy presente en dicha región, y por tanto se trata de un estudio muy vinculado con iniciativas empresariales para fortalecer el sector, incentivado a su vez por la administración.

4.1. Ejemplo europeo (Alemania)

En una investigación encabezada por el profesor Dr. Arno Frühwald del centro de tecnología y ciencia de la madera de la universidad de Hamburgo, (Frühwald, 2002) se realiza un estudio conducente a demostrar la pertinencia y ventajas del empleo de la madera.

Se hizo un breve recorrido en el que se parte de la problemática medioambiental creada por las industrias en los años 70-80, hasta que en los 90 se comenzó a estudiar toda la cadena de la industrial forestal; y más de una década después, la búsqueda por alcanzar los desafíos medioambientales: Una gestión sostenible de las masas forestales; reducción de los consumos de energía; reducción de las emisiones al aire, agua y suelo; reciclado de materiales; biodiversidad...

La investigación se estructura en dos grandes bloques: Por un lado, se detallan pormenorizadamente las fases del análisis del ciclo de los productos de la madera; Por otro lado, realiza una contabilización del efecto sumidero de CO₂ de los bosques y consecuentemente de sus productos derivados.

4.1.1. Fases del análisis de ciclo de vida

Se parte de la materia prima (bosques), su procesamiento, la fabricación de productos, la elaboración final, su utilización y su reciclado (tanto su reutilización como la posterior generación de energía), sin olvidar todas las operaciones de transporte generadas en cada actividad. Por tanto, el análisis del inventario incluye las emisiones al aire, agua y suelo originados por el sistema cuyos límites incluirían a la materia prima, la fabricación de los productos, su utilización y su incineración; los consumos de energía y la inversión de capital, la entrada de materia prima y de materiales auxiliares, y la salida de los productos fabricados o subproductos.

También se realiza una particular reseña al ACV para la fabricación de tableros de partículas, en el que los límites del sistema serían el bosque, el aserradero (si se usan los residuos ahí producidos), los fabricantes de materiales auxiliares (como adhesivos, etc), la utilización del producto, el material procedente del reciclado de otros productos de madera y la propia fábrica.

Finalmente, el estudio proporciona ejemplos de cuantificación del ACV de la fabricación de dos tipos de tableros de partículas, de madera laminada y de productos de madera estructural.

4.1.2. Efecto sumidero de la madera

Se sabe que toda superficie forestal acumula carbono (y energía) de la atmósfera a través de la fotosíntesis, la biomasa contiene un 50 % de carbono y los productos de madera, por lo tanto, también contienen carbono. El estudio estipula que Europa produce unos 900 millones de toneladas de carbono al año (CO₂) que se emiten a la atmósfera, de las cuales los bosques absorben o fijan mediante fotosíntesis unas 130 millones de toneladas de carbono al año (100 millones en los árboles y 30 en el suelo). Quedando almacenado en los árboles y terrenos forestales europeos aproximadamente 20.000 millones de toneladas de carbono, de los que 8.000 millones se encuentran en los árboles.

El carbono almacenado en Europa por los productos de la madera es de 1.000 millones de toneladas de C, y las estimaciones necesarias para el secuestro de carbono se cifran en 30 – 50

millones de toneladas de C / año. Como consecuencia de lo anterior, se podría contabilizar la capacidad de almacenamiento de los productos derivados de la madera, como sigue: Ventanas de madera: 25 kg C / unidad; Suelos de madera: 5 kg C / m²; Muebles de madera de una familia: 1.000 kg C / familia; Casas de madera: 10.000 - 25.000 kg C / unidad.

Otros datos aportados indican que en el procesamiento de 1 m³ de madera en rollo se invierten 3.000 MJ para obtener 0,8 m³ de productos de madera, obteniéndose además 0,2 m³ de residuos para energía. El balance final es de (+) 6.000 MJ / m³, ya que a los 9.000 MJ de energía que se obtienen de los 0,2 m³ (1.800 MJ) y del reciclado de los 0,8 m³ de productos de la madera obtenidos (7.200 MJ) habría que restarles los 3.000 MJ necesarios para convertir la madera en rollo en productos de madera. En el caso de otros productos distintos a la madera utilizados en la construcción de casas el balance final sería deficitario (-) 6.000 MJ / m³, de energía necesaria para la obtención de esos productos. Los sistemas en madera equivalen a 12.000 MJ/m³ de energía fósil de madera en rollo (el balance positivo de 6.000 más el ahorro de los 6.000 negativos si hubiésemos utilizado otros sistemas alternativos a la madera), esta cantidad equivale a 1,1 toneladas de CO₂ o 0,30 toneladas de C emitidas a la atmósfera.

El estudio concluye que si se construyeran 100.000 casas más de madera / año (con superficie útil =100 m²) las emisiones de CO₂ se reducirían en 1,12 Millardos de kg.

4.2. Ejemplo nacional (País Vasco)

El siguiente caso se parte del estudio desarrollado por el gobierno vasco (DAPA-PV, 2009), resultante de la colaboración entre la Mesa Intersectorial de la Madera de Euskadi y la empresa Factor CO₂. En él se realiza un análisis comparativo del ciclo de vida de 5 soluciones distintas de aplicación de la madera (respecto de otros materiales), en el sector de la construcción. Estos cinco casos comparativos de estudio son: 1. Rehabilitación de la estructura de una cubierta con madera (referenciado a la solución en hormigón); 2. Producción de una ventana de madera (respecto a las solucionadas con aluminio o PVC); 3. Suelo en madera local –de la comunidad autónoma- (respecto a madera *Sapelli* importada); 4. Producción de mesa de aglomerado (comparada con una de vidrio); 5. Producción de una estantería de madera (referenciada con su correspondiente solución en acero galvanizado).

Resulta significativa una parte del análisis, donde se estudian las diferencias entre el uso de madera local o importada desde el punto de vista de la energía consumida, de emisiones, etc.

Finalmente se concluye con un estudio potencial de los escenarios donde se podría introducir el empleo de la madera, como en el caso de vivienda protegida o de rehabilitación, propiciando la reducción de emisiones (cuantificándolas), entre otras acciones vinculadas con la sostenibilidad.

4.2.1. Mejoras en cuanto a la energía primaria total y reducción de emisiones

-Se observa que el uso estructural de la madera, el empleo de ventanas de madera y el uso de madera local reducen los consumos de energía primaria: Más concretamente la solución de la estructura de cubierta en madera permite un ahorro del 33% comparado con el hormigón. La producción de la ventana de madera permite un ahorro del 44% en relación al PVC y del 50% comparado con el aluminio. Por último, el empleo de madera local permite un ahorro del 22% en relación al empleo de maderas exóticas.

También se reducen los consumos de energía primaria, mediante el empleo de la madera en la *fabricación de mobiliario* de interior: Puesto que la producción de una mesa de aglomerado de madera supone un ahorro del 62% en relación a una mesa con hoja de vidrio. Aunque menos significativo, la producción de una estantería de madera, también requiere un consumo energético un 6% inferior a una estantería de acero galvanizado.

-El empleo de la madera en el *sector de la construcción* reduce las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera: En el caso del empleo de una cubierta de madera, la reducción de las emisiones es de un 79% en relación a las de hormigón. También en el caso de la ventana de madera se produce con un 45% menos de emisiones que la de PVC y con un 47% menos de emisiones que las de aluminio. Por último, los suelos de madera local poseen un impacto climático un 25% menor que los suelos de maderas exóticas.

El empleo de la madera en el *sector del mueble* reduce las emisiones de gases de efecto invernadero: En cuanto a las mesas de aglomerado se producen con un 60% menos de emisiones que las mesas de vidrio. Mientras que la producción de la estantería de madera analizada logra una reducción de un 37% respecto a la de la estantería de acero galvanizado.

4.2.2. Análisis de sensibilidad

Con el objeto de confirmar los resultados obtenidos y de enriquecer las conclusiones del estudio, se procedió a realizar un análisis de sensibilidad sobre aquellas variables en las que existe la posibilidad de actuar mediante instrumentos de política ambiental, como son:

- La consideración del origen de la madera de la CAPV sustituido por su procedencia del centro de Europa, produciría el aumento de la energía y las emisiones asociadas al transporte. En cuanto a la importación para su segunda transformación, entonces el ahorro de energía disminuiría entre un 5% y un 22%, al tiempo que el ahorro en emisiones bajaría entre un 6% y un 18%.

- Empleo de madera procedente de plantaciones forestales sostenibles permite que aunque los ahorros en energía primaria en relación a las de referencia permanecen constantes, las emisiones evitadas aumentan considerablemente (entre un 45% y un 214%), especialmente en los productos donde el peso relativo de la madera es mayor, debido a la circunstancia de que todo el carbono almacenado en los productos de madera producidos de manera sostenible (1,83 kg CO₂/kg de madera) es regenerado por nuevas plantaciones forestales.

4.2.3. Cuantificación potencial de mitigación de emisiones

El empleo de soluciones estructurales y no estructurales de madera en toda la promoción de VPO prevista por el Plan de Vivienda (por la CAPV) y en la de vivienda libre esperada en los próximos años (un total de 17.300 viviendas nuevas y 6.000 rehabilitaciones al año) permitiría una reducción de 295.000 t CO₂. La caracterización de la reducción de emisiones es muy similar en todos los casos, que se resumiría como sigue: El 65% de las reducciones procedería del empleo de elementos estructurales(79.459 t CO₂), frente a un 27% del uso de ventanas de madera(32.358 t CO₂) y un 8% de empleo de suelos(10.219 t CO₂) de madera local; El 52% de las reducciones tendría su origen en la sustitución de fósiles(61.779 t CO₂), y el 48% restante en la absorción por sumideros(60.258 t CO₂); El 90% de las reducciones se produciría en promociones de obra nueva(110.869 t CO₂), frente a un 10% de reducción en rehabilitaciones(11.167 t CO₂).

5. ACV para tableros de madera

Para finalizar la presente revisión, se destacan aquellos trabajos más actuales que están absolutamente enfocados al estudio del ACV de tableros derivados de la madera. Más concretamente los que estudian solo un determinado tipo de panel de madera, entre los que destacan particularmente tres investigaciones publicadas en el "*International Journal of Life Cycle Assessment*". Todos ellos de reciente producción, por lo que se expondrán en orden cronológico. (En todos los casos fueron empleadas las normas ISO para análisis del ciclo de vida y la caracterización del sistema mediante la metodología del Ecoindicador-99).

En alguno de los estudios publicados con anterioridad a los mencionados, se determina que los principales tipos de paneles producidos en Europa son: el de partículas, el tablero de fibra de proceso seco (de alta densidad -HDF- y de densidad media -MDF-), así como los tableros de fibra de proceso húmedo (madera prensada); representando aproximadamente el 65% (en el caso del tablero de partículas) y el 22% (en el de fibras).

5.1. Tableros de partículas

El objetivo principal de esta investigación (Rivela et al, 2006) consistió en detectar, a través una base de datos, la identificación y caracterización de uno de los productos más importantes derivados de la madera, el tablero de partículas. Para lo cual, se puso especial atención en la realización del inventario de la fase de análisis, haciendo hincapié en la incidencia que tiene la

etapa de producción de los tableros de partículas en el proceso de transformación primaria para el sector de la madera.

La unidad funcional definida fue 1 m³ de tablero acabado, y la industria considerada como referencia del estudio se correspondía con una fábrica española con una capacidad de producción de 680 m³ de tablero de partículas al día (aunque en varios trabajos anteriores se estudiaron un gran número de factoría, en ningún caso se hallaron diferencias mayores a un 5% en los datos del inventario global).

De ahí que el trabajo condujera al hecho de que los tableros de partículas se fabrican también de residuos forestales, los cuales suelen ser explotados por el sector de la energía. Durante el análisis de todas las fases del proceso de fabricación, se acaba detectando que el residuo forestal que normalmente es utilizado como combustible en forma de biomasa, presenta un potencial aprovechamiento en una fase intermedia del proceso de producción, pudiendo ser reutilizado en esa nueva fase de fabricación del producto, como es el tablero de partículas, sin recurrir directamente a su quema.

Es por ello que el trabajo se finaliza con una comparación entre la biomasa como combustible con otras fuentes de energía, (resultando concluyente en este caso, que la sostenibilidad ecológica viene favorecida por el uso del gas natural en lugar de la biomasa).

Acaba considerándose básico en este trabajo, la realización de un análisis global del proceso de producción, para analizar las emisiones producidas en la combustión de la madera, ya que depende de muchos factores. En esos factores, estarían las consideraciones económicas y sociales (detectándose una gran influencia en la creación de empleo en las zonas rurales estudiadas), lo cual fortalecía la hipótesis de que el uso de estos materiales en la fabricación de tableros de partículas es más sostenible que su uso como combustible. Esta conclusión fundamental se estudia comparativamente en la tabla:

5.2. Tableros de fibra de densidad media

El objetivo del ACV sobre tableros de fibra de densidad media –MDF- (Rivela et al, 2007) fue el de crear una base de datos de su fabricación, centrada en su identificación y caracterización.

La unidad funcional definida fue de 1 m³ de tablero de MDF acabado (cuya densidad aproximada es de 615 kg/m³ con un 8% de contenido de agua), y las industrias consideradas como referencia fueron tres que se correspondían con dos fábricas españolas y una chilena con una capacidad de producción anual total de 150.000 m³. Del mismo modo, se emplearon las normas ISO y la caracterización del sistema mediante la metodología del Ecoindicador-99, para estudio del análisis del ciclo de vida.

Se puso especial atención en la etapa de análisis del inventario de la industria de MDF., detectándose que el subsistema de preparación de la madera daba lugar al mayor impacto relacionado con el daño a la salud humana y daños a los recursos; ya que este subsistema resultaba ser el más dependiente del uso de la electricidad. La causa principal del daño ocasionado a la calidad del ecosistema se definió por la unidad funcional que conforma el aglutinante, en este caso en forma de resina sintética.

Además, los resultados de los análisis de sensibilidad mostraron una influencia muy significativa en el producto final, tanto del transporte, como la generación de electricidad. De hecho, la ubicación geográfica del lugar donde se produjera el MDF debía ser considerado de forma exhaustiva; ya que, por ejemplo la distribución transoceánica, cuyo promedio de 10.000 km, produciría un impacto medio ambiental menor que la distribución del producto en camiones para distancias promedio de 725 km.

5.3. Tableros duros

El último artículo analizado (González-García et al, 2009) parte de la elaboración de un estudio del comportamiento medio ambiental de una planta de producción de tableros duros en Austria (cuyo volumen de producción anual es de 83.000 m³), que además es considerada como (fábrica) representativa del ‘estado del arte’ para estudiar el proceso en detalle. La unidad funcional definida fue de 1 m³ de tablero duro acabado (con densidad de 987 kg/m³ y un 7% aprox. de humedad), y las industrias consideradas como referencia fueron tres que se correspondían con dos fábricas españolas y una chilena con una capacidad de producción anual total de 150.000 m³.

El estudio abarca el análisis del ciclo de vida de la producción de dichos tableros, desde la extracción de la materia prima, hasta la salida de la planta (denominado sistema 'cradle to gate').

El proceso de fabricación de tableros duros se conformaba por las fases: 1º pre-calentamiento de la materia prima (por ejemplo, virutas de madera) para ablandar la lignina, 2º desfibración (o astillado) a alta temperatura y a presión, 3º consolidación mediante aplicación de resinas, 4º conformación de las fibras en hojas utilizando agua como medio de difusión, y 5º prensado las esteras en una prensa caliente, produciendo 'rollos'.

Durante dicho proceso, aproximadamente el 98% de la energía consumida procedía del reciclaje interno (sobrante de tableros duros, polvo de lijado, serrín, recortes, etc.) y sólo el 2% de biomasa del exterior (residuos de madera de otras fábricas u operaciones forestales).

Mediante el análisis de inventario y la evaluación de impacto se identificaron los siguientes puntos conflictivos en el ciclo del vida del proceso de elaboración: El astillado de materia prima fue el de mayor consumo de combustibles. Por el contrario, la producción de rollos de madera mostraron una contribución insignificante en todas las categorías de impacto. El secado de la fibra y la conformación de las hojas (actividades internas de la planta) fueron dos de las más relevantes, debido a las emisiones de formaldehído. Además la quema de biomasa desempeñó un importante papel por las emisiones de NO_x. Adicionalmente se realizó el análisis de sensibilidad demostrando que existía una dependencia muy considerable de la energía eléctrica, tras lo que se consideró una posible alternativa, mediante el empleo de sistemas basados en energías renovables y nuclear (en Austria) como mejor opción para reducir las emisiones de CO₂.

6. Conclusiones

1.- Se dispone de amplio número de fuentes información sobre el ACV de la madera y sus productos derivados. Destaca por su relevancia y actualización, la documentación relativa al ámbito de la investigación científica. Por otro lado, existe un extensísimo número de publicaciones electrónicas que reflejan la preocupación del sector de la madera, de las instituciones competentes asociadas y del mismo ámbito científico a nivel internacional, europeo y regional.

2.- No obstante, se considera que el tema concreto del análisis del ciclo de vida se encuentra, en muchos aspectos, en un estado incipiente, quizá debido también, a la complejidad de la propia metodología, e incluso a la atomización de la información de las bases de datos existentes, a las que poder recurrir.

3.- Los materiales de construcción derivados de la madera, podrían contribuir en forma más positiva a la mitigación del cambio climático (mediante los sistemas de certificación forestal que promueven su explotación sostenible y controlada).

4.- Los productos de madera y sus derivados se caracterizan por su gran capacidad de almacenamiento de carbono (efecto sumidero de los bosques).

5.- Son elementos de reciclado sucesivo potencial (el tablero proviene de una segunda fase de transformación de la madera: astillas, serrín, restos forestales, etc; e incluso de una tercera: reciclado tras la fase de uso o postconsumo).

6.- Destacan por una menor dependencia del uso de combustibles fósiles en su fase de transformación, respecto a otros materiales (dado que requieren un consumo de energía considerablemente menor en su elaboración), así como requerir una menor cantidad de agua en su producción.

7.- Son considerados de los materiales más sanos entre los existentes por sus características naturales intrínsecamente asociadas: buen aislante térmico, regulador de la humedad, aislamiento acústico, efecto purificador del aire, baja conductividad eléctrica.

8.- Existe cierto distanciamiento productivo entre los propietarios forestales y la industria de la madera, debido a que cada uno de estos subsectores demanda un tipo de madera diferente, siendo frecuente que las superficies forestales de muchos territorios presenten desequilibrios y las empresas transformadoras de la madera se vean obligadas a importar su materia prima para cubrir toda la demanda.

9.- La industria europea de la madera técnica teme que la concesión de ayudas para la producción de energía a partir de la biomasa fomente el hecho de que sea más rentable quemar la madera que emplearla como materia prima en los procesos industriales.

10.- El aumento de bases de datos y estudios relativos al ACV de productos derivados de la madera, están permitiendo promover una visión holística de la pertinencia de su uso; no sin antes atenerse a la sensatez del estudio global en cuanto a su situación geográfica, protección de los recursos medioambientales, especies forestales, disponibilidad de industrias, fortalecimiento del empleo agrario y forestal (tradicionalmente local), apoyo institucional, etc.

Agradecimientos

Los autores agradecen a las asociaciones nacionales del sector maderero, a las universidades y grupos de investigación españoles y europeos dedicados al análisis de ciclo de vida de la madera y sus derivados, así como a las publicaciones de los gobiernos regionales e internacionales de las que han conformado las fuentes más significativas de gran parte de los datos aquí reseñados.

Referencias bibliográficas

- Bermúdez Alvite, J. A.; Canals Revilla, G.; Fernández Blanco, P.; Fernández González, A. (2007a). *El sector de la madera y el cambio climático*. AFTA. Madrid.
- Bermúdez Alvite, J. A.; Canals Revilla, G.; Fernández Blanco, P.; Fernández González, A. (2007b). *Guía de etiquetado en los tableros de madera*. AFTA. Madrid.
- CEI-BOIS. (2006). *Frente al Cambio Climático: Utiliza Madera*. Edición revisada 2009.
- CiMA (Científicos por el Medio Ambiente). (2007). *Dossier Técnico*. Análisis del Ciclo de Vida. EGO – La revolución invisible. Descargable en: http://www.oei.es/salactsi/dossier_cientifico.pdf
- Departamento de Agricultura, Pesca y Alimentación del País Vasco. (2009) *Madera y Cambio Climático: Análisis del ciclo de vida de la madera como material alternativo*. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco. Vitoria-Gasteiz.
- Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (2005). "Inventario y Caracterización de Residuos de Madera Tratada en la Comunidad Autónoma del País Vasco". Edita IHOBE. Vitoria-Gasteiz.
- Frühwald, A.: (2002). "Ventajas ecológicas de la madera como materia prima. Asociación de Investigación Técnica de la Madera (AITIM)", *Boletín de Información Técnica* nº 218, Madrid.
- González-García, S.; Berg, S.; Feijoo, G.; Moreira, M. T. (2009). "Environmental impacts of forest production and supply of pulpwood: Spanish and Swedish case studies". *International Journal of Life Cycle Assessment*. 14:340–353. Sweden.
- Rivela B, Hospido A, Moreira MT, Feijoo G (2006). "Life cycle inventory of particleboard: a case study in the wood sector". *Int J Life Cycle Assess* 11:106–113. Sweden.
- Rivela B, Moreira MT, Feijoo G (2007) "Life cycle inventory of medium density fibreboard". *Int J Life Cycle Assess* 12:143–150. Sweden.
- WWF. (2010) "Potencial de Ahorro Energético y de Reducción de Emisiones de CO₂ del Parque Residencial existente en España en 2020". Madrid.
- Sabella, Angelo. (2005) "El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de valoración proyectual". *Espacio de reflexión y comunicación en Desarrollo Sostenible. Ide@ Sostenible*. Año 2, nº 10.
- Dones R, Bauer C, Bolliger R, Burger B, Faist Emmenegger M, Frischknecht R, Heck T, Jungbluth N, Röder A, Tuchschnid M (2007) *Life cycle inventories of energy systems: results for current systems in Switzerland and other UCTE countries*. *Ecoinvent report No. 5*. Paul Scherrer Institut Villigen, Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf (Switzerland)

Páginas Web

- [1] www.cismadera.com/
- [2] www.mma.es/portal/secciones/calidad_contaminacion/atmosfera/emisiones/inventario.htm
- [3] <http://www.cne.es/cne/Home>
- [4] www.anfta.es
- [5] www.setac.org/
- [6] www.aenor.es/
- [7] www.cima.org.es/
- [8] www.pre.nl/eco-indicator99/