

B 4.3

LA VALORIZACIÓN EN CASCADA DE LA BIOMASA LIGNOCELULÓSICA COMO UNA DE LAS CLAVES PARA LA ECONOMÍA CIRCULAR

<https://www.argentinaforestal.com/2021/08/29/biomasa-lignocelulosica/>



Autor: Nicolás Martín Clauser

Becario posdoctoral del CONICET y docente de la UNaM. Programa de Celulosa y Papel, Instituto de Materiales de Misiones (IMAM) de la UNaM y el CONICET



Autora: María Evangelina Vallejos

Investigadora Adjunta del CONICET y docente de la UNaM. Programa de Celulosa y Papel, Instituto de Materiales de Misiones (IMAM) de la UNaM y el CONICET



Autora: María Cristina Area

Investigadora Principal del CONICET y Profesora Titular de la UNaM. Programa de Celulosa y Papel, Instituto de Materiales de Misiones (IMAM) de la UNaM y el CONICET

La necesidad de aprovechar de manera eficiente los recursos naturales renovables ha generado nuevos enfoques de valorización de diversos tipos de materiales lignocelulósicos disponibles en cada región de nuestro país. Estos enfoques deberían estar alineados con los objetivos de los conceptos de bioeconomía y economía circular para contribuir con el desarrollo sostenible de las regiones, teniendo en cuenta el entorno geográfico y los recursos humanos, económicos y ambientales disponibles para que se mantenga en el tiempo. En el Noroeste Argentino (NEA) hay una importante cantidad de biomasa lignocelulósica sub-aprovechada y de bajo costo, proveniente de la agroindustria y forestoindustria. Particularmente nos referiremos a subproductos de madera, como ramas, despuntes, corteza, aserrín, virutas, etc.

Los materiales lignocelulósicos se componen principalmente de polímeros naturales (celulosa, hemicelulosas y lignina) acompañados de otros componentes que se encuentran en menor proporción (proteínas, extractivos y minerales inorgánicos). La tendencia mundial es el desarrollo de diversas estrategias para el aprovechamiento de materiales lignocelulósicos a través de las plataformas de biorrefinería. En este marco puede combinarse la producción energética (vapor, pellets, etanol, entre otros), alimentos (xilitol, jarabes, sorbitol, entre otros), químicos (ácidos, furfural, entre otros) y otros productos de alto valor. Estas estrategias dependen del tipo de materia prima, la proporción y composición química de sus principales componentes (hemicelulosas, celulosa y lignina), la disponibilidad local y regional, y las condiciones socioeconómicas de la región, entre otros factores.

Valorización en cascada de materias primas lignocelulósicas

Las estrategias de valorización de la biomasa lignocelulósica han evolucionado considerablemente en la búsqueda de esquemas tecnológicos más eficientes y sustentables que maximicen los beneficios económicos y minimicen el impacto ambiental de su procesamiento. Una de estas estrategias es el denominado “uso en cascada”.

En este caso, teniendo en cuenta las características de cada materia prima, se separan los diferentes componentes de la biomasa lignocelulósica aplicando más de una etapa cronológicamente secuencial y luego cada uno de estos componentes se utiliza individualmente para producir distintos productos de alto valor. Los subproductos y desechos de un proceso de producción se utilizan para alimentar otros procesos de producción o para energía. Así, únicamente los residuos no aprovechables en otros usos se convierten en energía y también los productos al final de su ciclo de vida, lo que también tiene en cuenta el potencial de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero. Las biorrefinerías pueden contribuir así a los principios de una “sociedad sin desperdicios”.

La intención es que el uso en cascada de la biomasa contribuya a una mayor eficiencia en el uso del recurso, reduciendo la presión sobre el medio ambiente. Esto permite utilizar estas materias primas de manera eficiente y completa, produciendo una diversa gama de los productos y minimizando los residuos.

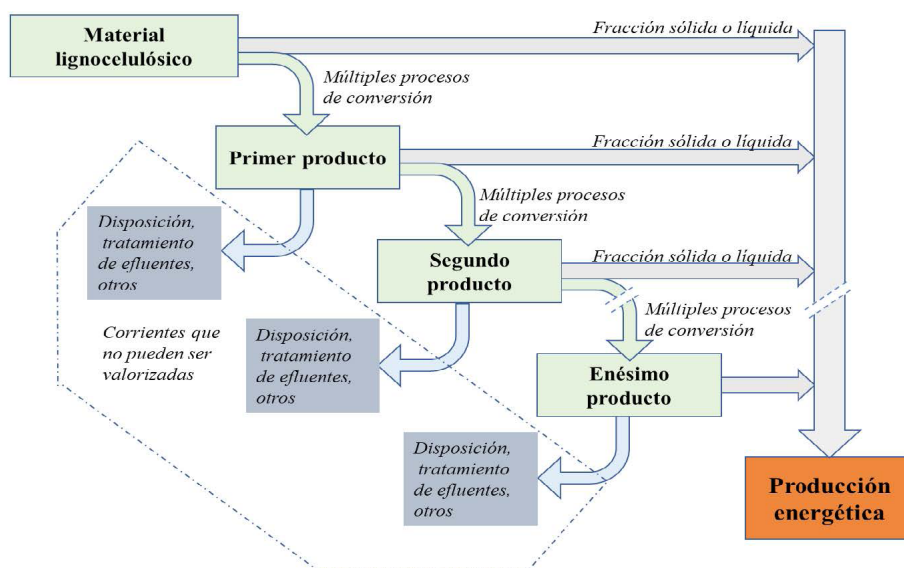


Figura 1. Valorización de biomasa en cascada.

Existen varias clasificaciones del uso en cascada de la biomasa. Por ejemplo, centrándose en los productos, algunos estudios diferencian el uso en cascada de una etapa, en el cual la biomasa se usa para un producto final y este producto final se usa directamente para la producción energética, y de múltiples etapas, donde la biomasa se emplea para producir un producto final y este producto final se utiliza al menos una vez más como material, antes de emplearse para la producción energética.

Adicionalmente, algunos autores distinguen tres enfoques de uso en cascada. El primero, *cascada en tiempo*, que consiste en el uso secuencial de la biomasa, pero teniendo en cuenta, además, el uso, reúso y reciclaje de los productos obtenidos. En el segundo, *cascada en valor*, se busca el esquema que brinde la máxima valorización de la biomasa. El tercer enfoque, *cascada en función*, busca optimizar la coproducción, es decir, la generación de la mayor variedad de productos. Posteriormente a este último enfoque suele aplicarse un enfoque en valor o en tiempo.

Las diversas metodologías existentes para el diseño de procesos empleando un enfoque en cascada dependen principalmente del alcance geográfico (regional, global, otro) y de la información disponible sobre los requerimientos tecnológicos y los procesos involucrados. Normalmente se emplean modelos matemáticos y métodos holísticos, entre otros, con el objetivo de obtener indicadores que permitan determinar el potencial del esquema analizado.

Si bien hay pocos antecedentes de biorrefinerías enfocadas en el uso en cascada de la biomasa, se han realizado diversos estudios sobre biorrefinerías multiproductos y biorrefinerías integradas para la valorización de la biomasa, que pueden ser la base para un diseño de procesos que contemple el uso en cascada y permita comparar y determinar indicadores económicos, sociales y ambientales.



Potencialidad y desafíos de la producción en cascada

Las biorrefinerías debieran adoptar un enfoque en cascada para el uso de sus insumos, favoreciendo los productos de mayor valor agregado y recursos eficientes, como los bioproductos y los biomateriales, en lugar de la bioenergía.¹ La industria forestal permitiría una utilización de flujo lateral altamente eficiente y en cascada debido a su infraestructura bien desarrollada y experiencias en cascada en la industria de pulpa y papel. Sin embargo, es necesario superar las barreras de la política y legislación de bioenergía y biocombustibles, que solo respalda el uso energético de la biomasa y no el uso en cascada.² Este problema es claro en Argentina y en algunas provincias, como Misiones.

La utilización en cascada de los componentes extraídos de los materiales lignocelulósicos permitiría la producción de productos de alto valor a partir de cada componente, entre otros:

- Pulpa de disolución, nanocelulosa, adhesivos, recubrimientos y productos químicos a partir de la celulosa.
- Azúcares fermentables, moléculas para la síntesis de productos químicos de mayor valor, biofilmes, y carriers de uso farmacéutico a partir de las hemicelulosas.
- Fibras de carbono, bioplásticos, y productos químicos a partir de la lignina.
- La aplicación a escala comercial de las biorrefinerías de biomasa lignocelulósica requiere resolver los desafíos relacionados a la demanda de energía, el costo de capital y la eficiencia de los procesos. Algunos aspectos que se tienen que considerar en este sentido son:
 - La optimización de los pretratamientos según la composición química, características y tipo de biomasa lignocelulósica.
 - La elaboración de modelos de uso en cascada para la selección de la biomasa apropiada para los diversos productos según sus valores de mercado.
 - El diseño de procesos integrados para el aprovechamiento de la biomasa teniendo en cuenta la interdependencia de los procesos y los aspectos económicos de los productos y sus mercados.

¹Carus, M., Dammer, L., Essel, R., Quo vadis, cascading use of biomass? Hürth (Germany), March 2015.

²Expert Group Report Review of the EU Bioeconomy Strategy and its Action Plan, European Union, 2017. https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/Expert_group_report.PDF

- Además, para la implementación eficaz del concepto de uso en cascada, es necesario tener en cuenta algunos aspectos importantes:
- En contraste con el apoyo político que han recibido en los últimos años la bioenergía y los biocombustibles, los bioproductos y biomateriales han quedado relegados.
- Las cadenas de suministro de materias primas deberían fortalecerse, comenzando por los productores y transportistas.
- Para el caso de los biocombustibles, se ha generado infraestructura de clasificación de residuos y su tratamiento. Para el caso de los bioproductos y biomateriales debiera actuarse de la misma manera.
- Es imprescindible concientizar a los consumidores y la industria respecto a las posibilidades y beneficios sobre nuevos los bioproductos y biomateriales que podrían obtenerse en estas plataformas.

Políticas para el uso en cascada

Varios estudios han analizado el marco de políticas que promueve el uso en cascada de la madera, llegando a la conclusión de que es necesario armonizar las medidas legislativas sobre disponibilidad y uso de los recursos, desarrollar métodos estandarizados para la clasificación de materiales, clasificación de productos y nomenclatura empleada en el área de bioeconomía, entre otras.

Finlandia, Alemania, Suiza, Francia y Austria son algunos de los países que han analizado el principio de uso en cascada desde una perspectiva política, proponiendo lineamientos que promuevan su aplicación. En Europa, una de las acciones de la Comisión para la implementación de los objetivos de la Estrategia de Bioeconomía de la Unión Europea, basadas en el Séptimo Programa Marco (7PM), Horizonte 2020 y las Asociaciones Europeas para la Innovación (EIPs), buscó promover el establecimiento de redes con la logística necesaria para las biorrefinerías integradas y diversificadas, las plantas piloto y demostrativas, el uso en cascada de la biomasa y los flujos de residuos.³

En Argentina, en los últimos años se han desarrollado lineamientos en el área de bioeconomía.

En 2012 se creó el Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa PROBIOMASA, entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, y la Secretaría de Gobierno de Energía del Ministerio de Hacienda, con la asistencia técnica y administrativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).⁴ “El Proyecto tiene como objetivo principal incrementar la producción de energía térmica y eléctrica derivada de biomasa a nivel local, provincial y nacional, para asegurar un creciente suministro de energía limpia, confiable y competitiva y, a la vez, abrir nuevas oportunidades agroforestales, estimular el desarrollo regional y contribuir a mitigar el cambio climático.” Pese a que una de sus líneas de acción es “Generar valor agregado impulsando la creación de biorrefinerías para la producción integrada de alimentos, energía y químicos”, el Proyecto PROBIOMASA, ha realizado importantes

³European Commission, COM (2012) 60 Final. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe Strategy for “Innovating for Sustainable Growth: A bioeconomy for Europe” Brussels, 13.2.2012.

⁴UTF/ARG/020/ARG - Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa – PROBIOMASA, <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/>

acciones de concientización, capacitación y apoyo sobre todo para la concreción de emprendimientos energéticos.

En 2018, “en línea con la tendencia mundial hacia el reemplazo de los recursos combustibles fósiles por recursos biológicos renovables, el Ministerio de Agroindustria creó hoy la Comisión Nacional Asesora en Biomateriales (COBIO-MAT)”, dada la identificación de “una gran oportunidad para desarrollar la cadena de valor de los biomateriales, que va desde la investigación y el desarrollo necesarios para el aprovechamiento de la materia prima hasta las herramientas de identificación y promoción del producto ante el consumidor. Pasando también por aspectos importantes como la estrategia de aprovechamiento inteligente de la biomasa e incluso el diseño industrial como herramienta para potenciar el agregado de valor e industrialización.”⁵

Si bien estas iniciativas favorecen indirectamente a la estrategia de producción en cascada de la biomasa lignocelulósica, aún no se han desarrollado lineamientos integrados que lo propicien.

Comentarios finales

Para optimizar la valorización de la biomasa forestal debiera propiciarse su uso en cascada. Esto significa priorizar el uso de la biomasa para obtener bioproductos o biomateriales y utilizarlos como energía solamente cuando no exista una opción de mayor valor.⁶

Las cascadas solo se establecen si tienen sentido económicamente, pero la economía está influenciada tanto por factores comerciales como por el apoyo público (por ejemplo, a través de incentivos políticos). Hay una fuerte impresión de que mientras la bioenergía esté fuertemente subsidiada, es altamente improbable que se establezcan o mejoren cascadas más efectivas.

Al considerar el uso en cascada, es extremadamente importante tener en cuenta las interrelaciones entre la recolección de la biomasa y las políticas de manejo, las medidas de secuestro de carbono, las estrategias de manejo en el bosque, las estrategias de eficiencia de recursos y las políticas energéticas, ya que son complejas e influyen entre sí. Por lo tanto, la implementación del uso en cascada de la madera no es un debate unidimensional sino todo un conjunto de interacciones de políticas complejas. La armonización de políticas aún debe permitir un espacio para cada situación única del país en términos de disponibilidad y utilización de la madera. Los ejemplos positivos de sistemas en cascada y de reciclaje muestran que la concientización y aceptación del público es clave.

Las inversiones en bioeconomía brindan oportunidades prometedoras para el desarrollo de las economías locales y globales. La implementación de industrias de base biológica puede desencadenar la creación de empleo, desarrollar áreas rurales y, en consecuencia, mejorar las economías locales. **La creación de biorrefinerías puede permitir que las pequeñas instalaciones generen productos de base renovable adicionales y nuevos mientras se utiliza la materia prima disponible en la región.** El diseño de biorrefinerías es un estudio complejo que incluye una gran cantidad de posibilidades de producción para lo cual se debe tener en cuenta el tipo de materias primas, tecnologías,

⁵Se creó la Comisión Nacional Asesora en Biomateriales, 26/04/2018, https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/prensa/index.php?accion=noticia&id_info=180426135948

⁶Consultoría para el desarrollo de nuevos productos foresto-industriales en la Argentina. La sostenibilidad como un instrumento de desarrollo de sectores productivos estratégicos. RND/CAR - Banco Interamericano de Desarrollo. Informe de María Cristina Area con la colaboración de María E. Vallejos; Nicolás M. Clauser; Laura G. Covinich; Giselle González. Abril 2019.

productos, contexto, caminos de transformación, aspectos logísticos y sociales, políticas y leyes. La definición de contexto y ubicación permitiría el desarrollo de soluciones locales. Los incentivos gubernamentales actuales, principalmente para la generación de bioenergía, hacen que avanzar en estrategias de producción en cascada sea una opción muy atractiva.

En los últimos años la producción y el uso de materiales lignocelulósicos ha crecido considerablemente y se estima que continuará aumentando en los próximos, a pesar de que la disponibilidad ha disminuido debido a la pandemia ocasionada por el COVID-19. En los próximos años se prevé una demanda creciente de recursos forestales para materiales y energía. En general, las consideraciones conceptuales y las aplicaciones prácticas de la cascada son muy populares en el sector de la madera, estimándose que la adopción del uso en cascada podría ayudar a moderar el impacto de esta demanda, debido a un uso más eficiente de los recursos.