|  |  |
| --- | --- |
|  | **Aprovechamiento de residuos de madera para el desarrollo de productos terminados. Resultados de una revisión documental** |

Hilda Helena Estrada-López[[1]](#footnote-1)

Hernán Saumett-España[[2]](#footnote-2)

Enrique Melamed-Varela[[3]](#footnote-3)

Ana Karina Palacio-Flórez[[4]](#footnote-4)

**Resumen**

*Este documento se fundamenta en el objetivo de identificar el marco documentado sobre alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir del aprovechamiento de residuos de madera, para lo cual se ha diseñado una metodología de revisión documental, basada en fuentes secundarias como la base de datos: Scopus, que recopila resultados de investigaciones en diferentes corrientes de la ciencia, así como potenciales productos tecnológicos; tomando como referencia el objeto de investigación, basado en alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir del aprovechamiento de residuos de madera, se han utilizado estos términos en la búsqueda especializada en una ventana de observación de los últimos diez años. Como resultados se han identificado avances del marco de referencia a partir de la información publicada por comunidades científicas, permitiendo conocer el estado actual del conocimiento y siendo referente para establecer oportunidades y aprendizajes para los fabricantes de productos derivados de madera.*

***Palabras clave:*** *Aprovechamiento de Residuos Sólidos, Productos de Madera, Producto Terminado, Residuos de Madera, Revisión Documental.*

**1. Introducción**

En el marco del proyecto “Aprovechamiento de residuos sólidos y reducción de material particulado en fábricas de muebles de madera mediante el desarrollo de soluciones tecnológicas enfocadas a la optimización en el consumo de materia prima y reducción de su impacto ambiental en los entornos laborales”, se ha planteado la oportunidad de analizar y profundizar los aspectos relacionado con alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir del aprovechamiento de residuos sólidos de madera, orientando este documento al objetivo principal de identificar el marco documentado sobre alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir del aprovechamiento de residuos de madera, de tal forma que se profundice el conocimiento sobre potenciales oportunidades para su aplicación en la industria de muebles e impulsar prácticas sostenibles.

Este propósito se ha fundamentado en los impactos ambientales que presenta la manufactura de la madera para la generación de productos terminados, los cuales generan residuos que usualmente tienen potencial de ser reintegrados en el proceso productivo, o reutilizados para nuevas formas de producto terminado; por este motivo, se necesita profundizar el conocimiento científico que permita conocer el panorama de prácticas en las comunidades científicas y a partir de las experiencias identificar el conocimiento que permita establecer ¿cómo ha sido el marco documentado de las alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir del aprovechamiento de residuos de madera?, de tal forma que se determine un fundamento teórico en este campo del conocimiento.

Para ello se ha desarrollado una metodología de revisión documental basada en búsqueda especializada en bases de datos y repositorios con indexación internacional en circuitos de la ciencia, recuperando información científica y tecnológica que ha permitido establecer y determinar posibles resultados para la fabricación de potenciales productos con valor agregado a partir del aprovechamiento de residuos sólidos de madera, conociendo la experiencia e información técnica de desarrolladores internacionales disponibles.

De esta manera, determinó en los resultados un panorama bibliográfico de las indexaciones de la búsqueda especializada y su posicionamiento como un referente para la plataforma de desarrollo del proyecto, contribuyendo a determinar potenciales alternativas para manufacturar productos terminados con valor agregado a partir de residuos sólidos de madera, identificando aportes técnicos para la industria de muebles y trabajadores de este material a partir del conocimiento científico disponible en las comunidades científicas y de los centros de desarrollo tecnológico e innovación internacionales.

**2. Marco Teórico**

***2.1. Definición de Producto Terminado***

Un producto terminado corresponde a un bien resultado de un proceso de fabricación, el cual está listo para ser entregado al consumidor final. Por lo anterior, este tipo de producto no requiere de modificaciones o cambios en su estructura, razón por la cual puede ser comercializado sin inconveniente.

Con base en lo anterior, puede definirse como producto terminado aquel bien que ha pasado por un proceso de producción y que ha culminado todas sus etapas, razón por la cual está listo para ser entregado al consumidor final. Para el caso de productos terminados en el sector muebles, de acuerdo con Agüeso (2019) la madera recorre un largo proceso hasta convertirse en el artículo deseado. Dicho proceso se denomina transformación de la madera, el cual no es más que el conjunto de actividades que se realizan en pro de convertir la materia prima en un producto terminado.

Las actividades de transformación de madera comprenden desde la tala, poda, descortezado, tronzado y secado de la madera hasta el cepillado de esta. Teniendo en cuenta lo anterior, para la presente vigilancia tecnológica, se tiene en cuenta un segundo proceso de transformación de la madera o continuación de este, teniendo en cuenta que los residuos de esta son y serán empleados para fabricar y producir nuevos productos, los cuales deberán pasar por nuevas etapas de transformación hasta convertirse en el artículo deseado que para el caso de la madera se destacan productos relacionados con mobiliario como: kits de muebles de madera para armar, muebles de sala, dormitorio, entre otros (García Acevedo et al., 2021).

***2.2. Aprovechamiento de Residuos Sólidos de Madera***

La madera ha sido un recurso empleado en diversos campos de la economía mundial y aunque corresponde a un material biodegradable y de gran abundancia, es necesario analizar algunos factores al momento de optimizar su aprovechamiento, así como el estudio de aspectos económicos, sociales y medioambientales, dado que el incremento en el uso de madera para la producción de diversos materiales, productos y energía (Lykidis & Grigoriou, 2008), ha ocasionado graves lesiones en el medio ambiente como es el efecto invernadero, la tala indiscriminada de árboles, sequía, entre otras, las cuales a su vez se han mitigado con el empleo de los residuos de madera por parte de los fabricantes de muebles de madera y empresas dedicadas al reciclaje de este tipo de residuos. Cabe resaltar que, la reutilización y sustitución de la madera por madera reciclada tiene como objetivo reducir los costos y las externalidades asociadas con la extracción, el transporte y la eliminación (Kim & Song, 2014).

La industria forestal se caracteriza por emplear la madera como materia prima en la producción de diversos productos como: muebles, puertas, ventanas, paneles, entre otros. Esta industria a su vez se divide en dos sectores, donde el primero de acuerdo con Burton, Messier, Smith & Wiktor (2003) se relaciona directamente con la fabricación de productos netamente de madera o material compuesto de madera, mientras que el segundo sector corresponde a los productos de valor agregado con materiales semielaborados y que guardan relación con las características que posee la madera en su totalidad (Monroe, Blalock & Vlosky, 1999).

Teniendo en cuenta lo anterior, a raíz de los procesos de producción independientemente del sector industrial en el que se desarrollan los productos, se generan residuos o desechos de madera, los cuales en algunas organizaciones suelen ser desechados y no reintegrados a la cadena productiva, dichos residuos son concebidos como: cortezas, aserrín, astillas, virutas y trozos de madera, los cuales a su vez son empleados en la producción de tableros compuestos, pulpa de madera, materiales para camas de animales, jardinería, mientras que los demás residuos que no son empleados en la elaboración de nuevos productos son desechados en rellenos sanitarios (Multi-Pollutant Emissions Reduction Analysis Foundation [MERAF], 2002, Murphy, Smith, & Wiedenbeck, 2007).

Se resalta que, los desechos generados durante la producción de madera y contrachapados se utilizan en la producción de paneles compuestos, mientras que la corteza se utiliza para generar energía mediante la quema (Hahn, 1982). Por su parte, Güneri (2005) asegura que la madera y productos compuestos de la misma, incluidos los tableros de partículas, contrachapados y MDF (por sus siglas en inglés, Médium Density Fibreboard) se utilizan en la fabricación de productos para interiores y exteriores, tales como: muebles, suelos, puertas y armarios, resaltando que los tableros de partículas y MDF se utilizan principalmente en la producción de muebles.

Además, el Banco Desarrollo de Brasil ([BNDES], 2008) afirma que los paneles de madera son estructuras que como su nombre lo indica, están conformados por madera en sus diferentes etapas de desagregación, compactación, temperatura y resinas sintéticas. A su vez, Mirabella, Castellani & Sala (2014) aseguran que estos mismos se han convertido en sustitutos de la madera maciza en la producción de muebles y uso en la industria de la construcción, todo ello a causa de la escasez de materia prima virgen y estrategias de producción de algunos países en vía de desarrollo como Brasil, en los que la principal estrategia radica en el cultivo de grandes cantidades de madera que luego serán taladas para el desarrollo de paneles. Además, de la carencia de tecnología necesaria para llevar a cabo un eficiente proceso de producción y optimización de sus recursos.

Por otra parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ([FAO, por sus siglas en inglés], 2017) asegura que la producción mundial de tableros de madera ha incrementado en las últimas décadas. Estudiando el periodo comprendido entre 2007-2017, se resalta que entre los años 2008 y 2009 hubo un descenso en la demanda de tableros de madera, sin embargo, para el año 2010 incrementó la demanda, comportamiento que se mantuvo hasta el 2017 con una cifra de 420.361.171m3 de paneles de madera producidos, entre los que se destacan el tablero de fibra de alta densidad (HDF), tableros de fibra de densidad media (MDF) y tableros de fibra orientada (OSB).

Teniendo en cuenta lo anterior, la producción de tableros de madera se basa en una producción lineal, de tal forma que se genera gran cantidad de residuos desde la extracción de la materia prima hasta la disposición del producto terminado. A raíz de ello, la economía circular juega un papel importante, puesto que es un modelo económico que posibilita el mejoramiento o cambios en la relación entre sociedad y medio ambiente, a fin de preservar los recursos y mantener los materiales y productos en un ciclo, de tal forma que los desechos generados por estos mismos puedan ser integrados nuevamente en la cadena productiva y recuperar valor (Ellen MacArthur Foundation [EMF], 2013). De tal forma que, para el caso de los desechos de madera, estos mismos pueden integrarse al proceso de producción y agregar valor al material compuesto (Branciforti, Marinelli, Kobayashi, Ambrosio, Monteiro & Nobre, 2009) convirtiéndose, por ejemplo, en paneles de madera al final de su vida útil, aportando así ventajas económicas y mejoramiento del ambiente.

Igualmente, Tisserant, Pauliuk, Merciai, Schmidt, Fry, Wood & Tukker (2017) afirman que la economía circular (CE) “tiene como objetivo extender la vida útil de los materiales y promover el reciclaje para maximizar el servicio del material por entrada de recursos y, al mismo tiempo, reducir los impactos ambientales y el uso de recursos”. Así mismo, Ghisellini, Cialani & Ulgiati (2016) y Lieder & Rashid (2016) aseguran que la economía circular está estrechamente relacionada con los principios 3R: Reducir, Reutilizar y Reciclar. De tal forma que, reducir los insumos de materias primas es uno de los objetivos de las estrategias y prácticas de economía circular.

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico ([OCDE], 2011) en las economías más desarrolladas se han identificado signos de una disociación relativa entre el uso de materias primas y el crecimiento económico. Sin embargo, de acuerdo Haas, Krausmann, Wiedenhofer & Heinz (2015) los materiales reciclados representaron solo el 6.5% del material total procesado en 2005 y además identificaron dos desafíos para implementar la economía circular, el primer desafío hace referencia a que el 44% de los insumos de materiales son portadores de energía, que se queman y, por lo tanto, no son reciclables, y el segundo desafío es que las existencias de materiales siguen creciendo.

Cabe resaltar que, la incorporación de prácticas circulares en la industria de muebles de madera trae consigo ventajas económicas para las organizaciones de este sector, dado que como lo manifiestan De Carvalho, Salvador, Moro, Sokulski, De Francisco & De Carvalho Araujo (2019) las empresas tienen la obligación de gestionar todos los residuos generados en sus procesos de producción, la inclusión de prácticas circulares les permitiría beneficiarse de la venta de sus residuos a empresas que los empleen como insumos o encontrar formas de reutilizarlos.

**3. Metodología**

Este proceso de revisión documental se fundamenta en el propósito de identificar alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir de residuos de madera, tomando como referencia el marco documental incluido en los circuitos de la ciencia como fuentes de información para llevar a cabo la investigación documentada (Hernández et al., 2014).

Para la búsqueda especializada se requirió definir parámetros de búsqueda y recuperación de información, determinando los descriptores que permitieran recopilar en las bases de datos los documentos asociados a las temáticas relacionadas con la investigación, por ello en la tabla 1, se presentan los términos clave definidos para la búsqueda en bases de datos especializadas.

**Tabla 1**. Matriz de términos clave

|  |  |
| --- | --- |
| **ESPAÑOL** | **INGLÉS** |
| Producto terminado | Finished product |
| Residuos de madera | Wood waste |
| Viruta | Wood chip / wood shavings |
| Muebles | Furniture |

Fuente: Elaboración propia (2021)

Las fuentes secundarias de información definidas para la revisión documental, se orientó en la base de datos de Scopus desarrollada por Elsevier, seleccionada por su alto contenido de información no solo a nivel local sino internacional y el impacto de las publicaciones incluidas en este servidor (De Moya-Anegón et al., 2007), lo que permite acceder a la información científica incluida en medios de reconocimiento científico, adicional al incluir patentes en la base de datos de Scopus, se complementa el proceso con un enfoque de vigilancia tecnológica de las patentes incluidas bajo los parámetros de búsqueda, consultando información en inglés y español durante una ventana de observación que comprende el período 2010 a 2021.

Como estrategia metodológica a partir de los términos clave y las fuentes secundarias de información, se inició un proceso iterativo que permitió refinar los términos clave y perfeccionar las ecuaciones, de tal forma que en los documentos consultados se revisó detenidamente términos utilizados para referirse al objeto de la investigación.

Lo que permitió identificar la evolución de bibliografía científica desarrollada frente a las alternativas de producción de bienes terminados a partir de residuos sólidos de madera, pues como alternativa de desarrollo científico y tecnológico, es vinculante la generación, publicación y apropiación social del conocimiento frente a las alternativas de desarrollo de productos terminados en este tipo de materiales, por lo que realizando una búsqueda especializada en la base de datos de Scopus, a través de la ecuación de búsqueda:

1. *( TITLE-ABS-KEY ( {finished product} ) OR TITLE-ABS-KEY ( {furniture} ) AND TITLE-ABS-KEY ( {wood waste} ) OR TITLE-ABS-KEY ( {wood shavings} ) ) AND ( LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2021 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2020 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2019 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2018 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2017 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2016 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2015 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2014 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2013 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2012 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2011 ) OR LIMIT-TO ( PUBYEAR , 2010 ) )*

La información recuperada en la búsqueda fue sistematizada a través de matrices, en el que se detallaba la información principal del producto y su aporte al proceso de revisión documental, verificando los registros para establecer la relación con alternativas para el desarrollo de productos terminados, permitiendo identificar el desarrollo temático de esta área y las oportunidades para su desarrollo científico y tecnológico.

**4. Resultados**

**4.1. Resultados documentales de alternativas para el desarrollo de productos terminados**

Como parte del proceso de búsqueda especializada según los parámetros de vigilancia tecnológica, compuesto por los términos: “Finised Product”, “Furniture”, “Wood Waste”, “Wood Shavings”, lo que permite conocer la bibliografía referenciada en la base de datos Scopus en la ventana de observación 2010-2021, consolidándose un total de 56 documentos indexados, búsqueda especializada que ha propiciado recopilar información bibliográfica y bibliométrica de publicaciones relacionadas con el desarrollo de productos terminados y su asociación con el aprovechamiento de residuos sólidos, específicamente los relacionados con materiales en madera. A continuación, la gráfica 1 presenta la evolución por año de las publicaciones incluidas en este circuito de la ciencia.

**Gráfica 1.** Documentos publicados por año 2010-2021

Gráfico, Gráfico de líneas

Descripción generada automáticamente

Fuente: Consulta especializada en Scopus (2021)

Con base en esta información se ha logrado identificar la evolución progresiva de la curva de literatura, logrando un máximo de publicaciones incluidas en los últimos diez años en el año 2020, el ciclo de descenso de 2021 se interpreta dado que es un periodo aún en vigencia, pero que igualmente demuestra la continuidad del campo temático de investigación en el tema durante este periodo. Esta información se complementa a continuación realizando un análisis del listado de países con publicaciones en el tema el cual se presenta en la gráfica 2.

**Gráfica 2.** Publicaciones por países en la ventana 2010-2021

Gráfico, Gráfico de barras

Descripción generada automáticamente

Fuente: Consulta especializada en Scopus (2021)

Sobresale de esta lista el liderato de países como Indonesia y Brasil, en número de publicaciones indexadas, y como dato de acuerdo con la naturaleza del proyecto de investigación, se identifica que en Colombia se cuenta con publicaciones indexadas en estos campos, lo que permite identificar potencial de desarrollo en el tema de producción de bienes terminados a partir de este material y su documentación como campo emergente en las áreas de conocimiento. Con el fin de profundizar este factor y a partir de un análisis de las palabras clave en la búsqueda especializada, se ha estructurado una red semántica de los principales temas asociados, presentados en la gráfica 3.

**Gráfica 3.** Red semántica de palabras clave vinculadas a publicaciones

Diagrama

Descripción generada automáticamente

Fuente: Elaboración propia a partir de consulta especializada en Scopus (2021)

Acorde con esta red semántica se identifican las líneas de investigación asociadas relacionadas con las áreas especializadas de tratamiento de materiales, hasta los impactos y efectos económicos, sociales y ambientales vinculados a la producción de productos terminados en madera, lo que representa un campo amplio de conocimiento y oportunidades de desarrollo de bibliografía científica a partir de las distintas ópticas que se vinculan a esta corriente de la ciencia.

Finalmente, a partir del contexto de la bibliografía científica, en conjunto con los criterios establecidos para el desarrollo de una vigilancia tecnológica resultado de la búsqueda especializada de patentes, se han identificado que las alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir de residuos de madera corresponden a los siguientes códigos IPC presentados en la tabla 2.

**Tabla 2.** Códigos de clasificación internacional de patentes – IPC

| **CÓDIGO** | **DESCRIPCIÓN** |
| --- | --- |
| A47B | Mesas; escritorios; muebles de oficina; armarios; cajones; detalles generales del mueble. |
| B09B | Eliminación de residuos sólidos |
| B32B | Productos en capas, es decir, productos construidos de estratos de forma plana o no plana |
| B27D | Carpeta de trabajo o madera contrachapada (aplicación de líquidos u otros materiales fluidos a las superficies en general b05; esmerilado, lijado o pulido de la madera b24; aplicación de adhesivos o cola a las superficies de madera b27g 11/00; fabricación de la chapa de madera b27l 5/00) |
| B27M | Trabajos de madera no incluidos en las subclases b27b - b27l; fabricación de artículos específicos de madera |
| B27N | Fabricación por secado de artículos, con o sin aglantes orgánicos, fabricados con partículas o fibras de madera o de otro material lignocelulósico o similar orgánico |

Fuente: Elaboración propia con base a los resultados obtenidos de bases de datos de Patentes (2021)

De esta forma, se han identificado productos terminados clasificados principalmente de la rama mobiliaria, que de acuerdo con información disponible en los registros de patentes incluidos en bases de datos se asocian con la fabricación de productos terminados a partir del aprovechamiento de los residuos de madera y su uso y funcionalidad como parte de la industria manufacturera de muebles.

**5. Conclusiones o Discusión**

Teniendo en cuenta el proceso de revisión documental realizado en la temática de alternativas para el desarrollo de productos terminados a partir de residuos sólidos de madera, siguiendo una metodología diseñada desde la búsqueda especializada, que propició acceder a registros de conocimiento científico y tecnológico con visibilidad e indexación internacional. Se ha identificado que desde el campo científico esta área representa un eje temático que desde distintas comunidades científicas se continua en la profundización de opciones que permitan el aprovechamiento de los residuos sólidos de la madera para el desarrollo de productos con valor agregado y otras alternativas para optimizar el uso de recursos y minimizar los efectos ambientales.

De esta forma se han identificado en el marco documentado la vinculación de distintas ópticas relacionadas con áreas como: la ingeniería de materiales, la manufacturación de productos y las buenas prácticas relacionadas con la sostenibilidad; inferencias realizadas a partir del análisis de publicaciones realizado con los términos clave de la búsqueda especializada en esta corriente del conocimiento.

De la misma forma, coexiste una limitación relacionada con la mirada de bases de datos internacionales como Scopus, que también propicia insumos para un proceso de vigilancia tecnológica e identificar patentes registradas y relacionadas con la producción de bienes terminados a partir del aprovechamiento de residuos sólidos de madera, principalmente con la categoría de muebles, enseres y productos afines, estableciéndose distintos productos de empresas internacionales asociadas al registro de dichas patentes, lo que se traduce en una oportunidad de profundizar productos patentados y sus características en los contextos nacionales e internacionales, a partir de los registros en bases especializadas en patentes.

Como reflexión final desde la teoría, sobresale la asociación de buenas prácticas como el aprovechamiento de residuos sólidos en la industria de madera, como alternativa para manufacturar productos de valor agregado o para vincular nuevas áreas del conocimiento científico y tecnológico que propicien enriquecer las discusiones y debates desde las distintas ópticas de la ciencia, con el fin de propiciar soluciones en el marco de una agenda de sostenibilidad, y la propuesta de una oferta de valor agregado a partir de factores de diferenciación técnica, tecnológica y con sentido ambiental.

**Referencias**

Agüeso, B. (2019). El proceso de transformación de la madera. Maderea. <https://www.maderea.es/el-proceso-de-transformacion-de-la-madera/>

BNDES. (2008). Wood Panels in Brazil: Panorama and Perspectives [Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas]; BNDES: Rio de Janeiro, Brazil, pp. 121–156. Available online: <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/bnset/set2706.pdf>

Branciforti, M.C.; Marinelli, A.L.; Kobayashi,M.; Ambrosio, J.D.; Monteiro, R.M.; & Nobre, A.D. (2009). Wood Polymer Composites Technology Supporting the Recovery and Protection of Tropical Forests: The Amazonian Phoenix Project. *Sustainability* 1, 1431–1443.

Burton, J.P., Messier, C., Smith, D.W., & Wiktor, L.A. (2003). Towards Sustainable Management of the Boreal Forest. NRC Research Press, Ottawa.

De Carvalho, C., Salvador, R., Moro, C., Sokulski, C., De Francisco, C., & De Carvalho Araujo, S. (2019). Circular Economy Practices on Wood Panels: A Bibliographic Analysis. *Sustainability.* 11, 1-21. doi:10.3390/su11041057

De Moya-Anegón, F., Chinchilla-Rodríguez, Z., Vargas-Quesada, B., Corera-Álvarez, E., Muñoz-Fernández, F., González-Molina, A., & Herrero-Solana, V. (2007). Coverage analysis of Scopus: A journal metric approach. *Scientometrics*, *73*(1), 53-78.

EMF—Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards a Circular Economy-Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition; Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK.

FAOSTAT—Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#country>

García Acevedo, J. A., Martínez Rincón, D. S., & Sánchez Arias, L. O. (2021). Elaboración de un Plan de Negocio Para la Fabricación de Productos a Partir del Aprovechamiento de Residuos de Madera. *Trabajo de Grado,* Universidad de Santander, Colombia.

Ghisellini, P., C. Cialani, and S. Ulgiati. (2016). A review on circulareconomy: The expected transition to a balanced interplay of en-vironmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114: 11–32

Güneri, A. (2005). Handbook of Polymers in Construction. Smithers Rappa, Shrewbury.

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy? An assessment of material ﬂows,waste production, and recycling in the European Union and theworld in 2005. Journal of Industrial Ecology 19(5): 765–777

Hahn, T.M., (1982). Wood in our energy future. *Forest & Conservation History*. 26, 148–153.

Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y Baptista-Lucio, P. (2014). Desarrollo de la perspectiva teórica: revisión de la literatura y construcción del marco teórico. En Metodología de la Investigación (6ª ed., pp. 58-87). México: McGraw-Hill.

Kim, M.H.; Song, H.B. (2014). Analysis of the global warming potential for wood waste recycling systems. *J. Clean. Prod.* 69, 199–207. [CrossRef]

Lieder, M. & A. Rashid. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115: 36–51.

Lykidis, C., & Grigoriou, A. (2008). Hydrothermal recycling of waste and performance of the recycled wooden particleboards. *Waste Manage*. 28s, 57–63.

MERAF, (2002). Multi-Pollutant Emissions Reduction Analysis Foundation (MERAF) for the Lumber and Allied Wood Products Sector. The Canadian Council of Ministers of Environment.

Monroe, P.A., Blalock, L.B., & Vlosky, R.P., (1999). Work opportunities in a nontraditional setting for women exiting welfare: a case study. J. Family Econ. Issues 20, 35–60.

Murphy, J.A., Smith, P.M., & Wiedenbeck, J., (2007). Wood residue utilization in Pennsylvania: 1988 vs. 2003. *Forest Products Journal.* 57, 101–106.

OCDE (Organization for Economic Cooperation and Development). (2011). Resource productivity in the G8 and the OECD—A reportin the framework of the Kobe 3R Action Plan. [www.oecd.org/env/waste/47944428.pdf](http://www.oecd.org/env/waste/47944428.pdf).

Tisserant, A., Pauliuk, S., Merciai, S., Schmidt, J., Fry, J., wood, R., & Tukker, A. (2017) Solid Waste and the Circular EconomyA Global Analysis of Waste Treatment and Waste Footprints. *Journal of Industrial Ecology.* 21(3), 628-640.

1. *Ponencia en el marco del proyecto: “Aprovechamiento de residuos sólidos y reducción de material particulado en fábricas de muebles de madera mediante el desarrollo de soluciones tecnológicas enfocadas a la optimización en el consumo de materia prima y reducción de su impacto ambiental en los entornos laborales” financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia.*

   PhD en Administración, Profesora Investigador. Universidad del Atlántico, Colombia. [hildaestrada@mail.uniatlantico.edu.co](mailto:hildaestrada@mail.uniatlantico.edu.co) [↑](#footnote-ref-1)
2. MSc. en Proyectos de Desarrollo Social, Investigador Emérito. [hsaumett@gmail.com](mailto:hsaumett@gmail.com) [↑](#footnote-ref-2)
3. MSc. en Administración de Empresas e Innovación, Profesor. Universidad Simón Bolívar, Colombia. [emelamed@unisimonbolivar.edu.co](mailto:emelamed@unisimonbolivar.edu.co) [↑](#footnote-ref-3)
4. BSc. en Administración de Empresas, Investigadora. Universidad del Atlántico, Colombia. [annpalaciof@gmail.com](mailto:annpalaciof@gmail.com) [↑](#footnote-ref-4)