

# Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050

Serie de divulgación - Volumen XII  
Dirección de Planificación  
Oficina de Planeamiento y Presupuesto

## Oportunidades para el futuro de la bioeconomía forestal en Uruguay

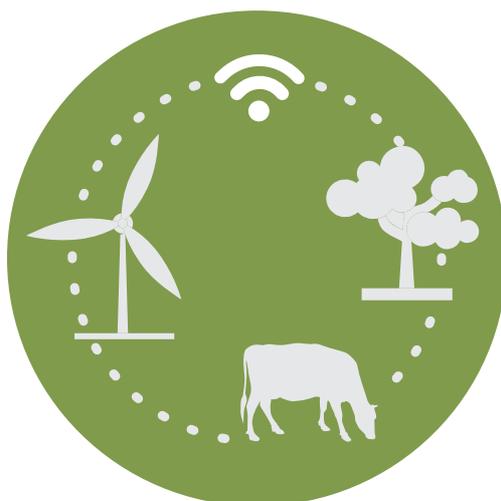




# *Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050*

*Serie de divulgación - Volumen XII  
Dirección de Planificación  
Oficina de Planeamiento y Presupuesto*

## **Oportunidades para el futuro de la bioeconomía forestal en Uruguay**



## **Dirección de Planificación**

Torre Ejecutiva Norte  
Plaza Independencia 710, 6to piso  
Montevideo, Uruguay  
Teléfono: (+598-2) 150 int. 3560  
Correo: [planificacion@opp.gub.uy](mailto:planificacion@opp.gub.uy)  
Sitio web: [www.opp.gub.uy](http://www.opp.gub.uy)

Montevideo, mayo de 2019.

© Oficina de Planeamiento y Presupuesto

## **Coordinación:**

Fernando Isabella

## **Redacción:**

Federico Rehermann

El presente documento es un producto de la Dirección de Planificación de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) que toma como insumo los reportes elaborados por VTT (VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.), la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República; y el Estudio Forestal Faroppa, en el marco de los respectivos convenios entre la OPP y dichas instituciones.

Se agradece la participación y aportes del grupo de gobernanza: Pedro Soust, Patricia Escudero y Gastón Martínez (DGF/MGAP); Francisco Cassella, María Noel Cabrera, Leonardo Clavijo, Andrés Dieste y Vanesa Baño (FING/UDELAR); Roberto Scoz (INIA); Gustavo Domínguez, Javier Doldan y Silvia Bothig (LATITUD); Cecilia Petraglia, Darío Fuletti, María Eugenia Silva y Mariela Buonomo (MGAP); Blanca Montejo, Sebastián Bianchi, Felipe Bertamini y Alicia Torres (MIEM); Cecilia Penengo, Daniel Collazo, Jorge Castro y Paola Visca (MOTMA); Cecilia Durán y Andrés Berterreche (Transforma Uruguay); Hernán Marisquirena, Victoria de Santiago y Javier López (Uruguay XXI).

Y en especial el trabajo y compromiso con este proyecto de: Gastón Mullin, Carolina Da Silva, Macarena González y Lucía Pittaluga.

Los contenidos del documento son considerados por la OPP como insumo para el debate ciudadano, y no reflejan necesariamente la opinión de las instituciones y expertos que participaron del proceso de elaboración del presente estudio prospectivo.

La OPP, se reserva todos los derechos. El contenido de esta publicación puede reproducirse parcial o totalmente sin previa autorización, siempre y cuando se mencione la fuente y no se use para fines comerciales.

Diagramación y diseño: Jorge Arévalo

Impresión: **CMIMPRESOS** – Depósito legal: 373.868

Edición amparada al decreto 218-996.

**Presidencia de la República Oriental del Uruguay**

Tabaré Vázquez  
Presidente

**Oficina de Planeamiento y Presupuesto**

Álvaro García  
Director

Santiago Soto  
Subdirector

**Dirección de Planificación**

Fernando Isabella  
Director



---

# Índice de contenido

<b>Prólogo</b> .....	7
<b>Introducción</b> .....	9
Lanzamiento del proyecto Bioeconomía forestal .....	10
Mapeo del estado de las ABF en el mundo .....	10
Identificación de brechas y necesidades de las ABF en Uruguay .....	10
Desarrollo de una visión común para las ABF en Uruguay .....	11
Desarrollo de una hoja de ruta para las ABF en Uruguay .....	11
<b>Políticas públicas en la transición hacia la bioeconomía forestal</b> .....	12
<b>La bioeconomía forestal a nivel global: situación y estrategias</b> .....	14
Estrategia de bioeconomía de la Unión Europea .....	17
<b>Oportunidades de forestal en Uruguay</b> .....	18
Oportunidades transversales a las cinco Áreas de Bioeconomía Forestal .....	19
Alentar a inversionistas y empresas a involucrarse en áreas específicas.....	20
Fomento de la creación de redes para el uso de subproductos, residuos y desechos (corrientes secundarias) de la industria forestal .....	22
Maximizar el valor de la base de recursos forestales existentes .....	24
<b>Oportunidades relacionadas con el manejo forestal</b> .....	27
Apoyo al emprendimiento y las competencias en la gestión forestal .....	29
Valorización del bosque nativo .....	30
<b>Oportunidades relacionadas con la transformación mecánica de la madera</b> .....	34
Creación de un entorno operacional atractivo para productos de ingeniería de la madera (EWP) .....	38
Adaptar productos competitivos de EWP a los requisitos internacionales .....	43
<b>Oportunidades relacionadas con la transformación química de la madera</b> .....	47
Diversificar los tipos de pulpa producida .....	49
Promover la producción de ciertos tipos de papel y cartón específicos, a partir de pulpa local .....	53
Apoyo a los actores nacionales para desarrollar nuevos productos de pulpa de eucalipto .....	55
<b>Oportunidades relacionadas con la biorrefinería a partir de biomasa forestal</b> .....	57
Invertir en nuevos bioproductos a partir de flujos secundarios de pulpeado .....	58
Desarrollo de materiales y aplicaciones químicas utilizando la corteza disponible en aserraderos .....	60
<b>Oportunidades relacionadas con la bioenergía a partir de biomasa forestal</b> .....	62
Producción de biocombustibles de segunda generación basados en biomasa forestal .....	63
Potenciar la producción de calor y energía en los sitios dónde la industria está instalada.....	64
Producir biocombustibles sólidos de fácil almacenamiento a partir de residuos del procesamiento de madera.....	66
<b>Bibliografía</b> .....	68
<b>Anexo I. Planes relacionados con la bioeconomía en el mundo</b> .....	74
<b>Anexo II. Factores críticos de la línea de base hacia una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)</b> .....	75



---

# Prólogo

Con el objetivo de desarrollar y fortalecer las capacidades de mirada a largo plazo, la Oficina de Planeamiento y Presupuesto ha puesto a disposición del conjunto de los tomadores de decisiones de la sociedad, tanto del ámbito público como privado, una serie de insumos estratégicos.

Estos insumos, presentados durante los últimos años, forman parte del camino hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo; una estrategia que en su dimensión productiva prioriza algunos complejos productivos interrelacionados por dos núcleos de innovación: la economía digital y la bioeconomía.

La bioeconomía forestal, como subsector de la bioeconomía, ofrece una serie de oportunidades para mejorar la gestión de los recursos forestales e incrementar la diversificación de la cadena, orientada al desarrollo y la aplicación de conocimiento específico con valor agregado. Entre otras cosas, ofrece la posibilidad de posicionar a Uruguay en la investigación científica sobre nuevos usos de la celulosa, que incluyen incipientes desarrollos que la proponen como alternativa a diversos productos de origen fósil. Los avances en la política forestal de nuestro país desde 1987 han promovido la creación de un sector antes inexistente, y con ello oportunidades laborales, comerciales y de diversificación de la matriz productiva. Pero la sustentabilidad de estos avances hacia Uruguay 2050 es interpelada por nuevos desafíos y nuevas oportunidades. Por ello, el informe presentado a continuación propone oportunidades para cada una de las áreas de bioeconomía forestal, con recomendaciones de acción a corto, mediano y largo plazo. Es este el resultado de un extenso y profundo trabajo de articulación intersectorial y construcción de acuerdos entre múltiples actores, desarrollado durante dos años con el apoyo de expertos locales e internacionales.

Esperamos que estas hojas de ruta de acción sean de utilidad para decisores públicos y privados, y nos acerquen aún más a la visión de futuro del sector.

**Álvaro García**



# Introducción

El presente trabajo continúa el estudio sobre bioeconomía forestal hacia 2050 publicado en noviembre de 2018.<sup>1</sup> Ambos documentan los resultados del proceso prospectivo iniciado en agosto de 2017 y liderado por la Dirección de Planificación de la Oficina de Planeamiento y Presupuesto (OPP) con el apoyo de una amplia gobernanza en el marco de la construcción de la Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050. Este proceso busca dar cuenta de las oportunidades potenciales de mediano y largo plazo en el país para desarrollar el sector forestal-maderero (desde los viveros y el manejo de los bosques hasta las diferentes cadenas industriales asociadas) desde una perspectiva de bioeconomía que sea parte del proceso global de transito desde una economía de base petroquímica hacia una de base biológica, mediante incorporación de nuevos bioprocesos en la producción de bienes y servicios con mayor valor agregado, a través de un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

A impulsos de la creciente conciencia acerca de lo limitado de la disponibilidad de estos recursos, del incremento poblacional mundial, de la necesidad de establecer caminos sostenibles de producción y consumo y de los compromisos en el Acuerdo Climático de París, la bioeconomía y el sector forestal, en particular, adquieren protagonismo como vehículos para alcanzar un equilibrio sostenible.

Además, otros procesos emergentes, como la digitalización naciente, la economía circular y la *servitización*<sup>2</sup> de las economías favorecen un cambio en el modelo productivo basado sobre combustibles fósiles en dirección a un modelo biobasado.<sup>3</sup>

Concretamente, este trabajo conducido por la Dirección de Planificación de la OPP se propuso identificar potenciales productos, tecnologías y procesos en torno de la madera para desarrollar valor agregado en el país con diversificación y transformación de la matriz productiva.

Para ello, se confeccionó una hoja de ruta de largo plazo que destaca distintos lineamientos estratégicos para el desarrollo forestal, en torno de una visión del

futuro deseable para el sector consensuada durante el proceso, desde la visión previa construida por el Consejo Sectorial Forestal Madera:

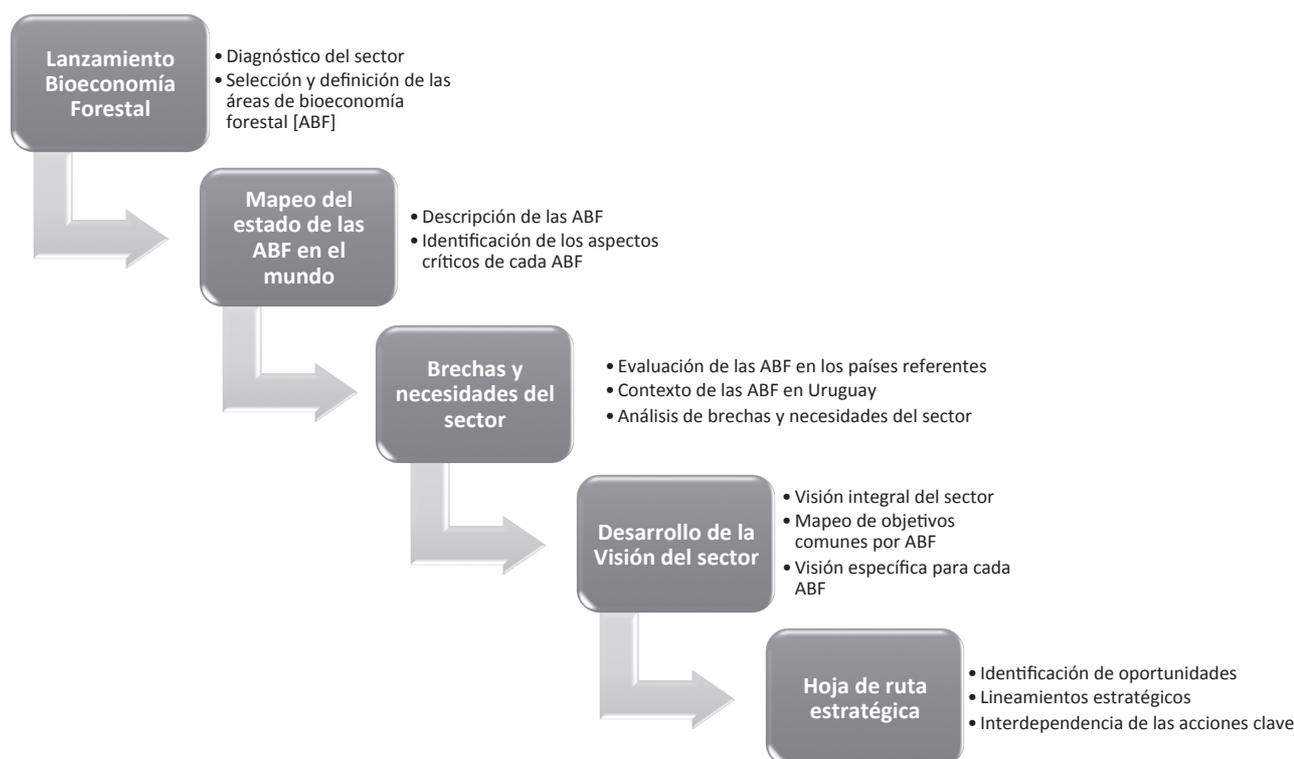
«Ser una cadena de bioeconomía de base forestal líder en la incorporación de tecnologías y procesos innovadores, que maximiza el uso eficiente de los recursos a través de una producción diversificada, contribuye al crecimiento económico y al desarrollo social descentralizado, promoviendo la sostenibilidad ambiental».

Al tratarse de un sector tan dinámico, se prevé el surgimiento de un sinnúmero de productos nuevos y transformadores, con mercados potenciales y atractivos considerables, que comprenden textiles, biocombustibles líquidos, químicos, bioplásticos y envases, entre otros.

El proceso de construcción del Proyecto sobre bioeconomía forestal 2050 comenzó el 18 de agosto de 2017, con la reunión de lanzamiento, movilización y coordinación del estudio prospectivo, en conjunto con el Centro Técnico de Investigación de Finlandia VTT y un equipo de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República, que asesoraron técnicamente a la Dirección de Planificación (DP-OPP) durante todo el proceso.

A partir de allí se estructuró la estrategia del plan de trabajo, confeccionando una gobernanza que acompañó, validó y coordinó el proyecto, integrada por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP), a través de la Dirección General Forestal (DGF) y la Oficina de Programación y Política Agropecuaria (OPYPA); el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM), desde la Dirección Nacional de Industrias (DNI); el Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA), desde la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA) y la Unidad de Cambio Climático; el instituto Uruguay XXI; el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Transforma Uruguay (TU), y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU).

**Figura 1. Plan de trabajo**



## **Lanzamiento del proyecto Bioeconomía forestal**

Para una selección y la posterior definición de las áreas de bioeconomía forestal (ABF), como punto de partida del proyecto, se trabajó en la elaboración de un diagnóstico del sector para conocer la situación actual del complejo forestal-madera-celulosa uruguayo.<sup>4</sup> Paralelamente, se definieron cinco ABF relacionadas entre sí: manejo forestal, transformación mecánica de la madera, celulosa y biomateriales, biorrefinería y bioenergía. Esta definición, el primer producto del estudio, se obtuvo a través de múltiples instancias de trabajo con las instituciones que conformaron la gobernanza del estudio, así como de instancias participativas para las que fueron convocadas diversas instituciones del sector público, de la academia, del sector privado y de la sociedad civil.<sup>5</sup>

## **Mapeo del estado de las ABF en el mundo**

A partir de una serie de talleres técnicos con participación de expertos finlandeses del instituto VTT y del Instituto de Recursos Naturales de Finlandia

(LUKE), así como del apoyo técnico de expertos locales de FING/UEDELAR, se desarrolló un análisis de la situación de partida de las ABF a nivel mundial, para identificar aspectos críticos en materia ambiental, tecnológica, política, económica y social en cada una de estas áreas, tomando en cuenta los países referentes en bioeconomía forestal (Australia, Brasil, Canadá, Chile, Finlandia, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Suecia).

## **Identificación de brechas y necesidades de las ABF en Uruguay**

Como resultado de una identificación de aspectos críticos en los niveles ambiental, tecnológico, económico, político y de infraestructura, se analizaron las brechas y necesidades del sector forestal uruguayo con respecto a los países de referencia. Para ello, se llevó a cabo una encuesta a especialistas en las distintas ABF en el mundo, en la que participaron cuarenta y cinco expertos con conocimiento del sector forestal en el ámbito internacional,<sup>6</sup> así como una jornada de trabajo con referentes sectoriales nacionales en la que participaron representantes del sector público, privado y académico.

4 Informe elaborado para Uruguay XXI por Estudio Forestal Faroppa (2018).

5 A lo largo del proceso se realizaron dos talleres en Montevideo, dos talleres en Tacuarembó y uno en Río Negro, con una participación total de aproximadamente ochenta actores del sector, cuyos nombres son incluidos en anexo.

6 Australia, Brasil, Chile, España, Estados Unidos, Finlandia, Holanda, Nueva Zelanda, Portugal, Sudáfrica, Suecia y Uruguay.

## *Desarrollo de una visión común para las ABF en Uruguay*

Con los insumos de las etapas anteriores, se trabajó en la construcción de una visión sobre cada una de las áreas de bioeconomía forestal abordadas, así como de una perspectiva integral para todo el sector hacia 2050, en conjunto con las instituciones de gobernanza y diversos actores relacionados con las actividades objeto de análisis.

## *Desarrollo de una hoja de ruta para las ABF en Uruguay*

Luego de validar la visión descrita, la última etapa del estudio consistió en la elaboración de una hoja de ruta como resultado de la identificación de una serie de oportunidades y acciones críticas necesarias para alcanzar esa visión consensuada del sector forestal hacia 2050. Así, a lo largo de todo el proceso se logró reunir a casi cien actores en distintos eventos y a treinta y cinco referentes del sector durante los talleres, tanto en Finlandia como en Uruguay, obteniendo múltiples insumos para el desarrollo de la estrategia.

**Tabla 1. Los números del proceso**

<b>Tarea 0 – Coordinación</b>	Taller de 35 actores y evento público con 96 participantes
<b>Tarea 1 – Evaluación de las ABF</b>	322 aspectos críticos identificados
<b>Tarea 2 – Necesidades y brechas</b>	440 actores globales
<b>Tarea 3 – Visión compartida</b>	Desarrollo en consulta con actores y gobernanza
<b>Tarea 4 – Hoja de ruta</b>	100 actores y 35 referentes del sector

Se trató de un proceso participativo, con la colaboración de aproximadamente ochenta actores del sector, entre técnicos de instituciones del Estado, empresarios, referentes sectoriales, sindicatos, organizaciones no gubernamentales y representantes de la sociedad civil, en torno de cinco talleres ejecutados a lo largo del proceso —dos en Montevideo, dos en Tacuarembó y uno en Río Negro—, además de los tres impartidos paralelamente en Finlandia.

Como corolario del proceso, este documento presenta un análisis de distintas estrategias, políticas, regulaciones y planes de acción para fomentar la transición hacia la bioeconomía forestal. En primer lugar, se presentan las estrategias y fundamentos de las políticas públicas en la transición hacia la bioeconomía forestal. A continuación, se incorpora el contexto internacional, describiendo el marco de políticas públicas en bioeconomía a nivel global. Por último, se exponen las principales oportunidades identificadas para las cinco áreas de la bioeconomía forestal en Uruguay.

# Políticas públicas en la transición hacia la bioeconomía forestal

La mayoría de las investigaciones sobre bioeconomía se han llevado a cabo principalmente en los ámbitos de las ciencias naturales y de la ingeniería. La transición hacia la bioeconomía debe abordar también, sin embargo, desafíos económicos, sociales y políticos para orientar la formulación de políticas públicas.<sup>7</sup>

Dicha transición puede apoyarse, entonces, en la aplicación y el desarrollo de marcos de apoyo adecuados e instrumentos de políticas públicas de promoción orientados al largo plazo y con objetivos socioeconómicos y ambientales claros.

Además, el Acuerdo Climático de París pone énfasis en el desarrollo y transferencia de tecnología, así como en el establecimiento de compromisos de reducción de emisiones y de adaptación al cambio climático para los estados, a través de las Contribuciones Nacionales (NDC).

En el contexto de la bioeconomía forestal, la integralidad del sector y la gestión ambiental se vuelven relevantes, no solo por el uso eficiente de los recursos, sino también por su protección ambiental, teniendo en cuenta la provisión de diversos servicios ecosistémicos que prestan los bosques y su entorno.<sup>8</sup>

En este sentido, en el curso de una consultoría encargada por la Dirección de Planificación en conjunto con la Alianza para la Acción hacia una Economía Verde (PAGE), se elaboró una línea de base para una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE), con el objetivo de contribuir en el análisis de los aspectos ambientales y sociales de la cadena forestal-madera-celulosa, en el desarrollo de su planificación y en la identificación de factores críticos que estructuran las tomas de decisiones, así como de tendencias, riesgos y oportunidades:

- distribución espacial de áreas forestadas,
- conservación y aprovechamiento del bosque nativo,
- diversificación productiva en el complejo forestal-madera-celulosa,
- generación de capacidades y empleos locales,
- logística.

Foxon *et al.*<sup>9</sup> identifican tres beneficios de promover políticas para tender hacia la bioeconomía:

1. creación de opciones para abordar problemas ambientales,
2. reducción del costo a largo plazo de la mitigación y el consecuente aumento de los retornos ambientales,
3. innovaciones que pueden inducir beneficios económicos (externalidades positivas).

De todas formas, este camino no está exento de obstáculos y desafíos. Al competir con productos y procesos de producción basados en combustibles fósiles, los sustitutos de base biológica se ven afectados por fallas del mercado, como la limitada internalización de los costos ambientales en el uso de combustibles fósiles.<sup>10</sup> Además, el horizonte temporal excepcionalmente largo para incorporar soluciones sostenibles supera el horizonte empresarial convencional, lo que desestimula el desarrollo de estos segmentos, en busca de retornos cortoplacistas.

7 OCDE (2009). *La bioeconomía a 2030: diseñando una agenda de políticas. Principales hallazgos y conclusiones de políticas*. Disponible en <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocietalchallenges/42837897.pdf>

8 Kleinschmit, D., Lindstad, B. H., Thorsen, B. J., Toppinen, A., Roos, A. y Baardsen, S. (2014). Tonos de verde: una mirada sociocientífica de la bioeconomía en el sector forestal, en *Scandinavian Journal of Forest Research*, 29 (4), 402-410. Disponible en [http://macroecointern.dk/pdf-reprints/Kleinschmit\\_SJFR\\_2014.pdf](http://macroecointern.dk/pdf-reprints/Kleinschmit_SJFR_2014.pdf)

9 Foxon *et al.* (2005).

10 Hagemann, N. *et al.* (2016). Posibles futuros hacia una bioeconomía de base forestal...

---

En consecuencia, la creación y la transición hacia la bioeconomía forestal sostenible contiene muchas características de mercado, fallas sistémicas y de transformación, dando legitimidad a la intervención pública en la promoción de la bioeconomía en general, así como del sector forestal en particular.

Según Bosman y Rotmans,<sup>11</sup> la transición hacia la bioeconomía es un proceso complejo, resultado de una evolución conjunta de desarrollos económicos, tecnológicos, institucionales, culturales y ecológicos a diferentes niveles de escala, con cambios transformadores que pueden tardar décadas y requieren de innovaciones tanto incrementales como radicales. Estas transformaciones implican múltiples visiones y desafían el *statu quo*, por lo que pueden enfrentar una fuerte resistencia de intereses creados en los sectores energético, petroquímico, agrícola y forestal.

En resumen, una estrategia en bioeconomía debe contener objetivos concretos, acciones enfocadas, actividades, medidas y objetivos que permitan luego definir responsabilidades de los ministerios, institutos de investigación y agencias, en la implementación de la estrategia. Dicha estrategia, basada en la explotación sostenible de las plantaciones forestales, podría dar como resultado relaciones simbióticas entre las industrias forestal, energética, tecnológica, química y de la construcción. Además de los impactos a nivel nacional, las soluciones de bioeconomía descentralizadas y eficientes en recursos pueden mejorar la autosuficiencia en regiones y lugares donde se produce y procesa la materia prima.

---

11 Bosman, R.; Rotmans, J. (2016). Transición de la gobernanza hacia una bioeconomía...

---

# La bioeconomía forestal a nivel global: situación y estrategias

Hetemäki y Hurmekoski<sup>12</sup> distinguen tres determinantes que están cambiando la estructura actual del sector forestal global:

- las cambiantes ventajas competitivas globales, con una notable participación de las inversiones de la industria forestal dirigidas a mercados de rápido crecimiento en Asia y regiones de producción de bajo costo, como Sudamérica;
- la disminución de la demanda de productos de papel y el estancamiento de la demanda de otros productos forestales en muchos países desarrollados;
- y la bioeconomía emergente y los nuevos productos y servicios que se espera brinden nuevas oportunidades para impulsar y diversificar la industria forestal.

El aumento sostenido de la demanda de productos forestales prevé que la superficie de bosque plantado seguirá aumentando en el futuro cercano.<sup>13</sup> Esta demanda pujante de productos forestales se ve impulsada, pero a la vez desafiada, por el desarrollo económico, las tendencias demográficas, los factores tecnológicos, el proceso de urbanización y la creciente demanda de energía.<sup>14</sup> A saber, el área de bosques plantados, que constituye el 7 % del área de bosque total, pasó de 168 a 278 millones de hectáreas entre 1990 y 2015, aumentando a una tasa anual de 1,2 % durante el último lustro; debajo de la tasa de 2,4% necesaria para abastecer las necesidades mundiales de madera y fibra.<sup>15</sup>

Gardiner y Moore<sup>16</sup> coinciden en que la demanda mundial de madera está aumentando sostenidamente y muestra perspectivas de crecimiento, al menos hasta 2030. Este aumento se debe a las tendencias demográficas y a la actividad económica, principalmente de China, India y Asia suroriental, y el uso creciente de madera para bioenergía en Europa. Los productos forestales que traccionarán este crecimiento de la demanda serán los relacionados con la bioenergía y los componentes de productos de ingeniería de la madera para la construcción; así como otros innovadores aun no disponibles en el mercado.

En esta misma línea, Pöyry<sup>17</sup> establece que las proyecciones a largo plazo sugieren que la demanda global de la mayoría de los productos forestales continuará creciendo, debido a la situación económica y demográfica en crecimiento.

En lo que respecta a la disponibilidad de madera, se proyecta una pérdida neta del área forestal hasta 2020, explicada por la merma del bosque primario, y desde entonces los aumentos de las áreas plantadas —en forestación y reforestación— compensarán progresivamente la caída, principalmente en los países de la OCDE y las grandes economías emergentes. Recién a partir de 2030, el área forestada recuperará las cantidades de 2010, por mejoras en la productividad agrícola y la estabilización poblacional, que irán disminuyendo la presión sobre los bosques.

---

12 Hetemäki, L. y Hurmekoski (2016). Forest Products Markets.

13 FAO (2015).

14 D'Annunzio *et al.* (2015). Proyección del área forestada global.

15 Payn *et al.* (2015).

16 Gardiner y Moore (2014).

17 Pöyry (2014). Mercado mundial de papel hasta 2030.

**Tabla 2. Evolución del área forestal global**

Área forestal global (1990 – 2015)				
Año	Bosque (miles de ha)	Período	Área (miles de ha)	Evolución* (%)
1990	4.128.269	-	-	-
2000	4.055.602	1990 – 2000	-72.667	-0,18
2005	4.032.743	2000 – 2005	-22.859	-0,11
2010	4.015.673	2005 – 2010	-17.070	-0,08
2015	3.999.134	2010 – 2015	-16.539	-0,08

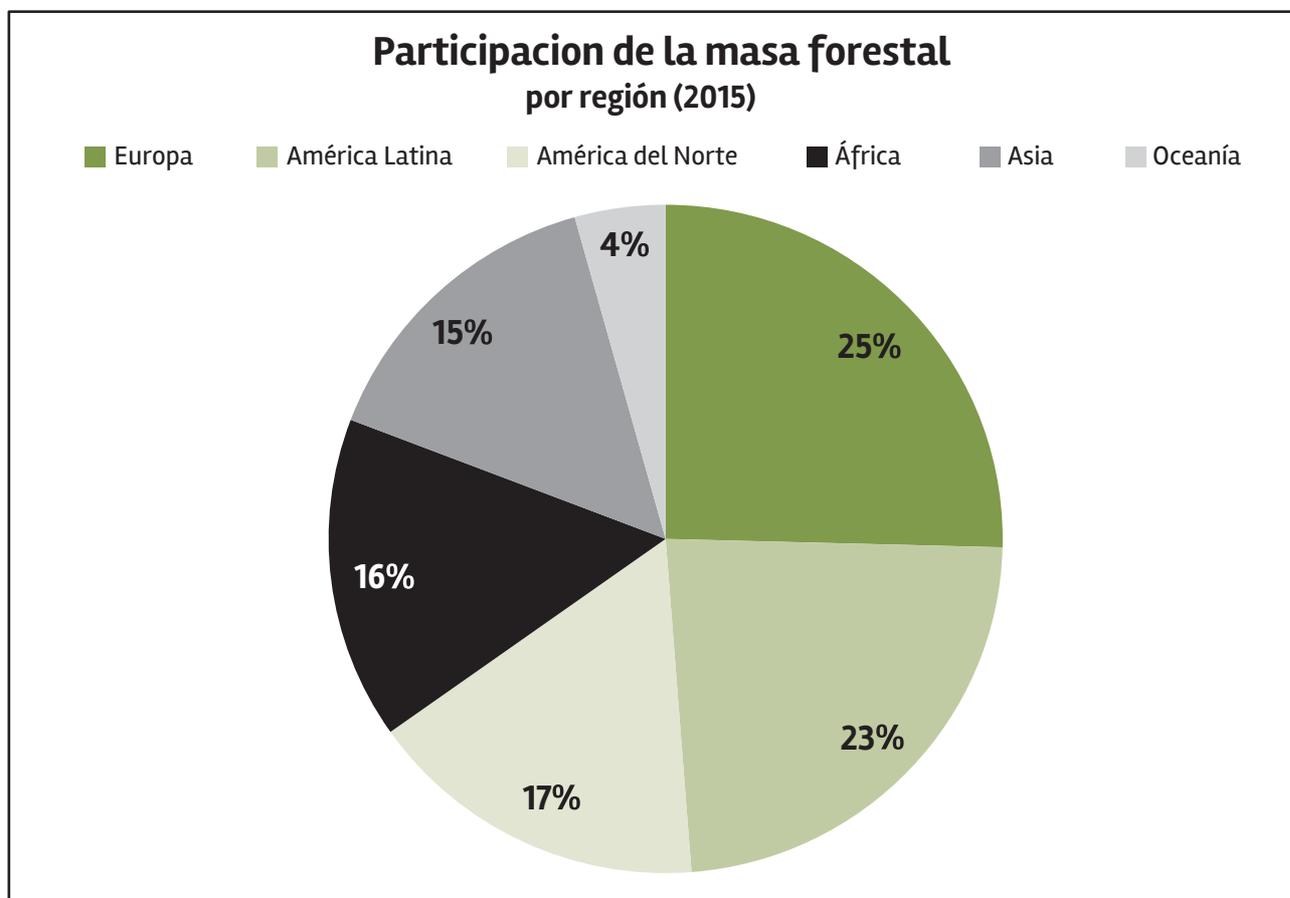
\* Tasa de crecimiento anual compuesto.

**Fuente: elaboración propia sobre datos de FAOSTAT (2015).**

Con China a la cabeza, los aumentos más destacados se dieron en el sudeste de Asia, Europa y América, en ese orden, donde el 80 % de los bosques plantados corresponde a especies nativas.

Las introducidas tuvieron mayor dinamismo en el hemisferio sur: en Sudamérica, Oceanía y África predominan plantaciones de especies exóticas, 88 %, 75 % y 65 %, respectivamente.<sup>18</sup>

**Gráfico 1. Distribución de la masa forestal, por región (2015)**



**Fuente: elaboración propia sobre datos de FAOSTAT (2015).**

<sup>18</sup> Payn et al. (2015).



---

Uruguay tiene actualmente el status de «país con políticas relacionadas a la bioeconomía», con iniciativas tales como el Plan sectorial de biotecnología y distintas líneas estratégicas del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. De todas formas, el país se encuentra actualmente iniciando un proceso participativo, liderado por el MGAP, para alcanzar una Estrategia Nacional de Bioeconomía Sostenible en el presente año.

## *Estrategia de bioeconomía de la Unión Europea*

La Unión Europea adoptó su estrategia de bioeconomía en 2012, vinculada con el programa Horizonte 2020, a través de actividades estratégicas y políticas nacionales directas.

El marco político de la bioeconomía europea está constituido por una multitud de regulaciones y estrategias para varias áreas.<sup>24</sup> En conjunto, dichos

programas proporcionan fondos para la seguridad alimentaria, la agricultura sostenible, la investigación marina, el transporte marítimo, las aguas interiores, distintos tipos de seguros, la producción limpia y eficiente de energía, diversas acciones climáticas, y para la eficiencia de recursos y materias primas.

Asimismo, la Unión Europea cuenta con un Observatorio de Bioeconomía que maneja información de las actividades de investigación y de las iniciativas nacionales de política en bioeconomía de los estados miembros de la Unión Europea, y se basa sobre tres pilares:

- *Investigación*: inversiones en investigación e innovación.
- *Política*: interacción política y participación de los actores interesados.
- *Mercados*: mejora de mercados y competitividad en bioeconomía.

---

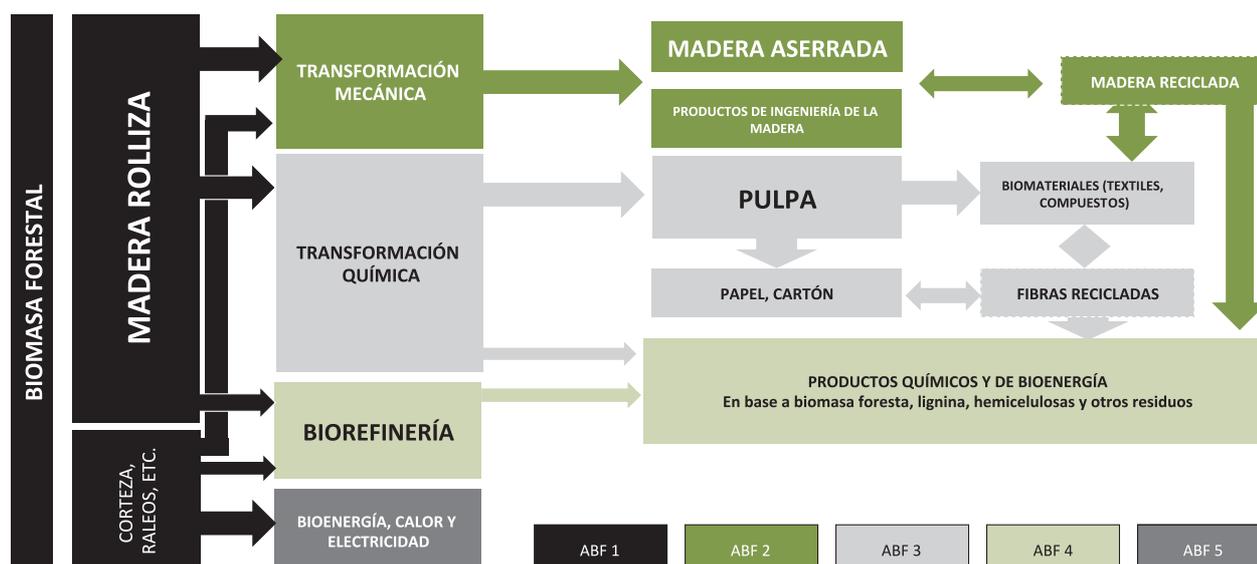
24 Política Agrícola Común, Estrategia Forestal, Política Pesquera Común, Agenda de Crecimiento Azul, nuevo marco de la UE para la acuicultura, diversos esquemas de calidad en productos agrícolas y alimenticios, normas de seguridad alimentaria, Directiva de Energía Renovable (RED), marco de políticas para el clima y la energía de 2030, distintos estándares, certificaciones y etiquetados para productos de origen biológico y el Paquete de Economía Circular, entre otros.

# Oportunidades de bioeconomía forestal en Uruguay

A continuación, se presenta la última etapa del proceso, que consistió en la elaboración de la hoja de ruta en la que se destacan las oportunidades y acciones clave sugeridas para Uruguay, identificadas inicialmente por expertos de VTT y LUKE<sup>25</sup> y validadas en talleres y reuniones con técnicos, tanto en Uruguay como en Finlandia.

Estas oportunidades se estructuraron sobre criterios para las cinco áreas de bioeconomía forestal, teniendo en cuenta que muchas oportunidades son transversales a todo el complejo productivo:

Figura 3. Áreas de bioeconomía forestal



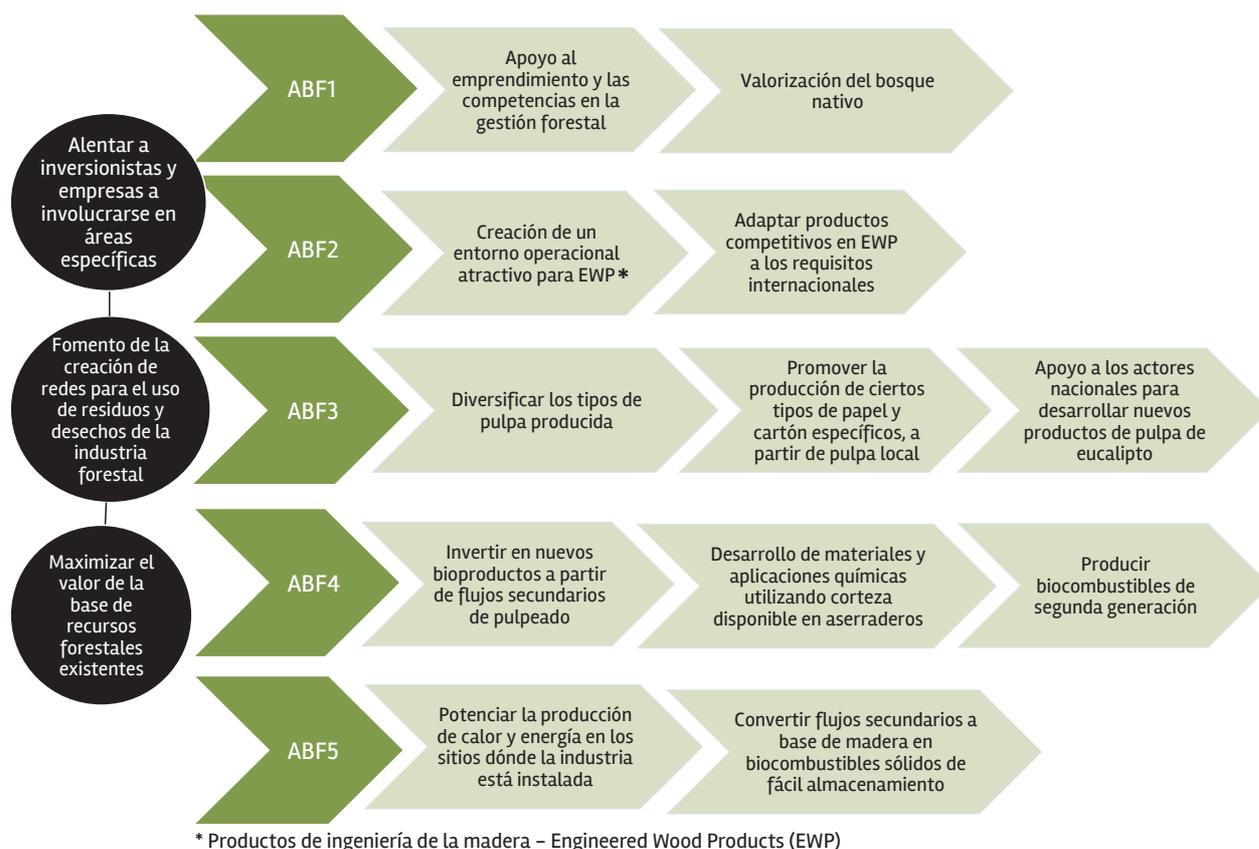
Fuente: Elaboración propia, basada en VTT.

Para cada una de estas oportunidades se confeccionó una hoja de ruta de acción, en función de:

- las acciones clave a desarrollar,
- las reacciones de las partes interesadas y expertos,
- las necesidades empresariales y de innovación,
- las necesidades de investigación,
- las necesidades educativas,
- las necesidades institucionales.

25 Instituto de Recursos Naturales de Finlandia

**Figura 4. Resumen de las oportunidades por ABF y transversales a todo el complejo**



## ***Oportunidades transversales a las cinco Áreas de Bioeconomía Forestal***

El sector forestal debe ser visto de manera sistémica, no solo como una cadena de valor sino como una red integrada, en la que todas las áreas de bioeconomía forestal se relacionan entre sí, pero también con otros sectores (agro, químico, energético, construcción, turismo, etc.).

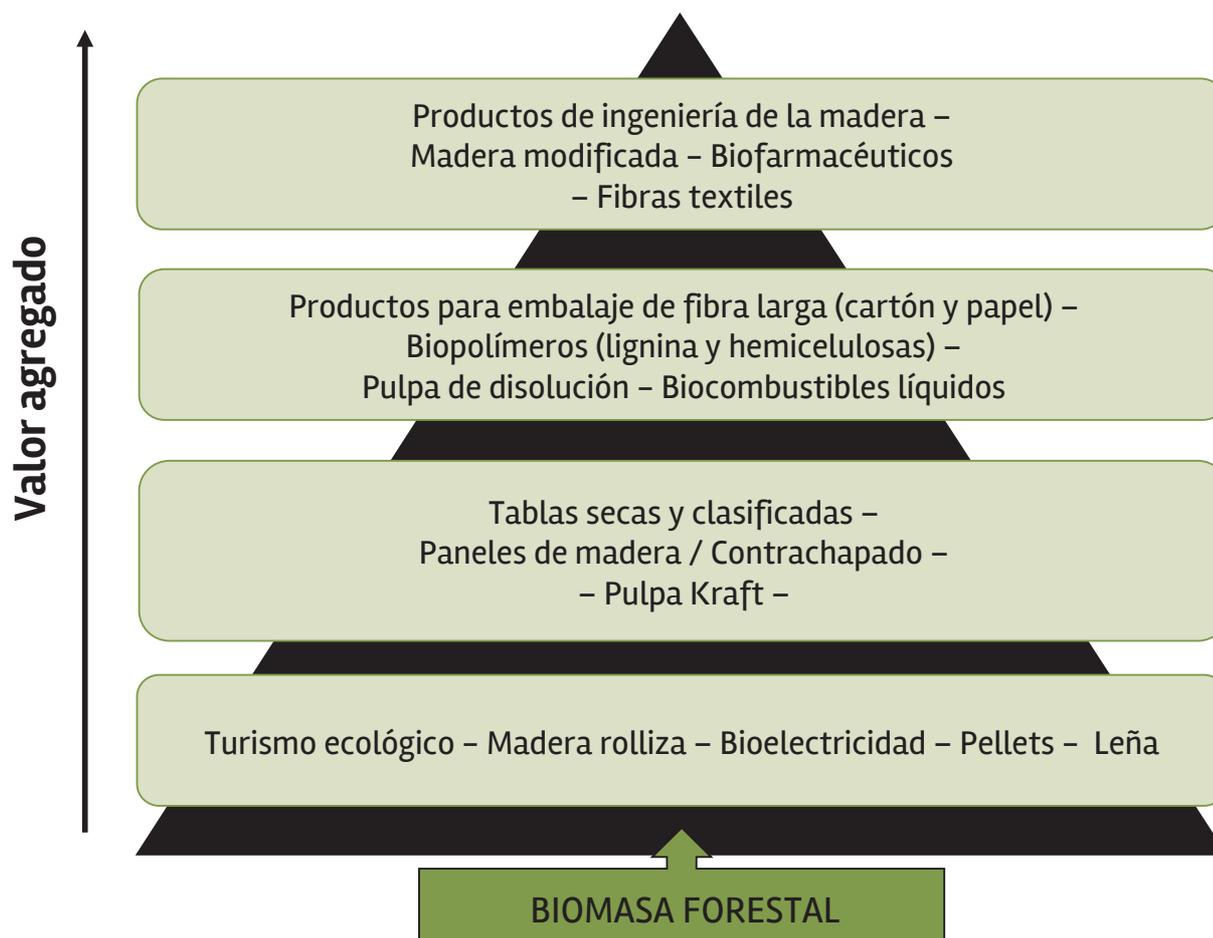
La articulación entre las distintas actividades forestales puede favorecer sinergias en el sector, donde los residuos de una industria son materia prima u oportunidades para otras, donde el desarrollo local y la cooperación pueden generar economías de escala

suficientes para hacer proyectos viables, insertarse a nivel global, elevar los niveles de competencia de la industria forestal, a la vez de crear oportunidades para inversiones a largo plazo y generar nuevos empleos.

En este sentido, la innovación es el fenómeno que puede apalancar al sector, generando inversiones atractivas en segmentos dinámicos, aprovechando los recursos de manera más eficiente y sostenible, generando sistemas circulares que aprovechan los flujos secundarios y contemplan todo el ciclo de vida de los productos forestales.

El esquema de la figura 4 resume adecuadamente las posibilidades de generar mayor valor agregado, teniendo en cuenta el nivel de complejidad de los procesos, los mercados y las capacidades.

Figura 5. Complejidad y valor agregado de los procesos de procesamiento de la madera



Fuente: elaboración propia a partir de Bosman y Rotmans (2014)

Así, los procesos actuales en los que se encuentra Uruguay se ubican en el primer escalón de complejidad y valor agregado, además de ser los productos que requieren de mayor cantidad de biomasa forestal. A medida que se complejizan los procesos, se generan productos de mayor sofisticación que requieren de menor cantidad de biomasa para su elaboración y exhiben mayor valor agregado. Para este escalamiento, es necesario generar una base sólida en materia de capacidades en recursos humanos, infraestructura e I+D+i.

## Alentar a inversionistas y empresas a involucrarse en áreas específicas

### Recomendación

Incentivos específicos para industrias especializadas en productos de ingeniería de la madera, biorrefinería y bioenergía con el objeto

de orientar a inversores y empresas hacia las oportunidades en materia de competitividad, rentabilidad y volumen de negocio.

### Antecedentes y contexto

La transformación productiva hacia una bioeconomía forestal diversificada y de mayor valor agregado en Uruguay requiere de condiciones e incentivos que sustenten el cambio.

A nivel internacional, Uruguay es reconocido por una multiplicidad de actores, particularmente en el continente americano y en algunos países europeos. Entre sus puntos reconocidos y apreciados, se encuentra la estabilidad económica y la calidad del recurso forestal. Sin embargo, las limitantes relacionadas con el sector también suelen ser tenidas en cuenta.

La demanda existente y las perspectivas de demanda emergente son cruciales para la decisión de una empresa de invertir en nuevas instalaciones o embarcarse en I+D. Además, se debe considerar el desarrollo del mercado interno como tractor de la demanda, al menos en la fase inicial.

Una característica del sector forestal uruguayo es la concentración de grandes plantaciones en manos de propietarios que carecen de conexión con la industria, y con pocas expectativas de invertir fuertemente en el procesamiento de la madera. Se trata de fondos de pensión e inversión sin una «rama industrial» ambiciosa, pero con un gran potencial productivo, de manera que incentivar a estos consorcios a invertir en el procesamiento de la madera supone un gran desafío, pero abre interesantes posibilidades.

### **Acciones clave**

- Identificar productos, procesos y modelos de negocio con potencial desarrollo.
- Crear mecanismos de incentivos que incluyan el pago por servicios ambientales.
- Alinear los requisitos normativos de diferentes niveles e instituciones para definir políticas comunes de ordenamiento territorial.
- Identificar potenciales inversionistas y alianzas para el desarrollo del complejo forestal con misiones de promoción a empresas clave en el sector.
- Diseñar políticas de promoción de inversiones exclusivas para los segmentos más dinámicos.

### **Reacciones clave de expertos e interesados**

Es necesario identificar productos, procesos y modelos de negocio que brinden oportunidades prometedoras a nivel internacional para que la industria, tanto nacional como extranjera, disponga de ciertas certezas a la hora de invertir.

Para ello, promover y desarrollar activamente esfuerzos conjuntos y colaboración entre los actores de la industria, así como con la comunidad de investigación en el diseño e implementación de pruebas piloto y operaciones de prueba es fundamental.

### **Innovación y necesidades empresariales**

Se debe promover el desarrollo de soluciones cercanas al mercado, definiendo al sector forestal como un área prioritaria para la investigación e innovación. En este campo, las PYME tienen un gran potencial, innovando en soluciones sostenibles y con mercados promisorios.

En otro orden, la construcción de una marca país como región para instalación de plantas de procesamiento de madera puede facilitar la inserción en la órbita de empresas y mercados cada vez más exigentes.

### **Necesidades de investigación**

La capacidad doméstica en investigación debe ser garantizada. El desarrollo de la actividad industrial en bioenergía, biorrefinerías y productos de ingeniería de la madera (EWP, por Engineered Wood Products) puede apoyarse poniendo a disposición fondos para investigación, desarrollo de tecnologías y primeros prototipos, reduciendo los riesgos asociados con el desarrollo y/o adopción de nuevas tecnologías y productos por parte de las empresas.

Los esfuerzos de desarrollo podrían centrarse en áreas seleccionadas, pudiendo recurrir a expertos internacionales para impulsar la competencia nacional en estas áreas. En colaboración con la industria, se podrían establecer unidades/instalaciones de prueba para evaluar la viabilidad técnica y económica de grupos de productos prometedores.

También se necesita investigación para estudiar y monitorear los impactos y la sostenibilidad del mayor uso de la biomasa a base de madera, así como el reemplazo de productos basados en fósiles por productos de base biológica.

### **Necesidades educativas**

La realización de estudios así como el desarrollo del sector de cara a 2050, en un mundo dinámico y en continua innovación, y la viabilidad potencial de las ideas establecen un listón de requisitos para las capacidades e instalaciones profesionales nacionales que debe ser tenido en cuenta en las capacitaciones y en la educación general.

También es vital informar detalladamente al sector empresarial acerca de los avances institucionales y políticos en torno de la promoción y desarrollo del sector, difundiendo las herramientas específicas disponibles para las inversiones a fin de visibilizar el compromiso estatal con el sector.

### **Necesidades institucionales**

Se requiere la participación de actores de los sectores público y privado en el desarrollo de programas (colaboración y financiamiento) que apoyen un desarrollo de instalaciones de prueba en las áreas seleccionadas para productos de ingeniería de la madera, de biorrefinerías y bioenergéticos.

En este sentido, el desarrollo de parques industriales debe ser parte de la combinación de políticas que el gobierno podría adoptar para alentar a los actores de la industria. Además, el Estado cuenta con algunos instrumentos, como el uso de regulaciones dentro de las contrataciones públicas, que pueden impulsar el desarrollo en algunas áreas específicas.

En términos de inversiones extranjeras, Uruguay cuenta con una línea de trabajo cuyo cometido principal es detectar oportunidades de inversión y promocionarlas entre las grandes empresas de reconocimiento mundial en el sector.

Desarrollo de una institucionalidad fuerte, y coordinada para la promoción del sector de manera integral, con un diálogo fluido con entre ámbito público y privado.

## Fomento de la creación de redes para el uso de subproductos, residuos y desechos (corrientes secundarias) de la industria forestal

### Recomendación

Fomentar la creación de redes para la utilización conjunta de diferentes subproductos, residuos y desechos (corrientes secundarias) de la industria forestal y otros sectores, en la producción de productos bioquímicos, biomateriales y biocombustibles de mayor valor agregado.

### Antecedentes y contexto

Las operaciones de la industria forestal producen grandes cantidades de subproductos y residuos sólidos inorgánicos<sup>26</sup> y orgánicos<sup>27</sup> en diferentes procesos.<sup>28 29 30</sup> Además, hay procesos líquidos que contienen materiales residuales disueltos y ofrecen oportunidades para desarrollar sistemas avanzados de biorrefinería. Este grupo de materiales, distintos al producto principal, se conocen como corrientes secundarias.

En la actualidad, el aprovechamiento de las corrientes secundarias se resume a la producción de bioenergía para que la industria forestal sea autosuficiente desde el punto de vista energético. Potenciar ese mercado no parece ser actualmente una opción atractiva, dado el precio que la empresa eléctrica nacional UTE ofrece por la electricidad generada a partir de biomasa. En el corto plazo, se podría establecer una alternativa con mayor valor agregado si surge una planta de pellet.

Como primer paso, el desafío está en explotar los residuos sólidos, creando redes de innovación para abordar su gestión entre diferentes sectores, convirtiendo las corrientes secundarias en materias primas útiles. Para el éxito de estos desarrollos, la mayoría de los residuos y desechos identificados deben ser valorizados cerca de los sitios donde se generan.

Para los principales residuos inorgánicos hay ya varios usos probados y en aplicación, tales como fertilizantes, vertederos, fabricación de cemento u hormigón y construcción de carreteras.

De los residuos de las plantas de celulosa, las aplicaciones más comunes se relacionan con la agricultura, la construcción y el uso de energía, incluida la combustión en calderas de recuperación.<sup>31</sup> Las producciones de materiales (bioplásticos), químicos y biocombustibles (por ejemplo, bioetanol y biogás) han sido ampliamente estudiadas, pero poco desarrolladas hasta el momento.

En cuanto a la corteza, aparte del empleo corriente como fuente de energía, se le puede encontrar aplicaciones como materia prima para la obtención de químicos mediante extracción (por ejemplo taninos y antioxidantes) o fabricación de tableros.

Asimismo, cantidades sustanciales de diferentes residuos inorgánicos y desechos también se generan en las industrias de la minería, metalúrgica, vidrio y áreas relacionadas. Para dar paso a una gestión sostenible y articulada de los desechos inorgánicos de la industria forestal, la colaboración con dichos sectores puede dar lugar a soluciones novedosas, simbióticas y rentables, como demuestran ejemplos recientes de Europa.<sup>32 33 34</sup>

26 Incluyen los *dregs* de licor verde, las cenizas de las calderas de recuperación, el lodo de cal, los granos de *slaker* de las plantas de celulosa y las cenizas de la combustión de biomasa.

27 Incluyen la corteza, residuos de cosecha, aserrín, diferentes residuos de la fabricación de madera contrachapada y otras industrias mecánicas de la madera, arcilla de fibra, lodo de destintado de las fábricas de papel y biolodo proveniente del tratamiento de aguas residuales.

28 Monte, M. C. *et al.* (2009). Gestión de residuos de producción de pulpa y papel...

29 Watkins, G., *et al.* (2010). Potencial del uso innovador de residuos industriales...

30 Simão, L. *et al.* (2018). Desechos de las fábricas de pulpa y papel...

31 Román, A., *et al.* (2018). Valorización de los residuos de las industrias agroalimentarias, de pulpa y papel...

32 Watkins, G. *et al.* (2013). Superando barreras institucionales en el desarrollo de nuevos productos de simbiosis...

33 Pajunen, N., *et al.* (2013). El desafío de superar las barreras institucionales en el desarrollo de nuevos productos de simbiosis...

34 Husgafvel, R. *et al.* (2016). Uso de productos de simbiosis de las fábricas integradas de pulpa y papel y de acero al carbono...

---

## Acciones clave

- Aprovechar la existencia de grandes plantas de celulosa para desarrollar aplicaciones tecnológicas locales en la creación de subproductos de valor agregado.
- Asociatividad entre industria, centros de investigación, academia y autoridad competente.
- Promoción de parques industriales como parte de una política industrial.
- Realizar una encuesta nacional sobre desechos y residuos potencialmente disponibles, incluyendo otros sectores productores de biomasa.
- Considerar la regulación sobre intercambio de residuos con zonas económicas especiales.
- Diseñar marco regulatorio sobre disposición final de residuos coherente con su aprovechamiento.

## Reacciones clave de expertos e interesados

Este tipo de oportunidades solo puede tener éxito si los actores de la industria forestal, otros sectores industriales, la agricultura, los investigadores y las universidades unen fuerzas. La participación de los sectores industriales como la minería, la metalurgia, los productos químicos, la energía y la agricultura es fundamental, así como lo es el papel activo del gobierno en la iniciación y motivación de este tipo de redes.

También es importante que se aliente a las PYME innovadoras a participar en actividades de innovación conjunta; son muchos los ejemplos a nivel mundial sobre su capacidad de generar soluciones innovadoras.

Asimismo, la cooperación con el proyecto de Biovalor<sup>35</sup> podría servir para articular iniciativas de economía circular a través del aprovechamiento de residuos, generando valor agregando y solucionando el potencial problema de disposición de residuos.

## Innovación y necesidades empresariales

En primer lugar, es necesario realizar un mapeo completo de los residuos y desechos disponibles de la industria forestal y otros sectores relevantes para identificar áreas con recursos potenciales disponibles.

Por otro lado, la biorrefinación y el uso de residuos en la fabricación de nuevos productos usualmente

requieren de experiencia en tecnologías de procesos químicos y mercados; por lo que es importante involucrar a las empresas de la industria química desde el principio.

El uso eficiente de desechos y residuos requerirá la integración de actores y procesos de diferentes cadenas de valor. La transformación se puede respaldar mediante el desarrollo de agrupaciones y parques industriales, por ejemplo, alrededor de las instalaciones existentes de la industria, como los aserraderos, y promoviendo la creación de redes entre todas las cadenas de valor. En este sentido, los actores industriales que ya operan en varios sectores pueden actuar como catalizadores del proceso.

Es necesario identificar las áreas de mercado y productos con oportunidades y evaluar qué nicho(s) podría ocupar Uruguay en la biorrefinación y el uso de residuos de base biológica y flujos secundarios, teniendo en cuenta las características de los desechos disponibles, así como su competitividad y ventajas comparativas con otros proveedores de biomasa a nivel internacional.

## Necesidades de investigación

Los productos específicos deben seleccionarse basándose en una evaluación de oportunidades tecnológicas y proyecciones de mercado antes de introducir cualquier prueba piloto o incentivos.

Si bien el aprovechamiento de residuos presenta gran potencial local, se necesita un análisis de mercado más detallado e investigación previa a la toma de decisiones.

## Necesidades educativas

Es necesario desarrollar una base de capacidades domésticas, por ejemplo, en biotecnología, biología sintética y química. Los programas de capacitación organizados conjuntamente por la industria y la universidad pueden utilizarse para difundir información y conocimientos sobre el potencial de procesamiento de residuos y flujos secundarios hacia nuevos productos, fortaleciendo la base de conocimientos y competencias locales.

## Necesidades institucionales

El uso de diferentes residuos para nuevos materiales y productos se beneficia de la colaboración y la creación de redes entre actores que representan no solo al forestal, sino también a otros sectores, a

---

<sup>35</sup> Proyecto nacional que busca transformar residuos generados por las actividades agropecuarias, convirtiéndolos en energía y/o subproductos.

la investigación, la academia y el gobierno. Por lo tanto, el apoyo a las redes, en todas las cadenas de producción, debe ser un objetivo integrado dentro de las políticas nacionales de industria e I+D.

En efecto, el gobierno puede crear un entorno institucional atractivo para el desarrollo conjunto, asegurando que la legislación sobre residuos y su gestión sea favorable para el reciclaje y reutilización de materiales valiosos. Asimismo, puede promover la fundación de consorcios tecnológicos, para respaldar el desarrollo de soluciones tecnológica y económicamente viables para el uso de desechos y residuos.

## Maximizar el valor de la base de recursos forestales existentes

### Recomendación

Maximizar el valor de producción del recurso forestal presente, con un mejor uso de las plantaciones subaprovechadas, como el pino, y evaluar la calidad de la infraestructura y logística (cosecha, acopio de madera, caminería y puentes).

### Antecedentes y contexto

Esta oportunidad está vinculada con la gestión de los recursos forestales actuales, de manera de optimizar su uso y maximizar el valor de las plantaciones, en coherencia con el desarrollo de la bioeconomía forestal basado en una gestión sostenible desde el punto de vista ambiental y económico, que garantice la disponibilidad de materia prima de madera en el largo plazo, para las actividades del sector forestal. Dos aspectos fueron considerados críticos desde esta perspectiva:

1. la subutilización de la materia prima de madera (especialmente pino), y
2. la infraestructura logística relacionada con la silvicultura. De acuerdo con OPYPA (2015), actualmente el 60 % de la madera no exportada es destinada a pulpa de celulosa, el 17 % a aserrío y el 23 % restante para uso combustible. Durante las últimas décadas, la plantación de pino estuvo extendida y, por lo tanto, el área total de estas plantaciones representa un cuarto del área total de bosques plantados del Uruguay, dejando disponible una gran cantidad de potencial materia prima que hoy se encuentra ociosa, en cantidades que la escala de la industria nacional no puede procesar. Entre los expertos, las

inversiones en infraestructura y el desarrollo de transporte alternativo al carretero emergieron como las necesidades que requieren acción inmediata. La infraestructura logística eficiente es una piedra angular para las operaciones del sector forestal moderno, desde el mantenimiento de las plantaciones, el corte y la tala de árboles hasta el transporte de productos intermedios y finales a clientes nacionales y extranjeros.

### Acciones clave

- Mantenimiento de las plantaciones forestales, de diferentes especies, para satisfacer las necesidades futuras.
- Apoyar la combinación de plantaciones de eucalipto con cadenas de valor de otros sectores (por ejemplo, agrícolas y ganaderas).
- Analizar formas de transporte alternativo al carretero promoviendo por ejemplo la expansión del transporte de carga ferroviario.
- Mapear potenciales usuarios finales (locales y regionales) y productos para identificar aplicaciones conjuntas.

### Reacciones clave de expertos e interesados

Los expertos identifican la falta de estructuras industriales para el procesamiento de pino en Uruguay como limitante para el uso óptimo de los recursos disponibles, por lo que es importante buscar un uso doméstico alternativo, en lugar de exportar pino en pie.

Para ello, fomentar el desarrollo de la industria de ingeniería de la madera (EWP) sería fundamental, ya que es una clara demandante de madera de pino que podría dar una solución sostenida en el tiempo y, quizás, renovar la plantación de estas especies.

### Innovación y necesidades empresariales

Brindar oportunidades para fomentar la integración y complementariedad entre la silvicultura y la agricultura, la apicultura y/o ganadería se destaca como una buena práctica para la gestión eficiente del uso del suelo y la adaptación y mitigación del cambio climático.

En cuanto a la subutilización de los recursos de madera de pino, los tableros de madera podrían ser una solución sencilla, siempre que no haya perspectivas de que la industria utilice la materia prima en bienes de mayor valor agregado.

---

### *Necesidades de investigación*

El cultivo de especies de uso común, como el eucalipto o el pino, no requiere de esfuerzos particulares en investigación, ya que la información está disponible internacionalmente. De todas formas, la investigación puede focalizarse en encontrar y definir cadenas de valor y productos que sean económicamente viables y socialmente aceptables.

Para explotar esta información, es esencial que los datos del inventario forestal sean relevados con periodicidad y estén disponibles de forma abierta para todos los interesados, con intercambios dinámicos de información entre la industria y otras partes interesadas. De esta forma, la información pública debería también incluir proyecciones de oferta de materia prima.

### *Necesidades educativas*

Es necesario explorar más las sinergias producto de la combinación de plantaciones forestales con otras actividades. Para ello, es necesario reforzar las capacidades tanto de agrónomos, como de veterinarios y apicultores, así como fomentar la interacción entre ellos.

### *Necesidades institucionales*

Se requiere de una nueva redacción de la política forestal en términos de buenas prácticas en la gestión forestal sostenible, para lo que sería adecuado actualizar el actual Código de Buenas Prácticas Forestales, vigente desde el año 2004.

La demanda pública, a través de las contrataciones, es vista como un incentivo para aumentar y encontrar nuevos usos para el *stock* de pino actualmente infrautilizado en Uruguay, especialmente en la producción de productos de ingeniería de la madera (EWP).

Asimismo, el fortalecimiento institucional para emprendimientos agroforestales es fundamental, fomentando demostraciones y proyectos piloto para promover bienes y servicios alternativos.

El sector público debería también en colaboración con la academia y la industria, mejorar la recopilación de datos sobre los recursos forestales disponibles y su estado en términos de salud y vitalidad, de manera regular, y facilitarlos con acceso abierto. En este sentido, recientemente se llevó a cabo la confección de una nueva cartografía satelital que hará pública la geolocalización de toda la biomasa forestal del país.

## Recuadro 1. Modelo de industrialización de pino alternativo al actual

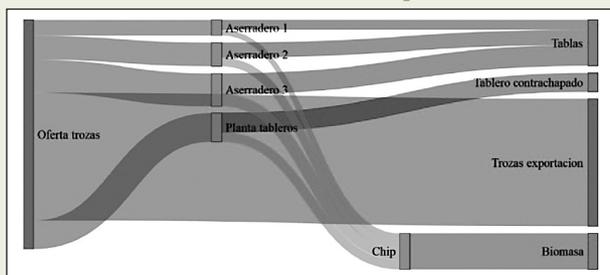
Como se mencionó en el documento *Avances del proyecto Bioeconomía Forestal 2050*, es manifiesta una preocupante subutilización del pino, en condiciones de sobreoferta, en tanto el 22 % de lo cosechado se destina como biomasa para energía y como trozas para la exportación.

### Modelo de industrialización actual de madera de pino: volumen (m<sup>3</sup>) y valor de ventas (USD)

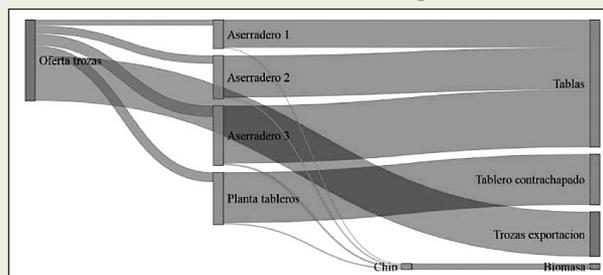
PRODUCTO	PRODUCCIÓN ANUAL (miles de m <sup>3</sup> )	VENTAS PRODUCTO (millones de dólares)
Tablas	580	180
Tablero contrachapado	240	72
Trozaz	1,6	64
Biomasa para energía	456	9

Se trata de un modelo de industrialización poco desarrollado, sin productos de gran valor agregado y un mercado poco dinámico.

### Industrialización actual de madera de pino: volumen (m<sup>3</sup>)



### Industrialización actual de madera de pino: valor (USD)



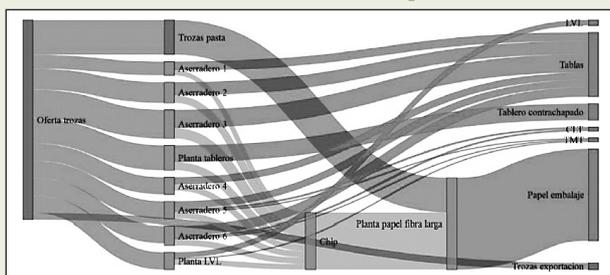
Un modelo de industrialización de madera de pino más ambicioso podría desarrollar esa industria en Uruguay ampliando la oferta de productos y el nivel general de valor agregado, aun manteniendo la oferta anual de trozas de 3 millones de m<sup>3</sup>.

Los productos CLT y TMT se integrarían dentro de los procesos de producción de los aserraderos ya instalados, maximizando el valor agregado. Además, para este modelo, sería necesaria la instalación de una planta de papel de embalaje fibra larga, la única opción estudiada capaz de consumir el chip generado bajo este esquema.

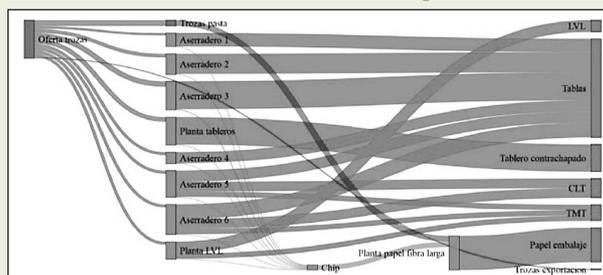
### Modelo de industrialización al 2030 de madera de pino: volumen (m<sup>3</sup>) y valor de ventas (USD)

PRODUCTO	PRODUCCIÓN ANUAL (miles de m <sup>3</sup> )	VENTAS PRODUCTO (millones de dólares)
Tablas	930	290
LVL	80	34
Tablero contrachapado	240	80
CLT	60	57
TMT	60	48
Papel de embalaje	300	195
Trozaz	1,6	4

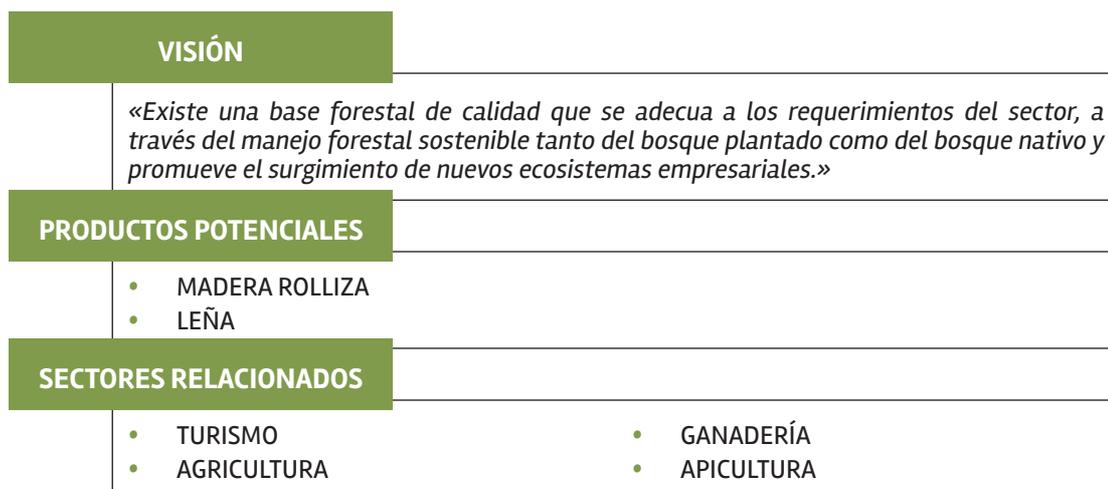
### Industrialización al 2030 de madera de pino: volumen (m<sup>3</sup>)



### Industrialización al 2030 de madera de pino: valor (USD)



# Oportunidades relacionadas con el manejo forestal



La bioeconomía de la gestión forestal se centra en actividades forestales sostenibles relacionadas, por ejemplo, con el cultivo de especies nativas y exóticas, la mejora genética de árboles y la biotecnología forestal, el inventario forestal, el desarrollo de maquinaria forestal inteligente y la cosecha y transporte de biomasa a base de madera.

Refiere entonces, por un lado, a la conservación de bosque nativo y, por otro, al cultivo y extracción de madera dedicada a actividades productivas, al determinar cuáles son las especies utilizadas para la posterior transformación industrial, así como a las tecnologías que se utilizan para mejorar la calidad del insumo forestal.

Del manejo forestal depende el resto de la cadena productiva, ya que la biomasa se encuentra en el centro de todas las actividades económicas relacionadas con la bioeconomía forestal. La gestión forestal tiene impactos de largo plazo, no solo por la disponibilidad, sino también por la calidad de la madera. En ese sentido asegurar una buena base de materia prima disponible para varios procesos y aplicaciones es clave para cualquier negocio de bioeconomía forestal en el futuro.

En consecuencia, un manejo sostenible, diversificado y con visión de largo plazo es fundamental para el desarrollo de todas las oportunidades identificadas en este documento. La nueva cartografía<sup>36</sup> (2018) es un hito importantísimo para una gestión sostenible y eficiente, en la medida que permite la georreferenciación de cada especie y la previsión de la posible evolución de las plantaciones en el futuro.

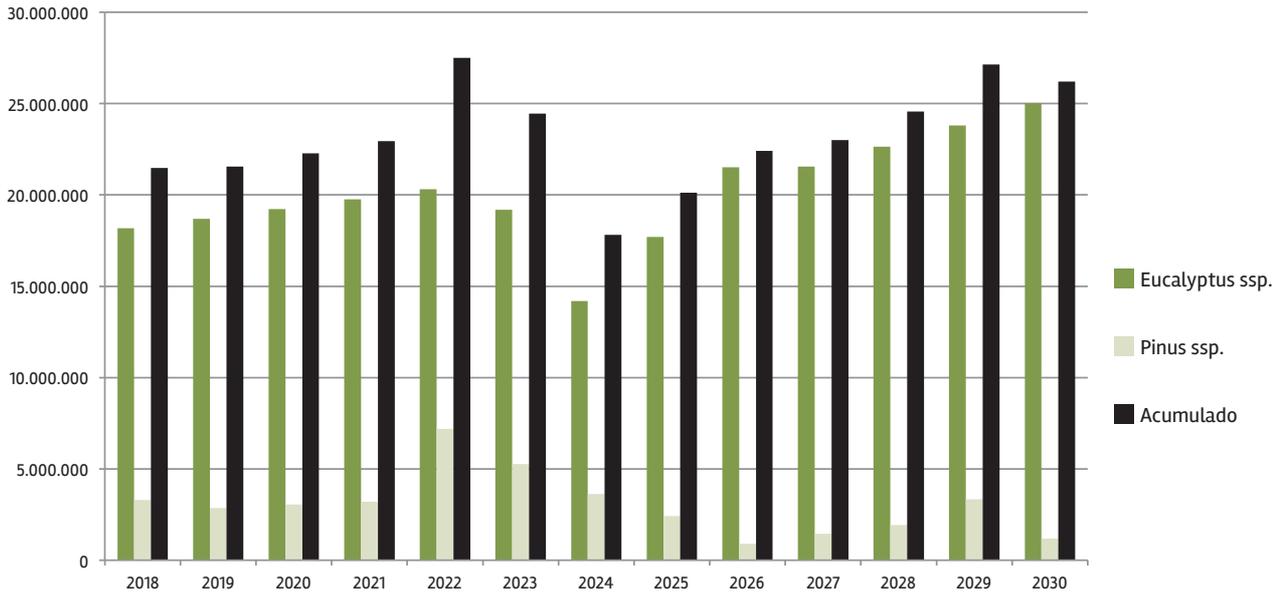
Asimismo, en esta área de bioeconomía forestal, la sostenibilidad ambiental es determinante, tanto del bosque nativo como de las plantaciones forestales. Para ello, es importante monitorear sistemáticamente los efectos de la actividad forestal sobre el suelo y el agua, estableciendo balances hídricos en el país, comparando microcuencas de gran cubierta forestal con pasturas naturales para uso ganadero, proceso que ya viene realizando el INIA y también la UDELAR junto con las propias empresas forestales.

Los ciclos más largos del sector forestal hacen posible realizar proyecciones de mediano plazo acerca de la madera disponible en el país durante los próximos quince años, donde la oferta supera ampliamente la capacidad industrial instalada, incluso contemplando la exportación de madera.<sup>37</sup>

36 Cartografía de Bosque plantado (2017 y 2018) y Bosque nativo (2016) elaboradas a partir de procesamiento digital e interpretación de imágenes del satélite Sentinel 2.

37 Uruguay XXI (2018).

**Gráfico 2. Disponibilidad de pino y eucaliptus entre 2018 y 2050**



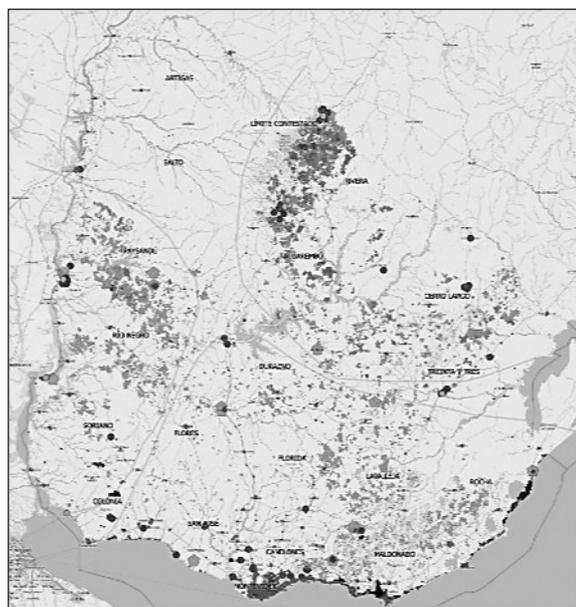
Fuente: Uruguay XXI.

Los aserraderos de pino nacionales tienen la capacidad de consumir entre 3.000 y 4.000 hectáreas de bosque maduro por año; una demanda que requiere de una plantación de entre 60.000 y 80.000 hectáreas de pino, mucho menos de la mitad de lo que hay plantado. El hecho se traduce en una oferta ociosa de biomasa, que es exportada en rolos con escaso valor agregado.<sup>38</sup> Por esta razón, en 2016 solo se establecieron 700 hectáreas nuevas de pino (*Pinus ellioti* y *taeda*).

En lo que respecta al eucaliptus, se espera que a partir del próximo lustro haya una oferta de madera para pulpa que excederá la demanda de las dos plantas actuales, y pocas perspectivas de volcar toda esa oferta excedente al mercado internacional.

La mayor parte de la madera en rollo industrial aún proviene de las viejas plantaciones de *E. globulus* y *grandis*, que cubren casi el 60 % del área total, aunque el *E. dunnii* ha resultado ser la especie más popular en las nuevas plantaciones, representando el 58 % del área de plantación en 2016.

**Figura 6. Organización espacial de las plantaciones e industrias forestales**



Fuente: MGAP.

<sup>38</sup> *Ibíd.*

El mapa, utilizando la cartografía reciente (2018), muestra un panorama actualizado de las plantaciones y la industria forestal nacional, donde se pueden distinguir tres grandes regiones: Litoral, Centro-Sur y Noreste. En esta última región es donde se concentran las plantaciones de pino, lo que explica la mayor densidad de industrias de aserrado. La región del Litoral, en cambio, donde se ubican las dos plantas de celulosa, tiene mayor presencia de eucalipto, con destino a la producción de pasta.

En otro orden, la logística es claramente otro punto clave en el desarrollo futuro de la cadena forestal. La ubicación de la materia prima y de los proyectos industriales, los costos de transporte terrestre, la naturaleza netamente exportadora de la economía uruguaya y los valores de los productos exportados hacen que el peso del factor transporte o logístico interno defina la viabilidad de muchos proyectos.<sup>39</sup>

En efecto, cualquier desarrollo que reduzca los costos de transporte, ya sea a través de la reactivación ferroviaria, la combinación de medios de transporte, u otras alternativas, viabilizará el desarrollo de nuevos proyectos forestales.

## Apoyo al emprendimiento y las competencias en la gestión forestal

### Recomendación

Crear redes de emprendedores locales y apoyar el desarrollo de capacidades en manejo forestal y cosecha (educación, incentivos económicos, relaciones entre actores).

### Antecedentes y contexto

El conocimiento, las habilidades y las competencias para gestionar los recursos forestales es determinante para el desarrollo del sector. Existe una evidente demanda de mano de obra competente cada vez más tecnificada, así como de experiencia y servicios prestados por empresarios especializados. En general, el espacio para la actividad empresarial en la gestión forestal no se limita a viveros para plántulas, plantación de árboles, mantenimiento de la salud y productividad de los árboles y cosecha,

sino que se extiende a una variedad de servicios profesionales relacionados, logística y transporte.

Hoy en día, el país cuenta con más de 900 empresas activas dedicadas a la silvicultura, donde el 92 % son PYME, característica que debe tenerse en cuenta en la legislación y confección de políticas públicas. De hecho, las experiencias de Europa recomiendan enfocar la política en el desarrollo de capacidades de este tipo de emprendimientos.<sup>40</sup>

Además, la tendencia a la concentración de grandes extensiones por parte de las empresas del sector impone integrar verticalmente sus actividades a lo largo de la cadena de valor, desde la plantación forestal hasta el empleo de materia prima en procesos industriales para venta y exportación.

A saber, el 23 % del área plantada es propiedad de Montes del Plata y UPM, además de arrendar campos privados para plantar árboles con destino de pulpa.<sup>41</sup>

### Acciones clave

- Apoyar la combinación de plantaciones forestales con cadenas de valor de otros sectores (por ejemplo, políticas agrícolas y ganaderas).
- Actualizar el código de buenas prácticas en consistencia con las normas internacionales.
- Asegurar la infraestructura logística necesaria para el desarrollo de nuevos emprendimientos.
- Designar las áreas más adecuadas para recreación y uso múltiple y aquellas para una conservación más estricta, con la ayuda de mapeos existentes, como el del SNAP.

### Reacciones clave de expertos e interesados

La silvicultura ofrece oportunidades para diferentes tipos de servicios, incluso en ecosistemas que atraviesan los límites del sector, como la ganadería y la apicultura.

El monte nativo también podría abrir posibilidades para negocios sostenibles, como el ecoturismo y oportunidades para una mayor integración productiva, en particular con la ganadería, generando beneficios para todas las partes.

39 *Ibidem*.

40 Niskanen, A. *et al.* (2007). *Emprendedurismo en el sector forestal en Europa...*

41 Pittaluga, L. (2018). *Oportunidades y Desafíos para la Transformación Productiva...*

## **Innovación y necesidades empresariales**

La gestión forestal y el uso innovador de los recursos madereros se pueden promover mediante la creación de ecosistemas que vinculen a la industria, los propietarios de tierras, expertos y empresas que prestan servicios relacionados. Este tipo de ecosistemas, por lo general, se lleva a cabo en entornos locales, lo que ayuda a la integración de micro y pequeños empresarios en redes territoriales.

En este sentido, las cooperativas pueden servir como semilla o impulso para el surgimiento de ecosistemas forestales innovadores, como en algunos casos en Finlandia, con cooperativas que gestionan bosques privados como propiedad conjunta para garantizar una silvicultura sostenible y económicamente viable a nivel local, donde además de suministrar madera a los aserraderos de la región también administran una serie de servicios forestales (arrendamiento de tierras para la caza, alquiler de cabañas, avistamiento de aves, entre otros).<sup>42</sup>

En el caso de Uruguay, es particularmente importante involucrar e integrar la agricultura y la ganadería en el desarrollo de la silvicultura forestal, creando así oportunidades para la combinación del manejo forestal con cadenas de valor de otros sectores.

## **Necesidades de investigación**

La investigación debe centrarse en áreas donde se combinan distintos sectores para encontrar productos sostenibles y económicamente viables, identificando nichos intersectoriales donde pueda haber complementariedad.

## **Necesidades educativas**

Desde la perspectiva de la industria, es importante que las empresas tengan acceso a conocimientos y competencias actualizados y, al mismo tiempo, aplicables al contexto local. Para que esto suceda, se requieren programas de educación y capacitación desarrollados en colaboración con la industria y las partes interesadas.<sup>43</sup>

Se deben crear capacidades en la temática forestal, pero también en administración y negocios, especialmente en las PYME. En este sentido, las redes locales podrían ser utilizadas para alcanzar e involucrar a las personas y empresarios experimentados, siendo

los contratistas que participan en la silvicultura uno de los grupos clave identificados.

## **Necesidades institucionales**

La realización de negocios y las oportunidades de trabajo relacionadas con los recursos forestales dependen del conocimiento que las personas tienen sobre las actividades del sector.

Es necesario, entonces, generar herramientas para difundir información y datos sobre las oportunidades viables, generando canales y plataformas a través de los cuales diferentes actores y la ciudadanía tengan acceso a información y conocimiento imparcial sobre las operaciones del sector en toda la cadena de valor, las oportunidades para las empresas y los impactos directos e indirectos (económicos, sociales y ambientales). Para ello, la asociación con la Cámara de Industrias es clave.

## **Valorización del bosque nativo**

### **Recomendación**

Desarrollar programas de investigación, formación, políticas, regulaciones y estrategias intersectoriales, dirigidos a promover el uso del monte nativo, mejorando la perspectiva actual del conocimiento de los diferentes tipos de bosque nativo, con énfasis en el aprovechamiento adecuado para servicios ecosistémicos, productos (no maderables), ornamentales, aromáticos, farmacéuticos, alimenticios y otros.

### **Antecedentes y contexto**

El país cuenta con aproximadamente 835.000 hectáreas de bosque nativo, el 5 % de la superficie agropecuaria del país, la inmensa mayoría de las cuales está en manos de privados. En el marco de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC),<sup>44</sup> si se dan ciertas condiciones, se espera que el país aumente hacia 2025 la superficie de monte nativo un 5 % respecto de 2012, para contar con 892.000 hectáreas.

La base de los recursos naturales de bosque del país se vio severamente afectada en el siglo pasado por constituir un recurso escaso y, como consecuencia, se trata en su mayoría de bosque secundario, de escaso

42 Näyhä A. et al. (2015). Servicios en el sector forestal. futuros no explorados.

43 Como ejemplo, la Asociación de Educación Forestal (<https://smy.fi/en/tag/forest-education-association/>) que recientemente se estableció en Finlandia tiene como objetivo unir a los actores forestales para desarrollar la educación del sector y aumentar su atractivo entre los jóvenes.

44 Las Contribuciones Nacionales Determinadas a nivel Nacional (NDC) tienen como objeto atender las disposiciones establecidas en el Acuerdo de París: <http://apps.mvotma.gub.uy/cdn>

valor maderero (como madera de calidad) y con un uso restringido a determinados productos.

Para reforzar la importancia estratégica del bosque autóctono, el año pasado se confeccionó la Estrategia Nacional de Bosque Nativo (ENBN),<sup>45</sup> cuyo cometido principal es conservar y manejar sosteniblemente el bosque nativo y su biodiversidad, a la vez de proveer distintos bienes y servicios ambientales. Dicha estrategia se apoya sobre seis grandes ejes:

- revisión del marco legal,
- marco institucional y política financiera,
- valor ambiental,
- valor económico y sistema de producción,
- medidas de protección, prevención, mitigación y restauración,
- valor social y cultural. Amén de crear un ambiente propicio para la biodiversidad, capturar carbono, mitigar la erosión y disminuir el riesgo de inundaciones, el bosque nativo puede inclusive contribuir a la generación de nuevos servicios y productos, además de ser compatible con otras actividades productivas, como la apicultura y la ganadería.

Sin embargo, a pesar del potencial que tiene el uso de bosque nativo para madera y productos no derivados, la discusión nacional se ha concentrado principalmente en las plantaciones de eucalipto y pino. En contraste, desde la Dirección de Planificación se entiende que es importante explorar el desarrollo de productos no maderables a partir de especies nativas, para desarrollar un ecosistema forestal íntegro y diversificado, que además puede conducir a aumentar el área forestal de bosque nativo.

Entre los productos potenciales están los alimenticios (jugos, bayas, hongos, savia), químicos, farmacéuticos, ornamentales y cosméticos naturales y orgánicos derivados de la madera y la agroforestería (ganadería, apicultura). Además, distintos servicios ecosistémicos podrían surgir para fines recreativos, como rutas de caminata, instalaciones de barbacoa, camping, caza, avistamiento de aves y el secuestro de carbono.

## Acciones clave

- Fomentar el desarrollo local de productos y servicios provenientes del bosque nativo.
- Explorar las posibilidades de silvopastoreo en áreas donde el bosque nativo está presente, de modo que ambos segmentos puedan coexistir en equilibrio.
- Informar, concientizar e involucrar a la ciudadanía acerca de los beneficios del bosque nativo. • Apoyar con recursos financieros el mejoramiento genético de especies nativas para producción de frutas y usos alternativos.
- Apoyar el Plan Operativo para la Estrategia Nacional de Bosque Nativo.

## Reacciones clave de expertos e interesados

Es importante controlar, en la medida de lo posible, las amenazas que ejercen presión sobre el bosque nativo, desde las invasiones biológicas de plantas y animales exóticos, hasta las infracciones de corta de bosque nativo, los incendios, las plagas y los efectos del ganado en el silvopastoreo. Además, el cambio climático será otra amenaza en el futuro, cuyos efectos son apenas anticipables.

Por otra parte, el bosque nativo tiene un componente social importante, en lo que refiere a su tala ilegal y el contexto vulnerable en que son contratados los montaraces (inestabilidad laboral y por fuera de la seguridad social, bajos salarios, escasas medidas de seguridad, etc.).

La madera de monte nativo se usa como leña tanto para calefacción residencial y cocción de alimentos como para uso industrial (uso en parrilladas comerciales, postes y alambrados) generando ingresos considerables. Solo para Montevideo, se estima que se cosecha un volumen anual de 40.000 toneladas con destino de leña, generando casi 5 millones de dólares; sin tener en cuenta la leña que se vende en el resto del país y la que no se comercializa y se utiliza en los propios establecimientos.<sup>46</sup>

45 MGAP (2108). *Estrategia Nacional de Bosque Nativo*.

46 MGAP (2108). *Estrategia Nacional de Bosque Nativo*.

## **Innovación y necesidades empresariales**

El universo del bosque nativo en Uruguay es inmenso, en coexistencia de cinco tipos de ecosistemas de bosque natural (Fluvial, Serrano, Quebrada, Parque y Palmares), con 313 especies distribuidas en 57 familias y 125 géneros.<sup>47</sup> Esta diversidad abre un abanico importante de posibilidades, aunque sería importante focalizarse en nichos específicos.

Además, al tratarse de flora autóctona, muchas de las especies son poco conocidas en el mundo y, por lo tanto, poco estudiadas, abriendo oportunidades para buscar soluciones en nuevas especies. Adicionalmente, como el bosque nativo se encuentra registrado y protegido, sus productos podrían acceder a nichos de mercado con altos estándares ambientales y de calidad.

Por otro lado, se necesita mayor experiencia intersectorial para explotar las posibilidades de silvopastoreo y agroforestería eficientemente. El silvopastoreo en Uruguay permite crear sinergias entre dos sectores complementarios dado que, no solo mejora la productividad del sector ganadero — el bosque funciona como abrigo en invierno y sombra en verano—, sino que permite la conservación del bosque nativo, con todos los beneficios que ello implica.<sup>48</sup>

## **Necesidades de investigación**

Desde hace unos veinte años se viene trabajando en INIA–UDELAR y la Dirección General Forestal (MGAP) para la prospección y mejora genética de especies frutales nativas. Aún hay áreas de investigación sobre el bosque nativo que no se han explorado suficiente, y la información disponible se ha concentrado en el bosque leñoso. Este rezago se podría complementar centrando parte de la investigación en productos no maderables.

Brazeiro<sup>49</sup> destaca seis líneas de investigación prioritarias para conservar y, al mismo tiempo, desarrollar el bosque nativo:

- caracterización ecológica básica (clasificación y tipos de ecosistema),
- funcionamiento ecológico,
- valorización ecológica (bienes y servicios ecosistémicos),
- impactos (degradación, desforestación, silvicultura),
- manejo sustentable,
- restauración.

Además, se necesita investigación en biotecnología y química, concretamente para el desarrollo de productos farmacéuticos, nutracéuticos y cosméticos; e investigación básica y aplicada sobre especies específicas. En lo que refiere al silvopastoreo, es necesario evaluar los efectos en la sostenibilidad de los bosques, ya que pueden afectar su regeneración.

Por último, es importante resguardar la diversidad genética y explorar el impacto presente y futuro del cambio climático sobre el bosque nativo.

## **Necesidades educativas**

Para mejorar la investigación y las necesidades de la industria, se requiere aumentar la capacitación agronómica en bosque nativo, pero también en actividades relacionadas. Para el desarrollo de productos farmacéuticos y nutracéuticos, se debería hacer énfasis en especializaciones relacionadas con la química y la bioinformática. En el caso de los servicios ecosistémicos, generar capacidades en (eco) turismo especializado sería necesario.

En otro orden, es fundamental educar e informar a la población acerca de los beneficios asociados del bosque nativo y su conservación. Para difundir información de calidad sobre bosque nativo se debe procurar establecer una línea de base y estadísticas periódicas que den cuenta de su evolución.

47 Haretche et al. (2012).

48 INIA (2014).

49 Brazeiro, A. (2017). Bosques en Uruguay: Necesidades de investigación...

---

## Necesidades institucionales

El gobierno uruguayo ya ha dado pasos importantes para mejorar el papel del bosque nativo en el desarrollo forestal nacional, lanzando la Estrategia Nacional de Bosque Nativo (2018) para garantizar su conservación y manejos sostenible.

Por otro lado, la Dirección General Forestal acaba de confeccionar una nueva cartografía forestal actualizada a 2018 que abarca todo el territorio. Además, el Sistema Nacional de Áreas Protegidas ha mapeado los bosques naturales donde se podrían confinar nuevas áreas prioritarias de bosque nativo, sentando las bases para aumentar su área.

En línea con estos procesos, está en marcha el proyecto REDD+ Uruguay, liderado por MGAP y MVOTMA, cuyos objetivos son reducir las emisiones por deforestación y degradación de los bosques, así como la promoción de oportunidades de conservación y aumento de los *stocks* de carbono de los bosques nativos y su manejo forestal sostenible.<sup>50</sup>

La Estrategia Nacional REDD+, actualmente en proceso de elaboración, incluye un mecanismo por el cual distintas iniciativas REDD+ puedan ser recompensadas por sus resultados en términos de carbono (además de otros co-beneficios), contemplando la posibilidad de vender los mismos en mercados de carbono. Esto complementaría los estímulos a través de la renuncia fiscal que el Estado ofrece para la protección del bosque — aproximadamente 3 millones de dólares anuales—.<sup>51</sup>

Por último, es crucial trabajar con la ciudadanía, remarcando la importancia ecológica, social y económica que tiene el bosque nativo y sus beneficios. Para ello es necesario generar alianzas con los gobiernos departamentales, dado el fuerte componente territorial que tiene el bosque nativo a lo largo del territorio, las instituciones educativas y la sociedad civil en general.

---

50 REDD+ incluye los siguientes componentes: (a) reducir las emisiones de la deforestación; (b) reducir las emisiones derivadas de la degradación forestal; (c) procurar la conservación de las reservas forestales de carbono; (d) promover una gestión sostenible de los bosques; (e) mejorar las reservas forestales de carbono. Fuente: <https://thereddesk.org/what-redd>

51 ENBN (2018).

# Oportunidades relacionadas con la transformación mecánica de la madera

<b>VISIÓN</b>	«La industria de transformación mecánica de la madera hace un uso eficiente, innovador e integral del recurso forestal, impulsada por la demanda de construcción e integrada a la cadena de valor global.»
<b>PRODUCTOS POTENCIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PANELES DE MADERA                      MADERA CONTRACHAPADA</li> <li>• MADERA LAMINADA ENCOLADA            OSB            MDF</li> <li>• MADERA MODIFICADA TÉRMICAMENTE LVL            CLT</li> <li>• MADERA PARA CARPINTERÍA (APARIENCIA)</li> </ul>
<b>SECTORES RELACIONADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CONSTRUCCIÓN</li> <li>• TRANSPORTE</li> </ul>

El procesamiento mecánico de la madera se enfoca en la transformación de la madera en productos estructurales y no estructurales versátiles, tales como madera aserrada, tableros contrachapados, muebles y elementos de construcción, entre otros. En esta área se encuentran las mayores oportunidades de desarrollo para el sector en Uruguay mediante el agregado de valor a la materia prima a través de su transformación en madera aserrada o productos de ingeniería de la madera (EWP), que a su vez tienen el potencial de ser utilizados en la construcción.

Asimismo, esta ABF está vinculada con otras áreas de bioeconomía basadas en los bosques, ya que los residuos y subproductos de la transformación mecánica de la madera pueden ser utilizados en la producción de bioenergía, en la fabricación de celulosa y en biorrefinerías.

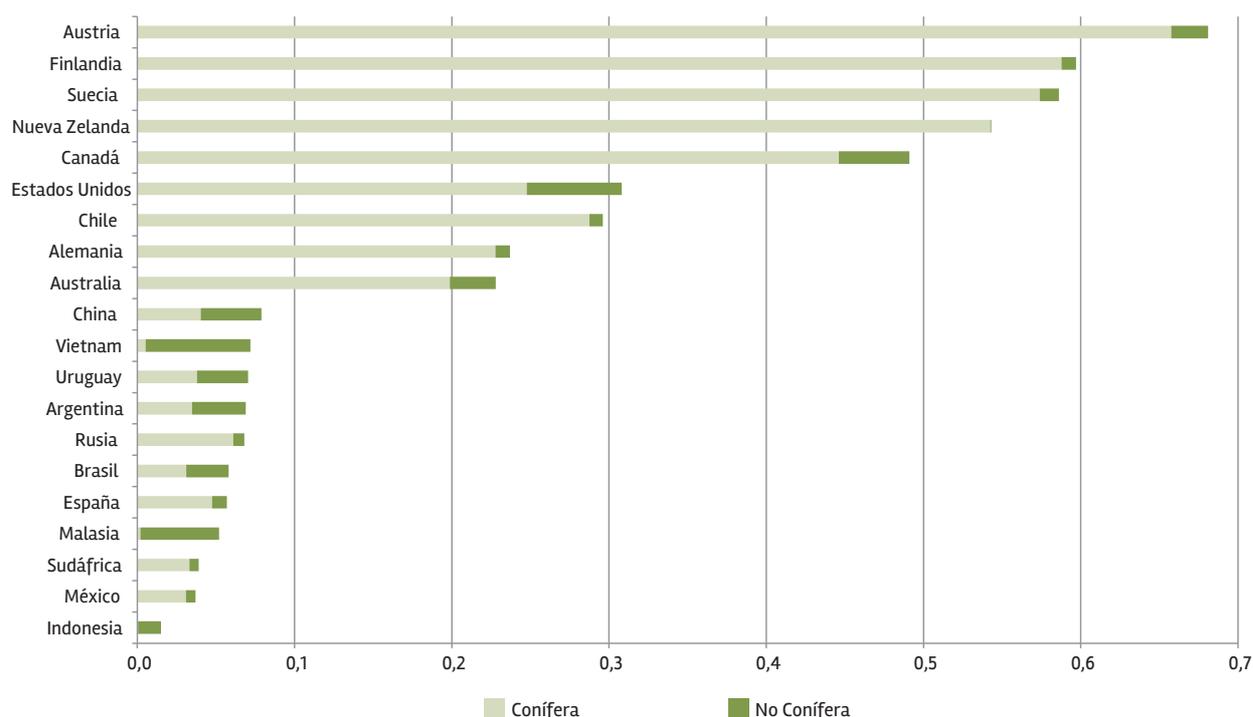
Entre los productos destacados de esta ABF se encuentran la madera aserrada, madera tratada térmicamente (TMT); productos de ingeniería de la madera (EWP) tales como madera laminada cruzada (CLT), madera microlaminada (LVL), tableros orientados perpendicularmente (OSB), madera laminada encolada (MLE), paneles y contrachapados.

Los productos de ingeniería de la madera, como materiales estructurales, son prácticamente inutilizados en Uruguay, entre otras cosas por la falta de normativa de madera estructural y por el desconocimiento de sus cualidades, tanto por parte de profesionales como de usuarios.<sup>52</sup>

Así, Uruguay consume hasta diez veces menos de madera aserrada per cápita que los países líderes en la materia.

52 INIA (2018).

**Gráfico 3. Consumo aparente de madera aserrada (per cápita, en m3)**



**Elaboración propia a partir de FAOSTAT y Banco Mundial.**

El 70 % de la madera aserrada que se consume en estos países es conífera y el 30 % restante, no conífera. En el caso de Uruguay, el consumo está equilibrado entre coníferas y no coníferas, ya que en 2016 el 54 % del consumo provino de coníferas y el 46 % de no coníferas.

Según el MIEM (2013), los grandes determinantes del escaso desarrollo de la construcción en madera en Uruguay son:

- La ausencia de madera aserrada clasificada de origen nacional, mediante atributos técnicos tales como robustez, propiedades mecánicas, densidad, humedad, etc.
- Ausencia de madera calibrada para uso estructural; para dimensionar homogéneamente el producto final.
- Ausencia de normas y códigos técnicos: falta de regulación de la construcción en madera.
- Desconocimiento técnico por parte de los especialistas, obreros y usuarios que ocasionan carencias en las tareas de control, inspección, acopio de materiales y en el empleo del material, propiamente.

Estos factores explican lo escaso de las experiencias de construcción en madera en el país, entre las que destaca el plan piloto para la construcción de 45 viviendas en la ciudad de Rivera en 2011 —donde se registró una velocidad de construcción que duplica la de la construcción tradicional— y, muy recientemente, un hotel de tres plantas que destaca como el primer edificio de CLT en Latinoamérica.

Paradójicamente, se trata de un segmento con grandes perspectivas, tanto regionales como globales, con potencial de sustituir materiales tradicionales como el concreto y el acero.<sup>53</sup>

A nivel global, el crecimiento disruptivo de la demanda puede deberse a las siguientes razones:

- a. Es renovable y sostenible.
- b. Consume una fracción de la energía utilizada para producir productos equivalentes, como hormigón, metal o plástico.
- c. Actúa como un sumidero de carbono, reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero; y es biodegradable.
- d. Presenta una alta resistencia mecánica, especialmente para su baja densidad.

53 Cordeiro (2018); Ramage et al. (2017); Dangel (2016); Hildebrandt, Hagemann, y Thrän (2017).

- e. Es potencialmente competitiva frente a la construcción tradicional.
- f. Supone aumentos de productividad de la industria de la construcción, a partir de una mayor prefabricación.
- g. Puede satisfacer la necesidad habitacional creciente en centros urbanos.
- h. Se están actualizando los estándares y la normativa que regulan la construcción con madera, lo que facilita y estimula su empleo.

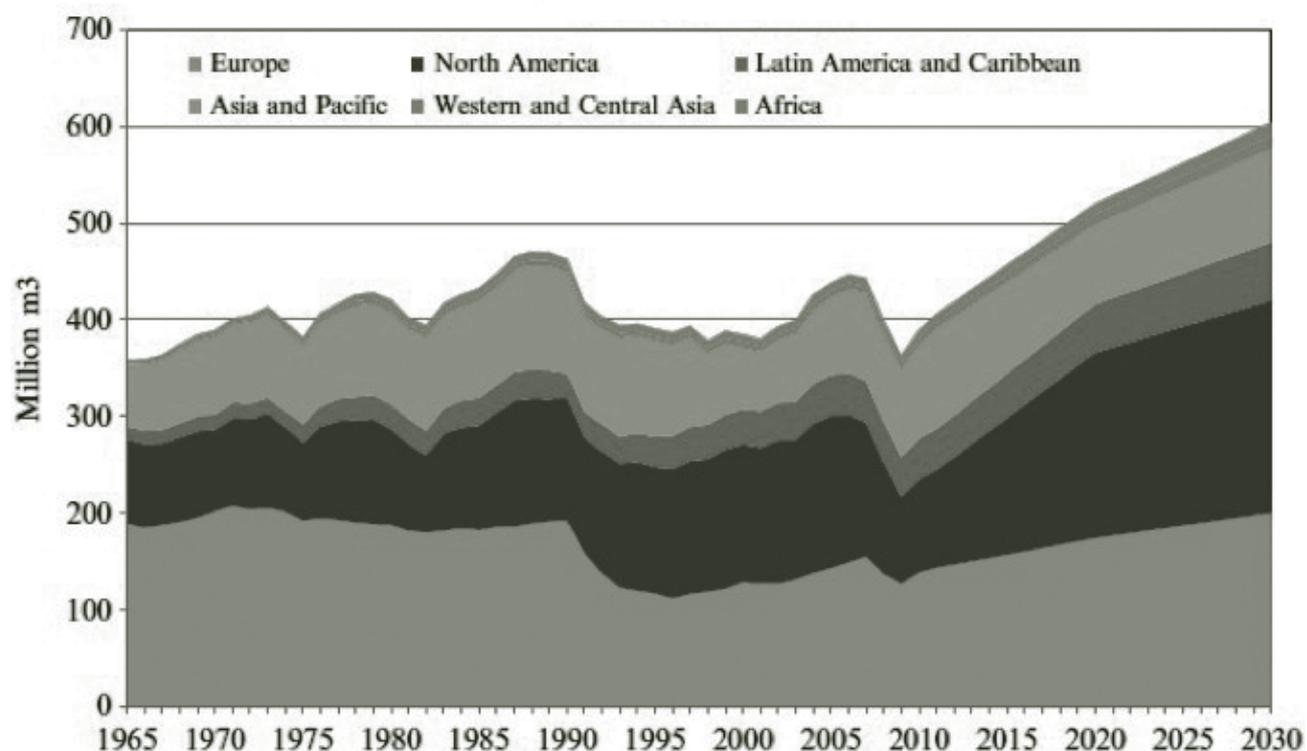
Además, la madera presenta ciertas características que apoyan fundamentalmente su uso como material de construcción. A la hora de elegir un sistema constructivo, no solo el costo es el factor determinante, también se consideran factores como la seguridad contra incendios, el tiempo de construcción, el aislamiento acústico, la estabilidad estructural, la eficiencia energética, la durabilidad, el transporte, la estética, la sostenibilidad y el reciclaje; en la mayoría de estos indicadores, la madera tiene un mejor desempeño que el acero y el hormigón.<sup>54</sup>

A la luz de investigaciones de mercado disponibles, la demanda global de materiales de

madera manufacturados continuará creciendo en un futuro cercano. Entre 2013 y 2017, el mercado global creció de 191 a 294 mil millones de dólares, a una tasa de crecimiento compuesto anual del 11,5 %, mientras que las previsiones sugieren que continuará creciendo hasta alcanzar los 444 mil millones en 2021 (10,8 %). Este incremento previsto está relacionado principalmente con el aumento de la demanda de pisos y techos de madera duraderos, pero también con avances tecnológicos en áreas como la madera laminada cruzada (CLT) y los tableros de densidad media (MDF).

En cuanto a la oferta, las tendencias actuales muestran que la industria se perfila más hacia grandes plantas en busca de economías de escala, integrando verticalmente a las empresas y tendiendo hacia la automatización de los procesos; fenómenos que difieren de las lógicas del sector aserradero nacional. Se trata de un mercado relativamente fragmentado y dominado por América del Norte, donde los cinco principales competidores representaron el 9% del mercado total en 2017. La participación de América del Sur en este mercado fue del 5,6% en 2017, y se espera un crecimiento del 11% durante el período 2017–2021.<sup>55</sup>

**Gráfico 4. Evolución de la producción de madera aserrada y proyecciones al 2030**



Fuente: Gardiner y Moore (2014).

54 Hemström et al. (2011).

55 The Business Research Company. Manufactura de materiales de madera, en *Informe mundial 2018*. Incluye: fabricación de chapas de madera dura y contrachapados, fabricación de chapas de madera blanda y madera contrachapada, y fabricación de madera dirigida.

---

En tanto, el mercado global de fabricación en madera específicamente para construcción alcanzó los 205 mil millones de dólares en 2017, con expectativas de llegar a 245 mil millones en 2022.<sup>56</sup> Dentro de él, uno de los segmentos que más creció fue el de fabricación de casas de madera prefabricadas, cuyos ingresos totalizaron 58 mil millones en 2017 y se espera que alcancen unos 80 mil millones en los próximos tres años.<sup>57</sup>

En nuestros países, la madera ha sido tradicionalmente utilizada para construir viviendas unifamiliares. Sin embargo, en las últimas décadas el progreso en la prefabricación industrial y estandarización de la construcción en Europa y América del Norte han permitido la edificación a gran escala, combinando la mayor parte de la construcción de la casa en una fábrica fuera del sitio final, lo que puede resultar en múltiples beneficios de productividad.<sup>58</sup> Aparece ahora la oportunidad de utilizar madera para construcción de edificaciones de diverso destino: estructuras de grandes luces (centros comerciales, deportivos y logísticos), puentes, edificios en altura (vivienda, oficinas, etc.), centros educativos, entre otros.

Parte del proceso para desarrollar esta industria consiste en llevar adelante una caracterización de la madera, desde el punto de vista físico y mecánico, la determinación de su aptitud como material constructivo y la creación o adopción de una norma técnica para su estandarización —tal como lo hizo la Unión Europea— a través de especificaciones técnicas, en lo que respecta a las propiedades mecánicas de la madera, densidad, contenido de humedad, etc.<sup>59</sup>

Hoy en día la madera aserrada nacional no está clasificada estructuralmente, a pesar de que se encuentra en proceso de certificación (INIA, 2018). Un grupo técnico de trabajo que incluye al Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), las Facultades de Ingeniería (FING) y Arquitectura (FARQ) de la Universidad de la República (UDELAR) y la Facultad de Arquitectura de la Universidad ORT está enfocado en generar Anexos Nacionales para la adopción del Eurocódigo 5 (1995), que trata sobre estructuras de madera.<sup>60</sup>

La construcción en madera se vislumbra como una de las oportunidades más inmediatas identificadas en esta hoja de ruta de bioeconomía forestal al 2050. Dos de los grandes desafíos de nuestro tiempo son el cambio climático y la urbanización, y la construcción en madera parece ser un vehículo importante para dar una solución sostenible a estos dos fenómenos.

Se trata de una alternativa viable frente a la construcción tradicional, desde el punto de vista de su sustentabilidad, pero también por su factibilidad económica, dadas sus ventajas comparativas durante los procesos de producción, procesamiento, uso y disposición final.<sup>61</sup> Además, su bajo peso permite el transporte y ensamblaje de materiales con grandes dimensiones, facilitando la prefabricación, la trazabilidad de los materiales, los plazos de ejecución y el montaje propiamente dicho.<sup>62</sup>

---

56 BCC Research 2022. Fabricación de madera para construcción.

57 BCC Research 2022. Fabricación de casas prefabricadas de madera.

58 Malmgren (2014).

59 Tykkä et al. (2010).

60 Uruguay XXI (2018).

61 Ramage et al. (2017).

62 INIA (2018).

## Recuadro 2. Producción mundial de madera aserrada, TMT y EWP a 2020, 2030 y 2050

Teniendo en cuenta las tendencias mundiales y aquellos productos en los que Uruguay podría tener potencial en el futuro, se realizó una proyección global de producción esperada a 2020, 2030 y 2050, basada en la bibliografía disponible:

### Modelo de industrialización actual de madera de pino: volumen (m<sup>3</sup>) y valor de ventas (USD)

PRODUCTO	2020	2030	2050
Madera aserrada <sup>63</sup>	393	411	434
Madera modificada térmicamente (TMT) <sup>64</sup>	0,4	1,1	3,0
Madera contralaminada (CLT) <sup>65</sup>	1,8	6,5	17,3
Madera microlaminada (LVL) <sup>66</sup>	3,0	7,2	19,3
Madera laminada encolada (MLE)	2,5	5,8	15,4

De los productos mencionados, en la actualidad Uruguay solamente produce madera aserrada, 0,6 millones de m<sup>3</sup> en 2017.<sup>67</sup> Sin embargo, existen todos los elementos para que ocurra una expansión de la fabricación de productos destinados a la construcción con madera, lo que probablemente suceda si hay una reactivación en el hemisferio norte.

Se trata de tecnologías disponibles que podrían adaptarse con relativa facilidad a las condiciones de Uruguay agregando valor a la madera aserrada. Además, es probable que el mercado local uruguayo y regional puedan comenzar a demandar de forma creciente estos productos. A modo de ejemplo, la aparición de restricciones regionales en el uso de madera impregnada con biocidas puede provocar un aumento de la demanda de madera con alternativas de protección para su uso en el exterior, tales como madera tratada térmicamente (TMT).

Además, tanto CLT como MLE y TMT son productos que podrían agregarse a la cartera de productos que actualmente tienen los aserraderos locales, sin necesidad de tener que instalar una planta totalmente nueva. En el caso de CLT y MLE, la inversión por unidad de producto es baja, por lo que es factible que fabricantes locales tengan en cuenta esa alternativa como una forma de agregar a su producción.

Este proceso debería iniciarse potenciando el desarrollo madera aserrada (2020–2030), insumo principal para la producción de EWP, y luego se incorporarán nuevas tecnologías para la fabricación de EWP y TMT (2025–2030).

## Creación de un entorno operativo atractivo para productos de ingeniería de la madera (EWP)

### Recomendación

Establecer un entorno de inversión atractivo para las grandes empresas de aserrado, plantas de madera contrachapada y, posteriormente, para la fabricación de productos de madera modificados y diseñados.

63 Para 2020, 2030 y 2050 se considera la producción de madera aserrada estimada en el modelo más conservador, presentado por Kallio et al. (2015).

64 La situación a 2015 es la reportada por Gamache et al. (2017), y se expande hasta 2030 con una tasa de crecimiento anual de 9 %, reportada por el proveedor de la tecnología más extendida, Thermowood (2018). Para 2050 se estima una expansión anual del volumen de producción de 5 %.

65 Para CLT se considera el volumen de producción de Europa exclusivamente,  $1,8 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, y para MLE, el de Europa y Norteamérica,  $2,45 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (FAO 2018). La producción de ambos productos se expande a 2030 por la tasa del escenario más conservador, presentado por Hildebrandt et al. (2017) para CLT y MLE, 14 % y 9 %, respectivamente. Para 2050, se estima una expansión anual del volumen de producción de 5 %.

66 Para LVL se reporta la producción estimada de Norteamérica en 2017:  $2,4 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (FAO 2018) y se expande a 2030 y 2050 con las tasas empleadas para MLE, ya que se trata de productos similares.

67 Boscana y Boragno (2018).

## Antecedentes y contexto

Los recursos forestales nacionales existentes permiten el desarrollo de la industria de productos de ingeniería de la madera en el país. En un contexto global de déficit de madera, los distintos tipos de eucaliptos (*E. grandis*, *E. dunnii*), que inicialmente estaban destinados a la producción de madera para pasta de celulosa, como las plantaciones de pino tendrían potencial suficiente para abastecer las emergentes plantas de procesamiento de EWP.

Se trata de un mercado en gran crecimiento, impulsado por la demanda de productos de madera para la construcción, especialmente en los mercados emergentes, el aumento de las inversiones, la rápida urbanización y la población creciente.<sup>68</sup> En concreto, los países con mayor perspectiva de demanda en los próximos años son: China (tasa de crecimiento anual compuesto de 13 % entre 2017–2021), Rusia (11 %) y Brasil (11 %).<sup>69</sup>

En el contexto nacional, se ve como una solución industrial factible para aprovechar la subutilización actual del pino, que podría ser explotado, por ejemplo, en la producción de CLT o de MLE, los productos de ingeniería de la madera de más rápido crecimiento a nivel mundial, que permite la construcción rápida basada en módulos, utilizando elementos prefabricados de madera. Tanto el mercado de CLT como de MLE están dominados por Europa; que en CLT concentró aproximadamente el 90 % de la producción global en 2015 (un volumen de 0,6 millones de metros cúbicos).<sup>70</sup>

Ahora bien, mientras no exista madera aserrada estructural de producción nacional, con su correspondiente normalización UNIT, referida a las propiedades y la consecuente asignación de clases, el desarrollo de EWP en Uruguay se resumirá a importar productos certificados del exterior.

La madera aserrada certificada que se encuentra actualmente en el mercado uruguayo es importada desde Estados Unidos y proviene de las denominadas especies de «pino del sur» (*P. echinata*, *P. elliotii*, *P. palustris* y *P. taeda*), algunas de las cuales se hallan plantadas en el país. La madera de pino que se produce y comercializa en Uruguay proviene de las especies de *Pinus elliotii* y *Pinus taeda* y es volcada al mercado en forma mezclada, sin distinción entre ambas especies.

La principal ventaja de la madera certificada importada con respecto a la de producción local es que se trata de madera «calibrada» y con especificaciones técnicas conocidas: propiedades estructurales, contenido de humedad, tipo y proceso de preservación, si fuera el caso.

A pesar de que América latina es la región con menor desarrollo en la fabricación de madera para construcción, se espera que el mercado ascienda a 29 mil millones en 2022, creciendo a una tasa anual en torno al 6%, con estimaciones de crecimiento de 6,8% para madera de no coníferas y 2,2% para madera de coníferas, durante el período 2017–2022, por lo que se trata de un segmento que será atractivo, en sí mismo, para invertir en el futuro cercano.<sup>71</sup>

Una de las limitantes que tiene Uruguay y la región es el rezago de la industria química (adhesivos, recubrimientos, protectores de madera, entre otros) —muy necesaria para el desarrollo de la construcción en madera—, cuyos insumos importados son caros y generan problemas en la rentabilidad de los productos aserrados.

## Acciones clave

- Establecer un sistema de certificación y estandarización de la madera estructural.
- Revisar el marco legal acerca de las reglamentaciones que limitan la construcción en madera.
- Desarrollar parques industriales alrededor de los aserraderos.
- Respaldar la actividad de las PYME locales en el procesamiento mecánico de la madera.
- Incluir con indicación específica los productos de madera en proyectos de obra pública.

## Reacciones clave de expertos e interesados

El fortalecimiento de la demanda interna de productos de madera puede inducir al desarrollo de la industria de procesamiento mecánico en Uruguay. Sin embargo, dar un impulso en este sentido también requiere centrarse en los mercados de exportación, que se beneficiarían de las grandes

68 BCC Research, 2018. Fabricación de madera de construcción: Mercados globales hasta 2022. Report Code: MFG057A.

69 The Business Research Company, 2018. Informe de mercado global de materiales de madera manufacturados 2018.

70 Frost y Sullivan, 2016. Mercado de productos de ingeniería de la madera en América del Norte y Europa, pronóstico para 2022.

71 BCC Research, 2018. Fabricación de madera/madera sin terminar: mercados globales hasta 2022. MFG059A.

empresas que actúan como tractoras. Para ello, es prioritario continuar el camino de la estandarización y certificación estructural de la madera, ya iniciado.

Por otro lado, es necesario identificar nichos locales de especialización, para tentar a empresas internacionales a establecer su producción en Uruguay. Para patrocinar los productos locales de madera, la industria local debe invertir en material promocional, por ejemplo, creando un sitio web de catálogos, como los hay en otros países como Canadá.

Asimismo, es importante considerar el impacto potencial positivo que podrían tener, en términos de balance de emisiones de gei, los productos de ingeniería de la madera, en virtud del secuestro de carbono que realizan a lo largo de su ciclo de vida.

### **Innovación y necesidades empresariales**

Para aumentar el nivel de innovación, se debe promover la generación de parques industriales que constituyan sinergias innovadoras y cooperación empresarial. La integración de productos de otras cadenas de producción es importante, pero también es fundamental generar una plataforma de información (red de proveedores) para la difusión del conocimiento.

El fortalecimiento de la relación universidad–empresa para crear demanda e intercambio de conocimiento también es esencial. Para ello, deberán generarse espacios de diálogo continuo, construyendo mecanismos de colaboración eficiente y aprovechando las sinergias entre academia e industria.

En línea con estas ideas, la creación de un Centro Tecnológico de la madera podría centralizar la investigación y las ideas de innovación del sector, articulando los intereses de la academia, los empresarios y el Estado en una institución independiente, tal como las experiencias exitosas de Canadá y Finlandia.

### **Necesidades de investigación**

El desarrollo de la industria de la transformación mecánica de la madera requerirá priorizar el sector forestal en la agenda nacional de investigación e innovación, donde el apoyo de ANII es vital.

Se debe examinar la aptitud estructural del eucalipto, ya que se trata de una madera poco estudiada con fines de EWP. El cambio de *E. globulus* y

*E. grandis* a *E. dunnii*, en nuevas plantaciones, requiere atención considerando las características de este último; según la literatura, tensiones en la madera debido al rápido crecimiento y a la falta de programas forestales sistemáticos de selección por calidad para productos de construcción es el problema que más afecta a esta especie en las industrias de productos de madera.<sup>72</sup>

En un mediano plazo, sería importante establecer un centro autónomo de investigación forestal, que señalaría la importancia de esta industria en Uruguay y ayudaría a realizar la investigación requerida.

En virtud de que el CLT parece ser muy promisorio en el futuro, y que no emplea maderas de no coníferas debido a su alta densidad y menor relación resistencia–peso, sería muy interesante enfocarse en la producción de CLT de especies mixtas, donde el eucalipto proporcionaría una fuerza de compresión adicional o una mejor apariencia visual en comparación con el CLT convencional. Si bien hay investigaciones en marcha, aún no hay CLT en base a frondosas disponible comercialmente (por ejemplo, eucalipto).

### **Necesidades educativas**

La integración de las carreras de arquitectura e ingeniería en el mundo académico aumentaría la oferta de expertos locales. Otra área para concentrarse es la de capacitación gerencial y de profesionales forestales, ya que se identifican carencias en materia de gestión e internacionalización de negocios para apoyar la exportación y el comercio del sector.

Además, el conocimiento de las propiedades de la madera estructural debería difundirse ampliamente a la industria, a nivel de productores, arquitectos, ingenieros, constructores, pero también consumidores. Para ello, es fundamental facilitar la transferencia de tecnología para que constructores locales puedan capacitarse en la utilización de madera como material constructivo.

### **Necesidades institucionales**

El uso creciente de la madera en estructuras y construcciones exige el desarrollo de estándares, que es común en los países desarrollados (en maderas de coníferas).

Sin embargo, las maderas de frondosas son

72 Las tensiones de crecimiento causan una división incontrolada de troncos, así como formación de ventosas, deformaciones y control de la madera aserrada durante el secado. Matos *et al.* (2003) estimaron que un tercio de la madera aserrada procedente de *E. dunnii* plantada se degrada debido a las tensiones de crecimiento. Murphy *et al.* (2005) notaron que, aunque las tensiones de crecimiento de *E. dunnii* son hereditarias, parecen ser más severas en los árboles más altos y delgados en comparación con los cortos y gruesos.

más desafiantes debido a la gran variabilidad de sus propiedades, especialmente con respecto a la resistencia a la tracción.<sup>73</sup> Generar un sistema de certificación para productos de madera estructural y revisar las políticas de construcción debería ser una tarea inmediata.

El régimen de inversión actual, y entorno empresarial en general, en el sector forestal son atractivos para los inversionistas extranjeros, ya que se les otorgan los mismos incentivos que a los inversionistas locales y no existe una discriminación fiscal o restricciones para transferir ganancias al exterior.<sup>74</sup> Aun así, podría mejorarse destacando la sostenibilidad de la madera uruguaya; las percepciones de la madera como material de construcción y sus propiedades respetuosas con el medio ambiente, más allá de las condiciones comerciales.

En otro orden, el sector público podría usar la contratación pública para apalancar al sector,

por ejemplo, definiendo cuotas mínimas para la construcción de madera aplicada en las compras estatales. También la integración de la construcción con madera como objetivo en la política nacional de vivienda y los préstamos hipotecarios para casas de madera podrían utilizarse como instrumentos para impulsar el desarrollo basado en la demanda.

La construcción de edificios públicos de madera o el desarrollo de políticas de vivienda que permitan construcciones de madera, como la reciente aprobación por MEVIR, son ejemplos a considerar en esta área.

Por último, es necesario informar a la ciudadanía sobre la construcción en madera, cambiando la percepción del consumidor acerca las bondades que presenta y la visión equivocada de la madera como material endeble, frágil e inflamable.

73 Algunos trabajos han sido desarrollados sobre clasificación de la madera *E. grandis* (por ejemplo, Piter, J. C. et al. [2004]; Nocetti, M. et al. [2017]). Sin embargo, no hay información pública disponible sobre la calificación de la fortaleza del *E. dunnii*. Basado en la revisión bibliográfica de Thomas et al. (2009), las herramientas de clasificación acústica deben ser aplicables a *E. dunnii* lumber también.

74 Uruguay XXI. *Oportunidades de inversión. Sector forestal 2017*.

### Recuadro 3. Productos potenciales para la construcción en madera en Uruguay

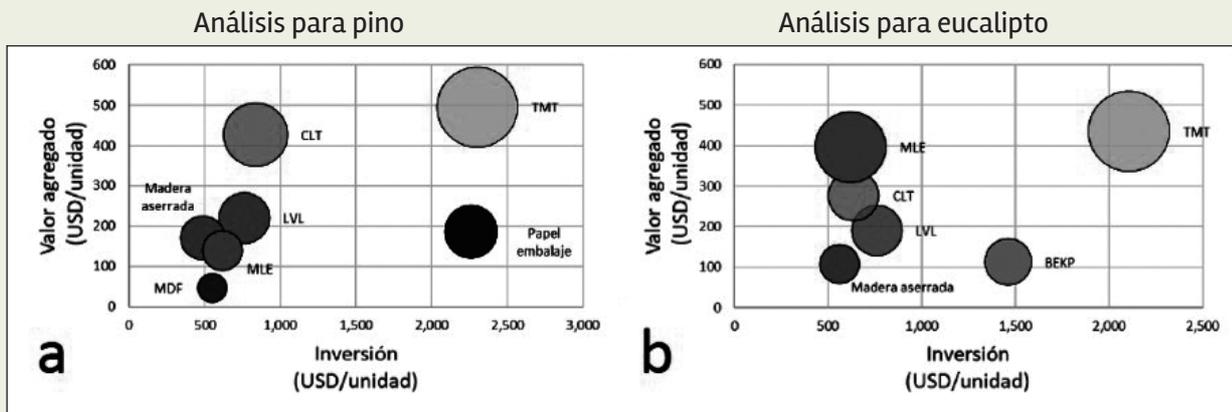
En la publicación de *Avances del proyecto Bioeconomía Forestal 2050* se presentaron los productos de madera para la construcción cuya fabricación en Uruguay tiene potencial, a saber, madera aserrada, madera laminada cruzada (CLT), madera microlaminada (LVL), madera laminada encolada (MLE) y madera modificada térmicamente (TMT).

Para un análisis más exhaustivo, se clasificaron dichos productos en base al valor agregado que generan y su complejidad, representada por la inversión unitaria necesaria. Asimismo, se incorporaron otros productos —de los que no se identificó potencial en el corto plazo— solo a efectos de comparación: tableros de densidad media (MDF), papel de embalaje, y pasta blanqueada de eucalipto (BEKP).

Además, se estimaron los beneficios antes de intereses, impuestos, depreciación y amortización (EBIDTA) por unidad producida, representada en el gráfico 5 a través del diámetro del círculo que indica cada producto.

De esta forma, los productos más atractivos tendrán mayor valor agregado, con alto ebidta y baja inversión, ubicándose en el cuadrante de arriba a la izquierda y con diámetro grande.

**Gráfico 5. Clasificación de productos en función del valor agregado por unidad y la inversión por unidad, y representado el ebidta unitario mediante el diámetro de los círculos**



Se podría concluir que los productos para la construcción más interesantes son TMT y CLT, para ambas especies; y MLE para eucalipto. Es necesario tener en cuenta que, si bien la madera modificada térmicamente (TMT) presenta gran valor agregado y rentabilidad, la inversión por producto supera los 2.000 USD. Sin bien LVL es también un producto atractivo desde el punto de vista del valor agregado y el EBIDTA, especialmente para pino, su fabricación requiere una escala mínima que supone mayor riesgo.

La madera aserrada, en tanto, a pesar de que requiere bajos niveles de inversión, tanto el valor agregado como su rentabilidad también son pequeñas. Ahora bien, dado que se trata del insumo principal para la fabricación de TMT, CLT y MLE, sería un producto atractivo pensando en un sistema integral, en el que el aserradero clasificaría las tablas de forma de obtener madera de apariencia sin defectos para carpintería, de alto valor, y utilizar la restante para fabricar productos para la construcción.

Respecto a los productos que se agregaron al análisis, sin haber identificado potencial en el corto plazo, se observa que tanto el papel de embalaje como la pasta bekp presentan altos niveles de inversión por unidad, a lo que podría agregarse que se trata de productos que requieren de una escala mínima para poder absorber los costos fijos operacionales.

De cualquier manera, existe otra dimensión que es necesario considerar: el tamaño potencial del mercado. Si bien TMT o CLT son productos muy atractivos desde el punto de vista del retorno al inversor y el valor agregado, son mercados en pleno crecimiento, pero que sería poco probable que absorbieran altos niveles de producción local.

## Adaptar productos competitivos de EWP a los requisitos internacionales

### Recomendación

Adaptar los productos competitivos de madera aserrada, su normativa y certificación, a la construcción doméstica e internacional, incluyendo mercados y canales de distribución.

### Antecedentes y contexto

La construcción modular de madera ofrece beneficios como la reducción de desechos, menores costos y programas de instalación más cortos. En particular, los productos de EWP ofrecen mayor estabilidad dimensional, durabilidad y propiedades mecánicas más homogéneas que la construcción tradicional.<sup>75</sup>

Eso, sumado a gran disponibilidad de materia prima en Uruguay y la consecuente subutilización prevista de pino, refuerzan el potencial de desarrollo de productos EWP en el país. Un factor complementario sería el de las corrientes secundarias de la industria de aserrado (aserrín, astillas, entre otros), que ofrecen biomasa disponible para la transformación en otros productos de mayor valor agregado (pellets, por ejemplo), si la materia prima se produce en grandes cantidades.

Dicho potencial es localmente reconocido en cuatro productos: CLT, LVL, ingeniería de madera para construcción y MLE. Como se mencionó anteriormente, el CLT parece ser el más prometedor a nivel mundial, con varias instalaciones de producción planificadas o recientemente iniciadas.<sup>76</sup> Si bien en la actualidad la industria del CLT es todavía joven y los volúmenes de producción relativamente pequeños —debido a la producción personalizada—, se espera que su demanda aumente a medida que los participantes del mercado se den cuenta de sus beneficios como reemplazo de los materiales de construcción tradicionales, como el acero y el hormigón, y para la construcción de edificios de gran altura.<sup>77</sup>

Si bien es un mercado dominado por Europa, el mercado norteamericano muestra un crecimiento sostenido desde la adopción de un nuevo estándar de productos para CLT por parte del International Building Code en 2015; y se espera que siga creciendo en el mediano plazo.<sup>78</sup>

Actualmente no existe fabricación local de CLT, no obstante, existen proyectos realizados en Uruguay utilizando paneles importados; y ya hay una pequeña base de producción a nivel regional, en Brasil y Chile.

El LVL, en tanto, ha ganado importancia como sustituto de la MLE, debido a su mayor disposición estructural (relación fuerza–peso) y sus mejores propiedades mecánicas, así como la necesidad de un menor espacio de instalación para aplicaciones de marcos estructurales. Además, el LVL resulta más económico que el MLE, ya que requiere de menos madera para fabricarse.

A diferencia del CLT, la demanda regional de LVL en la industria de la construcción se encuentra madura y concentrada en América del Norte;<sup>79</sup> en Europa la tendencia hacia viviendas prefabricadas ofrece nuevas oportunidades de crecimiento para este segmento, en particular en Europa del Norte.<sup>80</sup>

### Acciones clave

- Desarrollar políticas e instrumentos de promoción concretos para la fabricación de paneles a base de madera, como parte de una política industrial.
- Desarrollar capacidades en diseño estructural y arquitectónico de edificios de madera a gran escala (oficinas, residencias, comercios).
- Desarrollar la demanda y oferta (local) de productos de construcción a base de madera para hacer que el sector sea tan competitivo como la construcción tradicional.
- Potenciar el sector químico, cuyos insumos son utilizados para el desarrollo de la transformación mecánica de la madera.

75 Ramage, M.H. et al. (2017). La madera de los árboles: el uso de la madera en la construcción, en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 333–359.

76 [https://www.timber-online.net/wood\\_products/2018/11/CLT-production-2017-growing-market.html](https://www.timber-online.net/wood_products/2018/11/CLT-production-2017-growing-market.html)

77 Muszynski, L. et al. (2017).

78 Frost y Sullivan, 2016. Mercado de productos de ingeniería de la madera en América del Norte y Europa, pronóstico para 2022

79 Frost & Sullivan (2018). Análisis del mercado global de adhesivos para madera...

80 Frost y Sullivan, 2016. Mercado de productos de ingeniería de la madera en América del Norte y Europa, pronóstico para 2022

## Reacciones clave de expertos e interesados

Las principales barreras para el desarrollo de la industria de aserrado nacional son la falta de normativa para la construcción en madera y la fuerte tradición en el uso de materiales y métodos de construcción dominantes, tanto por parte de arquitectos como constructores y consumidores finales. A su vez, existen barreras regulatorias en los requisitos de fabricación de EWP, como la falta de certificación, codificación y cálculo estructural que también limitan su desarrollo.

En otro orden, el desarrollo de EWP se relaciona fuertemente con el suministro de materia prima y logística. Para que la industria de los aserraderos sea rentable, la utilización de corrientes secundarias como chip, aserrín y corteza a nivel local es uno de los temas clave para resolver, pudiendo ser determinante para que un proyecto sea viable. Hoy en día los operadores regionales para subproductos de aserradero son muy pocos y el transporte hacia los países vecinos no es factible. Para los subproductos de aserrado de eucalipto, en particular de chip, existe la alternativa potencial de abastecer de materia prima a las pasteras ya instaladas, lo que representaría una ventaja competitiva de Uruguay para el desarrollo de la industria de aserrado de esa especie.

## Innovación y necesidades empresariales

La principal preocupación es que Uruguay se está quedando atrás en el sector de EWP debido a la baja capacidad de innovación y poca renovación del sector; sin una definida articulación entre la industria y la academia es probable que se terminen adoptando soluciones prefabricadas desde el extranjero.

Una de las acciones más inmediatas para mejorar la utilización de los productos nacionales consiste en desarrollar sistemas de estandarización y certificación de productos aserrados y de fabricación. Uruguay podría definirse como el país latinoamericano líder —la industria chilena de la madera es el único competidor actual en la región— en construcción a base de madera, establecer una feria regional para viviendas a base de madera, que imita la tradición nórdica de Housing Fair,<sup>81</sup> y difundiendo demostraciones a través de edificios piloto para dar visibilidad.

Para ello, es necesario sentar las bases para que exista un organismo independiente cuyo cometido sea

certificar estructuralmente la madera proveniente de los aserraderos locales, garantizando que cada pieza que se comercializa en el mercado cuenta con las propiedades estructurales que el fabricante declara. Dicha certificación debe estar respaldada por una serie de ensayos y controles de calidad, tanto por parte del fabricante como por la agencia u organismo certificador. Asimismo, es necesario generar una infraestructura nacional capaz de hacer ensayos de resistencia a fuego para cada tipo de edificación.

Por último, es necesario buscar alternativas al uso del tratamiento de CCA para la impregnación de madera, en línea con la tendencia mundial. Esto permitiría, en primer lugar, disminuir el impacto ambiental que generan estos químicos, y en segundo lugar, acceder a mercados de madera impregnada que prohíben el consumo de productos de madera bajo este tratamiento.

## Necesidades de investigación

Se reconoce la necesidad de establecer un programa nacional de investigación sobre las propiedades mecánicas de la madera. El desarrollo de la industria de EWP en Uruguay requiere de una fuerte colaboración en investigación, desarrollo tecnológico e innovación, que involucre a distintos tipos de empresas e integre la experiencia internacional. Pero además de competencias en I+D, se necesita una concentración paralela en el desarrollo de pruebas piloto, estandarización y competencias de marketing y mercadeo.

Algunas áreas potenciales incluyen la exploración de la lignina en las EWP (como sustituto de las colas en la producción de madera estructural) y el uso de materias primas y productos no tradicionales (maderas alternativas al pino y eucalipto).

Además, para garantizar el suministro y la versatilidad de la materia prima en la construcción a base de madera, la investigación para la preservación en las condiciones locales (especies, plagas, hongos, clima) debe mantenerse.

Por último, es necesario investigar la resistencia al fuego de todos los sistemas constructivos —madereros y no madereros—, de forma de crear una tabla indicativa con las especificidades de cada material.

81 <http://asuntomessut.fi/english/what-is-a-housing-fair/>

---

## **Necesidades educativas**

La falta de tradición en la construcción con base a madera crea grandes demandas en el sistema educativo uruguayo. La capacitación simultánea en formación técnica y universitaria es esencial. Es necesario abordar la ingeniería con un enfoque forestal más sólido, desarrollando capacidades no solo en la etapa estructural sino también en el diseño arquitectónico y en la categorización de productos aserrados según estándares.

Asimismo, es fundamental mejorar la comprensión de las tecnologías de construcción en el mundo académico, y la forma en que éstas se transfieren, adaptándolas, a las circunstancias del país.

Por último, además de las competencias tecnológicas y técnicas, es importante mejorar las habilidades de negocios, emprendedurismo, marketing y ventas.

## **Necesidades institucionales**

Crear un mercado interno y una demanda sostenida de EWP es una prioridad para la evolución de la industria de aserrado de Uruguay. A nivel público, el Estado puede colaborar en la modernización de la infraestructura de transporte y en la instrumentación de las obras públicas, priorizando el uso de madera de origen nacional —en particular de las PYME—, incorporando el criterio del uso de la madera en la evaluación de los proyectos.

Los incentivos para las inversiones locales no necesariamente deben ser monetarios, por ejemplo, la construcción de edificios públicos con madera podría concientizar, promover y demostrar la viabilidad de este tipo de edificaciones, mostrando el compromiso institucional necesario para involucrar a los productores y la ciudadanía.

El Estado debe impulsar decididamente el proceso para constituir un pliego de condiciones técnicas mínimas necesarias para la madera estructural, articulando en conjunto con empresarios, técnicos, instituciones públicas (MVTOMA, bomberos, intendencias) y universidades. Dicho proceso debe establecer una serie de requisitos fundamentales que deben cumplir los productos de madera para ser utilizados con fines estructurales en arquitectura e ingeniería civil; facilitando su prescripción, selección y control de calidad estructural. Para ello, será imprescindible conocer las propiedades estructurales de la madera; las condiciones ambientales a las cuales estará expuesto y el riesgo al ataque de agentes bióticos, asociado a dichas condiciones.

Respecto al marco regulatorio, es necesario modificar la tipología de códigos constructivos, del enfoque determinista en el cual se prohíben taxativamente algunos materiales, a uno prestacional donde se establecen las exigencias técnicas necesarias de los sistemas constructivos, independientemente del material que se trate.

#### Recuadro 4. Limitaciones regulatorias para la construcción en madera

La principal limitación al desarrollo de la construcción con madera en Uruguay no es el material en sí mismo, sino el marco regulatorio vigente, desactualizado, que contiene múltiples limitantes/prohibiciones:

- La regulación considera el uso de madera en edificación como sistema constructivo no tradicional.
- La normativa actual limita el uso de madera como elemento estructural por el riesgo de incendio, concepto no amparado por la evidencia científica.<sup>82</sup>

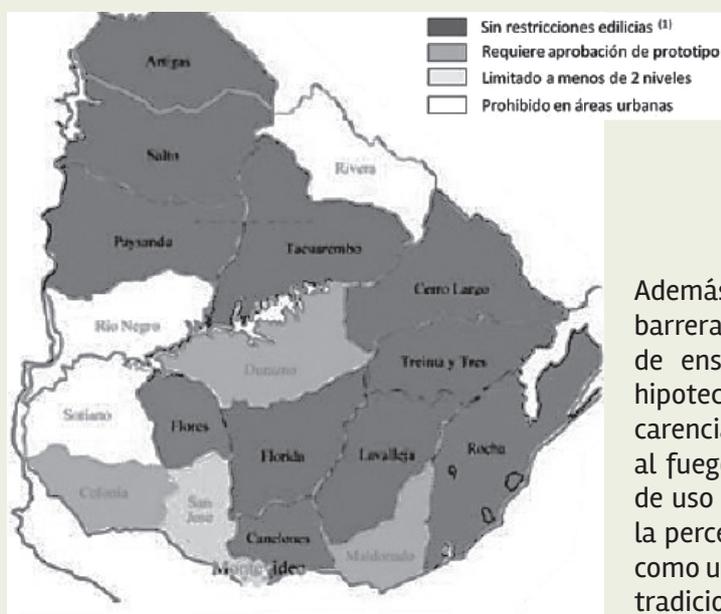
Pero, además de la normativa general, la legislación establece que las funciones de policía urbanística las ejerce cada gobierno departamental, lo que se traduce en la existencia de tantas ordenanzas de edificación y propiedad horizontal como departamentos hay en el país.

Las ordenanzas de edificación vigentes, adoptadas por las juntas departamentales de cada intendencia, exhiben gran heterogeneidad en virtud de que coexisten regímenes incambiables desde hace varias décadas con otros de reciente aprobación. Entre los más antiguos, la filosofía de la norma es determinista, ya que solo considera posible la construcción tradicional, e incluso algunas ordenanzas mencionan que se debe construir con determinados materiales exclusivamente.

Otros regímenes más modernos incorporan los llamados sistemas constructivos no tradicionales (SNT), es decir, sistemas constructivos generalmente livianos, prefabricados y de montaje en seco. Sin embargo, para este tipo de construcciones, los gobiernos departamentales suelen exigir mayores recaudos, demostraciones técnicas, incluso ensayos de laboratorio para aprobar los permisos de construcción correspondientes. Dichas demostraciones deben realizarse caso a caso, lo que en los hechos resulta inviable a pequeña escala.

Esta diversidad en la normativa existente para la misma materia, pero en ámbitos geográficos distintos, llevó a que la Sociedad de Arquitectos y el Congreso Nacional de Intendentes se planteasen la necesidad de generar una Normativa Nacional de Edificación que homogeneice criterios a nivel nacional. A la fecha se ha producido el primer documento que refiere a la normativa de higiene de la vivienda, y se trabaja en otros (instalaciones sanitarias y eficiencia energética).

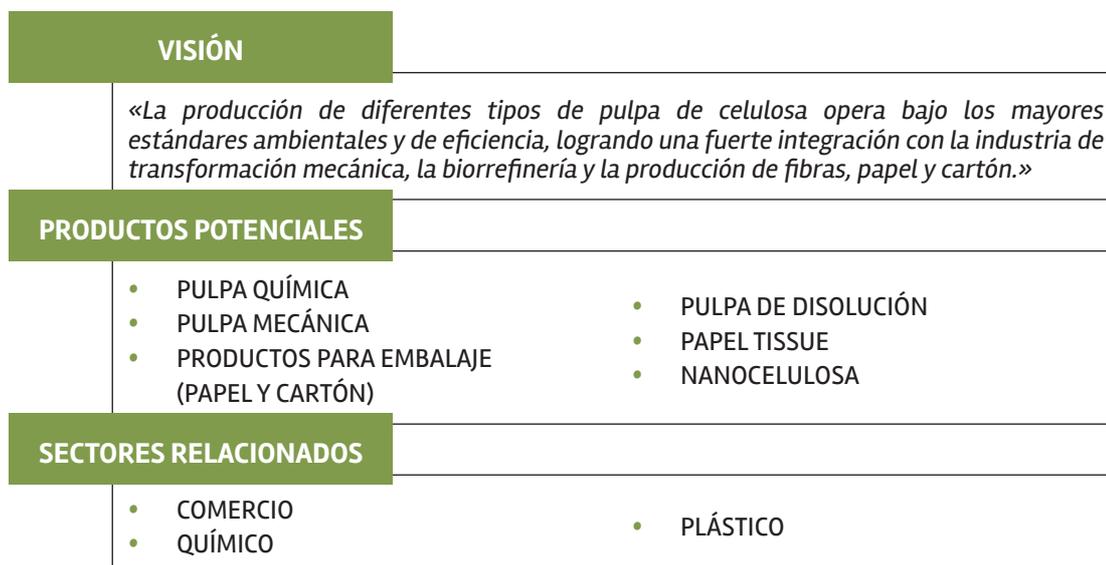
Figura R4.1. Requisitos para la construcción de viviendas unifamiliares en madera



Además del marco regulatorio restrictivo, otras barreras son la falta de un laboratorio de realización de ensayos de fuego, la ausencia de créditos hipotecarios para este tipo de construcciones, la carencia de información acerca de la resistencia al fuego (Ei) de diferentes sistemas constructivos de uso común tal y como existe en otros países, y la percepción cultural (injustificada) de la madera como un material más endeble que la construcción tradicional.

82 Las limitantes de los elementos estructurales deben definirse por su resistencia al fuego y no por su reacción al mismo (materiales combustibles o no combustibles).

# Oportunidades relacionadas con la transformación química de la madera



Tradicionalmente, el enfoque en esta área ha sido la elaboración de productos a partir de pulpa, papel y cartón. Sin embargo, también se han producido otros tipos de biomateriales, como fibras textiles a base de madera. Recientemente, se han desarrollado nuevas formas de biomateriales basados en fibras de valor agregado; estos nuevos tipos de biomateriales incluyen espumas, nuevos tipos de fibras textiles, hilos y (bio) compuestos. El progreso en esta materia no solo requiere del desarrollo de tecnologías de pretratamiento y deslignificación, sino también de avances en tecnologías de fibra.

Entre los productos se destacan la pulpa *kraft*, la pulpa de disolución, el papel de embalaje (fibra larga), el papel tisú y otro tipo de productos higiénicos, biocompuestos, las fibras textiles y la nanocelulosa, entre otros.

El mercado mundial de celulosa y papel está experimentando cambios estructurales significativos. Durante la última década, la producción y el consumo de papel de impresión se ha estancado en los países desarrollados, producto de la desaceleración económica y, de forma más estructural, en la medida en que los medios digitales están reemplazando el papel gráfico.

En consecuencia, los precios de los productos de papel de impresión muestran una tendencia decreciente. Se prevé que el consumo mundial de papel de prensa, imprenta y escritura, y de pulpa mecánica y química, continúe disminuyendo, aunque desacelerándose a medida que nos acercamos a 2030.<sup>83</sup>

83 Johnston (2016).

**Tabla 3. Precio y consumo mundial de productos forestales en 2012 y proyectado al 2030**

PRECIO Y CONSUMO MUNDIAL DE PRODUCTOS FORESTALES EN 2012 Y PROYECTADO AL 2030				
	Precio (\$/Mt)		Consumo ('000 Mt)	
	2012	2030	2012	2030
Papel prensa	639	282	30.147	10.853
Papel para imprimir y escribir	960	833	104.877	61.269
Pulpa mecánica	474	636	28.678	12.844
Pulpa química	602	686	139.190	124.222

Fuente: Johnston (2016).

Sin lugar a dudas Asia será el actor clave en la conducción de la futura demanda de papel, donde China representará más del 50% de su demanda para 2030.<sup>84</sup>

**Tabla 4. Producción de papel y cartón y perspectivas para 2030 (en millones de toneladas)**

PRODUCCIÓN DE PAPEL Y CARTÓN EN 2000 Y 2014, Y PERSPECTIVAS PARA 2030 EN MILLONES DE TONELADAS			
Papel y cartón	2000	2014	2030*
Asia	95	183	236
Europa Oriental	11	18	26
Europa Occidental	89	85	77
América del Norte	107	84	77
Mundo	325	400	467
Pulpa (excl. pulpa reciclada)	2000	2014	2030*
Asia	21	29	39
Europa Oriental	9	10	14
Europa Occidental	37	33	32
América del Norte	84	65	58
Mundo	167	167	185

\* Poyry Inc. *World fibre outlook up to 2030*. Vantaa, Finlandia; 2015.

Fuente: Toppinen et al., (2017).

Este fenómeno, que comenzó a partir de 2007, está dando paso a cambios estructurales en la industria forestal, con mercados emergentes y nuevos productos de mayor valor agregado, que está reemplazando la disminución del consumo de papel.<sup>85</sup> Así, la evolución reciente del mercado celulósico redireccionó las inversiones hacia otros usos, como el desarrollo de productos de papel blando, productos

higiénicos, cosméticos, biocompuestos, entre otros.

Toppinen et al.<sup>86</sup> identificaron ciertos determinantes que podrían condicionar los escenarios futuros de la industria de pulpa y papel 2030, donde la eficiencia, la presión sobre la biomasa, los nuevos productos de valor agregado, la conciencia ambiental, la regulación y el papel de Asia serán clave, limitando o impulsando el desarrollo del sector:

84 Szabó et al. (2009).

85 VTT (2018).

86 Toppinen et al. (2017).

**Tabla 5.. Escenarios futuros para la industria de pulpa y papel, presentados temáticamente**

Recursos, materia prima y energía	aumento de la competencia por la materia prima
	eficiencia de recursos
	eficiencia energética
I+D, tecnología y productos	variedad de productos más diversificada
	énfasis en productos de nicho, de alto valor agregado
	menos volumen, pero más valor
Cadena de valor y asociaciones estratégicas	importancia de las asociaciones estratégicas con otros sectores (por ej. la industria química) aumentará
Consumidores	más consumidores con conciencia ambiental
Competencia (geográfica)	el papel de Asia
	recursos y eficiencia energética como factores de competitividad
Políticas públicas y regulación	estabilización de la regulación ambiental
	múltiples objetivos de política crean competencia para materia prima
Sostenibilidad	el rol creciente de la sostenibilidad (principalmente impulsado por el mercado)

Fuente: Toppinen et al. (2017).

Por último, la sustitución de embalajes de plástico de origen petroquímico por papel y cartón tiene el potencial de transformarse en un impulso determinante en la demanda de papel de embalaje, fabricado con fibra larga (coníferas). La tendencia global a la disminución del uso del plástico, cuyos efectos se advierten incluso localmente, puede provocar una demanda por pasta de fibra larga desconocida hasta el momento. La innovación en productos de embalaje en papel y cartón se presenta como un campo sumamente rico.

En síntesis, parte del desafío actual que enfrenta la industria de la celulosa y el papel es el de cómo sortear estas amenazas y transitar hacia una bioeconomía de base forestal. En este sentido, las alianzas estratégicas intersectoriales tendrán un papel clave para generar procesos y productos nuevos.

## Diversificar los tipos de pulpa producida

### Recomendación

Incentivar a grandes compañías a que consideren la fabricación de otros tipos de pulpas, como pulpa *kraft* en base a pino, y pulpa de disolución y pulpa semiquímica de sulfito neutro NSSC en base a eucaliptus.

### Antecedentes y contexto

Actualmente, hay dos fábricas de celulosa en Uruguay que producen celulosa *kraft* blanqueada de eucalipto, con una capacidad de procesamiento anual de 2,7 millones de toneladas de celulosa y un peso preponderante en el mercado forestal uruguayo. Sin embargo, es razonable considerar otros procesos y productos de pasta química o semiquímica para diversificar la producción de pulpas, aprovechando la oferta de biomasa forestal actual y proyectada, que incluye una gran cantidad de madera de pino subutilizada.

Aumentando las variedades de pulpa, se logra diversificar las actividades del sector forestal, disminuyendo así la dependencia de una sola especie de árbol y de un solo producto. Además, producir diferentes tipos de pulpa disminuiría la vulnerabilidad ante las fluctuaciones de la demanda global, propias de la celulosa *kraft* blanqueada de eucalipto. Al mismo tiempo, permitiría la diversificación de productos, ofreciendo nuevos segmentos de mercado, que aún pueden ser relativamente pequeños pero en crecimiento, como la pulpa para aplicaciones textiles.

Entre los productos que se avizoran con mayor potencial se encuentran las pulpas de disolución y NSSC a partir de eucalipto y la pulpa *kraft* de pino, aunque también se pueden considerar otros productos alternativos como la pulpa *fluff* de pino y potencialmente de eucalipto.

Las perspectivas del mercado global y latinoamericano parecen ser prometedoras para algunas de estas pulpas, en diversos usos finales, traccionadas por una mayor demanda local y global para envases a base de fibra, textiles celulósicos y otros productos de celulosa, y diferentes materias primas de base biológica para la industria química.<sup>87</sup> Además, la separación de varios subproductos podría integrarse a las nuevas operaciones de fabricación de pasta, proporcionando materias primas a diferentes sectores químicos, de materiales e incluso alimenticios.

Estas oportunidades de fabricación de pasta pueden basarse en tecnologías ya establecidas; naturalmente las empresas que ya operan en el país tienen el conocimiento y la experiencia en la gestión de tales proyectos, aunque también hay otras empresas forestales que tienen experiencia operando en varios países latinoamericanos.

### Pulpa de disolución

La pulpa de disolución es una pulpa química, blanqueada, con propiedades especiales (alto grado de blanco, bajo amarillamiento y una distribución uniforme de peso molecular) y un alto contenido de celulosa (> 90 %). La producción de pulpa de disolución constituye una alternativa a la producción de BEKP, con un mercado creciente asociado especialmente a la industria textil y también a los derivados químicos de la celulosa y con varias tecnologías emergentes para su producción, algunas de ellas en desarrollo.<sup>88 89</sup>

Esta pulpa, una vez disuelta, se puede hilar en fibras textiles, o bien puede reaccionar químicamente para producir químicos de alta pureza, como el triacetato de celulosa, un material similar al plástico que se usa para crear *films* (pantallas) o fibras, o éteres de celulosa como la metilcelulosa, que se usa como espesante.<sup>90</sup> En concreto, las principales áreas de aplicación de esta pasta incluyen los sectores textil y derivados químicos especializados para una gran cantidad de usos, desde aditivos alimenticios hasta explosivos.<sup>91</sup>

El mercado ha crecido casi 50 % en los últimos quince años, alcanzando nueve millones de toneladas —de las cuales China produce el 20 % y consume cerca de la mitad— y con perspectivas de mantenerse en el futuro.<sup>92 93</sup>

En general, estos aumentos recientes en la manufactura se basan en la reconversión de líneas de producción convencionales de pulpa *kraft* existentes que han quedado obsoletas dada su menor escala sobre todo en Europa del Norte,<sup>94</sup> pero también en América del Sur (incluidos los proyectos Jari y Arauco que utilizan materia prima de eucalipto, en Brasil y Chile respectivamente);<sup>95</sup> o asociadas a biorrefinerías, para la producción conjunta de xilosa, lignina y derivados. Actualmente hay dos proyectos anunciados en América latina que aumentarían la oferta en un millón de toneladas (Arauco y Lenzing).

En Uruguay, la producción de celulosa de disolución podría basarse en una nueva línea *kraft* de prehidrólisis, con una capacidad moderada. Esta nueva línea podría elaborarse por las empresas forestales que ya operan en el país, pero también por nuevos emprendimientos.

### Pulpa NSSC

La pulpa semiquímica al sulfito neutro (NSSC) pura se percibe como un material de gran calidad para el empaquetado en circunstancias exigentes, ya que soportan largos períodos de tiempo, sirviendo para empaquetar y transportar productos delicados como frutas, verduras y otros alimentos.

Si bien esta pulpa, producida a partir de madera de fibra corta (frondosas), se utiliza casi exclusivamente para la producción de papel onda (*fluting*) para cartones y tableros corrugados, la tendencia actual es usarlo también como un reemplazo parcial de pulpa *kraft* en paneles de revestimiento y bolsas.<sup>96</sup> Además, varias plantas de celulosa NSSC han demostrado que también pueden contribuir a la industria química mediante la recuperación de subproductos útiles para diferentes usos, como el ácido acético, aunque el mayor potencial se encuentra en los lignosulfonatos.<sup>97</sup>

87 Pöyry, Mercado Mundial del Papel a 2030.

88 <https://news.cision.com/metsaliitto-osuuskunta/r/metsa-group-and-itochu-establish-a-joint-venture-that-builds-an-industrial-demo-plant-to-produce-woo,c2632127>

89 Borrega, M. et al., Prehidrólisis de madera de abedul versus pulpa...

90 Sixta (2006).

91 Pöyry, Mercado Mundial del Papel a 2030.

92 Young, R. (2017). Tendencias globales en pasta de disolver...

93 Sateri (2017); Suhonen y Oksanen (2016).

94 Hawkings Wright Ltd., Perspectiva del mercado de la celulosa y la creciente influencia del sector viscosa...

95 <https://www.arauco.cl/mo/arauco-to-materialize-significant-innovation-at-its-valdivia-pulp-mill-allowing-the-company-to-enter-new-markets>

96 Area et al. (2001).

97 <https://www.sappi.com/tugela-mill>

La producción global de pulpa NSSC es de 5–6 millones de toneladas, con aumentos recientes luego de un período en que la producción disminuyó ligeramente.<sup>98 99</sup> La mayor parte de la producción se realiza en América del Norte, donde International Paper es el gran productor. Otros actores importantes a nivel global son Stora Enso (con actividades en nuestro país), Powerflute, BillerudKorsnäs, Mondi, Sappi y Georgia–Pacific. En América latina, no hay actualmente producción de NSSC pura, por lo que se recurre a su reciclaje e importación. Del total de la producción global de NSSC, 1,5 millones de toneladas (25 %) se comercializan internacionalmente, donde se espera que la pasta NSSC de alta calidad proveniente de los países nórdicos continúe fortaleciendo su papel en los mercados globales.<sup>100</sup>

En Uruguay, la producción de celulosa NSSC a partir de eucalipto para usos de empaque exigentes podría integrarse en las plantas de celulosa *kraft* (actuales o nuevas), o bien podría realizarse en plantas NSSC independientes, aunque los sistemas integrados son comunes.

Establecer un sistema integrado en Uruguay convertiría al país en la primera fuente de lignosulfonatos de América latina, además de reducir la necesidad importarlos en la región.

### Pulpa *kraft* de pino

Existe una tendencia global hacia políticas que disminuyan o racionalicen en el uso de plástico de origen petroquímico, especialmente mediante el aumento del reciclaje, debido al impacto que su liberación al ambiente provoca en ecosistemas marinos, de agua dulce, suelo y la cadena alimentaria.<sup>101</sup>

Esta situación puede provocar una expansión en la demanda de papel de empaque (Cordeiro 2018). Sin embargo, dependerá de decisiones políticas que no son fácilmente predecibles. La producción de pulpa *kraft* de pino, abriría nuevas oportunidades para el uso del pino, actualmente infrutilizado, donde la oferta de pino nacional permitiría una planta de tamaño pequeño, que consumiría toda la oferta de chip de pino.

Una planta de celulosa *kraft* de alto rendimiento que produce 250.000 toneladas/año podría ser alimentada utilizando chip de la industria de aserrado, raleos de plantaciones actuales, maderas rechazadas por la industria, dando amplio margen de disponibilidad para el desarrollo de procesamiento mecánico de pino.

Actualmente hay algo más de demanda que oferta de papel (aproximadamente 28 millones de toneladas),<sup>102</sup> siendo los principales productores International Paper, Koch Ind., Arauco (con actividades en nuestro país), Domtar y Metsä Fiber. Además, existen varios proyectos anunciados que aumentarán la capacidad de pasta de fibra larga en el corto plazo; en Finlandia (cuatro proyectos que totalizan más de tres millones de toneladas) y Rusia (dos proyectos, de un millón de toneladas cada uno).

La pasta *kraft* de coníferas se puede utilizar para la fabricación de papel sack para embalaje. Según el informe de Pöyry,<sup>103</sup> la producción global de papel para sacks es de 5 millones de toneladas, donde América latina produce el 14 % y demanda el 17 %. Para 2030, se prevé que la producción mundial alcance los 5,7 millones de toneladas, incluyendo el aumento constante del consumo en América latina, donde se destina al sector de la construcción principalmente, pero también a los sectores agrícola, químico y fertilizante.

Además, constituyen el 20 % del material de cartón para contenedores (cajas) de Latinoamérica, cuyo déficit asciende a casi 3 millones de toneladas —que se satisface en gran medida desde América del Norte—, y se espera que alcance las 3,5 millones en 2030.

En otro orden, el uso de materia prima de coníferas daría acceso a dos subproductos químicos de pino que no están disponibles en eucalipto: sulfato de trementina, corteza como fuente de taninos y talloil (aceite para pinturas y ésteres epóxicos), un mercado que representa 4 mil millones de dólares y se espera que crezca entre 4 y 5 % anual en los próximos años.<sup>104</sup> En estos segmentos, América del Norte y Europa tienen un gran protagonismo, mientras que en América Latina presentan un volumen muy pequeño.

98 Index Box, World, Fluido semiquímico: análisis de mercado, pronóstico, tamaño, tendencias y perspectivas, 2018

99 Pöyry (2014). Mercado mundial de papel hasta 2030.

100 Pöyry (2014). Mercado mundial de papel hasta 2030.

101 Leal Filho et al. (2019); Su et al.

102 ENCE, *Entregando valor, entregando compromisos*, setiembre de 2018

103 Pöyry (2014). Mercado mundial de papel hasta 2030.

104 Baumassy, M. La industria del tall oil: 100 años de innovación. PCA International Conference, 2014.

105 Ukkonen, K. A. Productos químicos del pino. Visión global. PCA International Conference, 2016..

106 Berg, A. y Guzman, F. Un nuevo proceso para la extracción de biomasa...

La producción de estos materiales abriría oportunidades interesantes para fortalecer el papel del país en la industria del material de embalaje, pero también puede complementarse a través de los derivados químicos que genera el proceso. Como se demostrará en un trabajo de la FING/UEDELAR aún no publicado, la producción de pulpa *kraft* no blanqueada de pino, en una escala de 300.000 ton/año es una posibilidad para Uruguay, dada la disponibilidad de materia prima, lográndose una integración eficiente con las industrias de transformación mecánica.<sup>107</sup> El destino final de esta pulpa es la producción de papeles de embalaje (bolsas de papel) y la producción de *kraft* liners para la manufactura de cartón.

### Pulpa *fluff*

La pulpa *fluff* es un tipo de pulpa química generalmente de coníferas, similar a la pulpa *kraft* o al sulfito, donde se varía la última etapa de secado para generar un mayor volumen específico y capacidad de absorción de agua.<sup>108</sup>

Las pulpas *fluff* se utilizan como materia prima en la producción de productos absorbentes para el cuidado personal, como pañales para bebés, productos de higiene femenina y productos para la incontinencia para adultos, donde se observan mercados en aumento. Actualmente hay tres productores de esta pulpa en América latina: Arauco (pino), Klabin (pino) y Suzano (eucalipto), dos de ellos iniciando operaciones recientemente. Si bien las pulpas *fluff* han sido tradicionalmente fabricadas a partir de pulpa de conífera, cuando se fabrican con mezclas de pulpas de fibra larga (pino) y de fibra corta (eucalipto), se aumenta la resistencia del producto.

Según un estudio reciente, la capacidad y el consumo de esta pulpa en la actualidad es de 6,8 y 5,8 millones de toneladas, respectivamente y los principales productores son Georgia-Pacific, Weyerhaeuser, International Paper y Domtar.<sup>109</sup> Su demanda continúa con una tendencia de crecimiento constante, con precios ubicados en máximos históricos en el último año. El estudio «Perspectiva para el mercado mundial de pulpa *fluff* 2018» pronostica un crecimiento de la demanda de casi el 6 % anual en el período 2018–2022, en comparación con el crecimiento del mercado de pulpa *kraft* del 1 %. El uso de estos productos ha crecido de manera constante impulsado por el aumento de los ingresos

en el mundo en desarrollo, como Brasil y China.

La producción de pulpa *fluff* ha estado tradicionalmente dominada por Estados Unidos, que representa el 84 % de la capacidad de producción global a través del procesamiento de pinos eliotti (disponible en Uruguay), que es la fibra ideal para fabricar pulpa *fluff*.<sup>110</sup>

En el caso de Uruguay, la producción de pulpa *fluff* convencional no sería factible como modelo de producción independiente, sino que debería plantearse integrada dentro de una línea de producción de pulpa *kraft* blanqueada a partir de pino (BSKP).

### Acciones habilitantes clave

Desarrollo de plantas integradas (para pulpa y subproductos, papel y empaques)

Integración de la biorrefinación en las fábricas de celulosa y papel a gran escala

Estudiar la oferta de materia de fibra larga disponible para la instalación de una industria de papel de embalaje.

Estimar el déficit de disponibilidad de madera y las posibles fuentes del material para cada una de estas iniciativas

### Reacciones clave de los interesados y expertos

Las grandes empresas activas en la industria de la celulosa toman la decisión de invertir con un horizonte de largo plazo y una evaluación cuidadosa de las tendencias del mercado global, donde la escala/capacidad de producción de las fábricas es un parámetro decisivo. En cuanto al entorno operativo, los recursos humanos, la infraestructura, la logística y la proximidad geográfica de las plantaciones a las plantas de celulosa son factores determinantes en la decisión de los actores de la industria.

La producción de papel blando, envases y textiles se considera un objetivo deseable para la evolución en la industria de la celulosa. Además, ciertos productos, como la pulpa *kraft* de pino, darían acceso a nuevos subproductos, especialmente lignina de coníferas y productos químicos, para fortalecer las opciones de

107 Dieste et al. (2018).

108 Sixta (2006).

109 Smithers Pira, El futuro de la pulpa *fluff* a 2022.

110 Anon 2012.

materias primas de la industria química nacional. En ese sentido, es necesario poner en marcha estudios de mercado y factibilidad más detallados en esa dirección.

### **Innovación y necesidades empresariales**

Las plantas de celulosa existentes constituyen un trampolín para el desarrollo de plantas integradas en Uruguay.

Aprovechar la existencia de estas plantas sería un gran punto de partida para desarrollar aplicaciones tecnológicas locales en la creación de subproductos de valor agregado. Dependiendo del enfoque y las decisiones de los actores industriales, las fábricas integradas podrían centrarse en la pulpa y los productos derivados, en el papel y el embalaje, o en pastas *kraft* y pulpa acanaladas, por nombrar algunos.

### **Necesidades de investigación**

Las competencias actuales pueden resultar un desafío para Uruguay. La caracterización de la materia prima, la optimización de procesos, las pruebas de productos y la experiencia de la universidad local son los principales vectores en los que se debe hacer hincapié; teniendo en cuenta que fomentar asociaciones de investigación/colaboración entre universidades, institutos de investigación y empresas del sector forestal apoyaría la aparición de soluciones cercanas al mercado.

Concretamente, las áreas en las que se identificaron necesidades de investigación incluyen el estudio de las propiedades del pino uruguayo (principalmente *Pinus taeda*) para la producción de papel, la mejora de la genética de especies y la búsqueda de nuevas variedades, y el desarrollo de nuevas aplicaciones de lignina —obtenida del proceso de fabricación de pulpa—.

### **Necesidades educativas**

Existe la necesidad de fortalecer la base de conocimientos sobre nuevas tecnologías y productos relacionados con la producción de pulpa, proporcionando la experiencia y las competencias necesarias para hacer posible el procesamiento de nuevos productos, más allá de la celulosa *kraft* blanqueada de eucalipto.

### **Necesidades institucionales**

Como se señaló anteriormente, la diversificación de los tipos de pulpa producida en Uruguay debe abordarse en conjunto entre los distintos actores del sector.

Sin embargo, el sector público puede implementar múltiples medidas para crear un entorno favorable a nivel legal y operativo. Un marco regulatorio claro, con condiciones favorables para atraer inversiones y mecanismos para involucrar a otras partes interesadas —como ANCAP— sería un gran impulso para generen alianzas estratégicas con las plantas de celulosa para la producción de productos biorrefinados.

## **Promover la producción de ciertos tipos de papel y cartón específicos, a partir de pulpa local**

### **Recomendación**

Promoción de las inversiones de grandes empresas para la fabricación de ciertos tipos de papel y cartón, utilizando pulpa *kraft* de producción local.

### **Antecedentes y contexto**

La integración de la producción de diferentes tipos de papel y envases de cartón a las plantas de celulosa sería un paso natural en el desarrollo de la bioeconomía forestal uruguayana.

Esto diversificaría el procesamiento a base de fibra en Uruguay y se ajustaría a la sólida base agrícola del país, al proporcionar soluciones de empaque dentro de estos sectores.

Para continuar esta dirección, además de los recursos humanos y materiales necesarios, es crucial que haya perspectivas de demanda suficientes. En este sentido, es posible que haya demanda de cartón plegable y materiales de embalaje en todo el cono sur, si bien se necesitarían estudios de mercado profundos sobre estos tipos de papel. Además, la reciclabilidad del papel, en comparación con los plásticos, es un atributo ambientalmente favorable que si es valorado podría estimular la demanda.

Se trata de un mercado relativamente concentrado, donde cinco empresas representan ya el 16% de la capacidad global en 2013 (entre las que se encuentran UPM y Stora Enso). Si bien el mercado global de papel y cartón se estancó en el período 2010–2013 en alrededor de 400 millones de toneladas, se prevé que ascienda a 482 para 2030, impulsado por cambios en el comportamiento de los consumidores, el comercio electrónico y el envejecimiento de

la población,<sup>111 112 113</sup> otras tendencias, como la digitalización, ejercerán una presión inversa sobre la demanda de papel de impresión.

Incluso si la demanda de papel de impresión disminuye, se pronostica que el consumo de cartones, fabricados a partir de papel de fibra larga, experimente un ligero crecimiento para 2030 (tasa de crecimiento anual compuesto 2,3 %), así como el de papel *tissue* (tasa de crecimiento anual compuesto 2,9 %). El crecimiento para América latina, vinculado al éxito de las industrias alimenticia y farmacéutica, se pronostica en torno a TCAC 2,1 %, donde Brasil se muestra como un fuerte competidor, debido a que cuenta con las plantaciones de eucalipto más productivas del mundo.<sup>114</sup>

### **Acciones clave**

- Aprovechar la existencia de grandes plantas de celulosa ya instaladas en el país para promover el desarrollo de casos locales de aplicaciones tecnológicas capaces de crear subproductos de gran valor agregado.
- Analizar el potencial para integrar la producción de fibras locales e importadas.
- Generar alianzas con las plantas de celulosa para la producción de biorrefinerías.
- Analizar el potencial para integrar la producción de fibras locales e importadas.
- Definir productos clave y utilizar estándares globales para su producción (cartón, pulpa, derivados de pulpa).
- Realizar encuesta y mapeo sobre las necesidades actuales y futuras previstas para diferentes tipos de pulpa y sus áreas de aplicación.
- Generar vínculos con el sector del diseño.

### **Reacciones clave de expertos e interesados**

El interés de inversión en papel y cartón de grandes empresas en Uruguay no es tan claro, ya que las tendencias actuales en el consumo de cartón proporcionan mensajes ambiguos para oportunidades futuras. Por esta razón, los estudios de mercado y de viabilidad deben preceder a todos los esfuerzos e incentivos nacionales a considerarse. Debido a la imprevisibilidad, la fabricación de diferentes calidades de papel y cartón se considera una oportunidad de largo plazo para Uruguay. Además, el país no tiene el tipo de pino para producir pulpa esponjosa y solo puede sustituir el 30–40 % de la fibra necesaria.

De todas formas, es previsible que para 2050 el empaque tenga un rol mucho más importante que el actual. Los paquetes serán más ligeros y eficientes. El diseño avanzado y la nanotecnología ayudarán a desarrollar recipientes más fuertes, sellables y estériles para diferentes contenidos. Además, el empaquetado inteligente en sistemas combinados con soluciones *ti* producirá menos desperdicio, mejorará la logística y reducirá el transporte.<sup>115</sup>

### **Innovación y necesidades empresariales**

Si bien la existencia de grandes plantas de celulosa en Uruguay brinda la oportunidad de crear productos de valor agregado, el análisis de la demanda del mercado regional debe preceder a la decisión de promover la producción integrada de papel y cartón.

Sería importante involucrar desde el inicio a las instituciones de investigación uruguayas, en el proceso y desarrollo de productos, además de establecer un centro o plataforma tecnológica común para las áreas de pulpa, biomateriales y biorrefinería.

Con esas condiciones dadas la renovación y reciclabilidad del papel y el cartón, activará a las empresas locales a desarrollar innovaciones de servicios y procesos en el marco de la economía circular emergente.

111 Pöyry (2014). Mercado mundial de papel hasta 2030.

112 Frost & Sullivan, 2017. Mercado de Estados Unidos de la plataforma de comercio electrónico *b2b*...

113 Se pronostica que las ventas globales de comercio electrónico (*b2b*) alcanzarán los 6,7 billones de dólares estadounidenses para 2020, superando las ventas directas entre empresas y consumidores (*b2c*), valoradas en 3,2 billones de dólares para 2020.

114 Farinha e Silva *et al.*, 2015. La industria de la pulpa y el papel en Brasil.

115 CEPI (2011). La industria de fibra de bosque. Hoja de ruta a 2050...

## Necesidades de investigación

La investigación podría beneficiarse del tipo de colaboración de triple hélice (investigación, industria y gobierno) en el desarrollo de nuevos productos de valor agregado a partir de pulpa producida localmente.

La comunidad de investigación local necesita desarrollar experiencia en áreas de nicho prometedoras, tales como papeles especiales con potencial de demanda global. Esto apoyaría la transformación de una estructura productiva que hoy en día depende en gran medida de la celulosa, a la producción de una variedad de productos como papel, envases y textiles.

Para explorar diferentes calidades de papel y cartón, se deben aumentar los recursos en la investigación de fibras de madera, especialmente de pino. Si bien las propiedades de la pulpa y el papel de madera de eucalipto local están bien documentadas, las propiedades del pino uruguayo son más desconocidas.

## Necesidades educativas

Es importante asegurar las competencias técnicas y de ingeniería necesarias en el funcionamiento de las fábricas integradas. La planificación y la implementación de expertos en capacitación deben realizarse en estrecha colaboración entre la industria y las instituciones educativas.

## Necesidades institucionales

La formulación de políticas debe prestar atención a la demanda interna de productos de fibra a base de madera y los acuerdos comerciales internacionales, por ejemplo, entre los países del Mercosur, para reducir las barreras al comercio.

Además, las condiciones de la infraestructura (ferrocarril, carreteras y puerto) deben seguir mejorándose para facilitar la integración de la producción de papel y cartón en las plantas de celulosa, así como el acceso de la materia prima a las instalaciones.

## Apoyo a los actores nacionales para desarrollar nuevos productos de pulpa de eucalipto

### Recomendación

Apoyar PYME locales, incluyendo *spin-offs* de universidades, para desarrollar productos novedosos y materiales en base a la pulpa de celulosa actualmente producida.

### Antecedentes y contexto

Los productos celulósicos no se limitan a la fabricación de pulpa y el papel, sino también a la producción de distintos materiales, generalmente en forma de diferentes derivados de celulosa (ésteres y éteres) y fibras textiles.

La celulosa es un biopolímero disponible en grandes cantidades, con potencial de reemplazar derivados fósiles en una gran cantidad de aplicaciones. Actualmente hay innumerables actividades de I+D+I en todo el mundo para aprovechar al máximo los materiales celulósicos, no solo los provenientes de los árboles.<sup>116 117</sup> La derivación y modificación de celulosa química y biotecnológica,<sup>118 119 120</sup> la fabricación y el uso de nanomateriales;<sup>121</sup> la producción de materiales termoplásticos procesables de distintos compuestos;<sup>122 123</sup> materiales de construcción,<sup>124</sup> empaques,<sup>125</sup> (bio)medicina y salud,<sup>126 127</sup> y alimentos<sup>128</sup> son algunos de los desarrollos actuales. En muchos de estos casos, las PYME innovadoras y los derrames derivados de la universidad han tenido un rol decisivo en los ecosistemas de innovación requeridos (además de las grandes empresas).

En América latina, Bahia Specialty Cellulose (Brasil) produce unas quinientas mil toneladas de celulosas especiales para los mercados textiles y otras aplicaciones, desde cosméticos hasta productos alimenticios, farmacéuticos y neumáticos para automóviles.

116 Innventia Global Outlook (2016). Una sociedad basada en la celulosa.

117 Harlin, A. et al. (2018). La celulosa se vuelve digital.

118 Edvert, K. y Heinze, T. (2017). Modificación y conformación de la celulosa: una revisión.

119 Hon, D. N. S. (2017). Modificación química de la celulosa.

120 Onwukamike, K. N. et al. (2019). Una revisión crítica sobre la modificación de celulosa homogénea sostenible...

121 Douglass, E. F. et al. (2018). Una revisión de las mezclas de celulosa...

122 Trache, D. et al. (2016). Celulosa microcristalina: aislamiento, caracterización y aplicación de biocompuestos...

123 Fujisawa, S. et al. (2018). All cellulose (cellulose-cellulose) green composites...

124 Ardanuy, M. et al. (2015). Compuestos a base de cemento reforzado con fibra celulósica...

125 Vilarinho, F. et al. (2018). Nanocelulosa en envases de alimentos verdes...

126 Yang, J., y Li, J. (2018). Materiales de celulosa autoensamblados para biomedicina...

127 Naseri-Nosar, M. y Ziora, Z. M. (2018). Vendajes para heridas a partir de polímeros naturales...

128 Osorno, D. M. S. y Castro, C. (2018). Aplicación de celulosa en la industria alimentaria...

Con un horizonte temporal más lejano se prevén otras aplicaciones, como el uso de celulosa en baterías de litio,<sup>129</sup> materiales de impresión 3D,<sup>130</sup> textiles multifuncionales,<sup>131</sup> materiales de tratamiento para derrames de petróleo<sup>132</sup> y dispositivos de energía.<sup>133</sup>

### **Acciones clave**

- Asegurar los derechos de propiedad intelectual (patentes) y apoyar el acceso abierto a la información.
- Asociaciones público–privadas y nuevos modelos cooperativos en infraestructura logística.
- Revisar y evaluar las lecciones aprendidas hasta ahora de otros países latinoamericanos (Chile, Brasil) con experiencia en estas áreas.
- Crear una plataforma de innovación conjunta para todos los diferentes temas de pulpa, papel y biomaterial y biorrefinación.

### **Reacciones clave de expertos e interesados**

Se trata de oportunidades de largo plazo, con tecnologías y mercados que aún no están del todo maduros como en otras vías definidas en el área del procesamiento de biomateriales a base de fibra.

Los esfuerzos nacionales en esta área se beneficiarían del fortalecimiento de la cooperación entre las instituciones de investigación, las PYME y las grandes empresas que operan en las fábricas de celulosa en Uruguay, así como la creación de consorcios con países avanzados en el desarrollo de nuevas soluciones y materiales basados en fibra.

### **Innovación y necesidades empresariales**

Es necesario establecer nuevas herramientas para los actores de la industria a través de la colaboración entre el campo de los negocios y la ingeniería.

La experiencia en diseño es otra área de competencia para la cual existe una demanda aparente en el desarrollo de nuevos productos y materiales basados en celulosa, donde los diseñadores pueden contribuir en gran medida al abordar aspectos relacionados con las expectativas y la experiencia del usuario.

### **Necesidades de investigación**

Es muy difícil que Uruguay pueda desarrollar estos segmentos de manera independiente. Por ello, es esencial que se establezcan asociaciones de colaboración internacional dentro de la academia para una transferencia y adaptación tecnológica que garantice la difusión de conocimientos a las empresas locales.

Parte de este proceso implica la difusión efectiva de las acciones de investigación, más allá de la comunidad académica, y sustentada a través del desarrollo de casos de demostración. Estas instalaciones de prueba y pilotos deben desarrollarse conjuntamente —PYME, universidades y grandes empresas de fabricación de pasta— para generar un ecosistema innovador y colaborativo.

### **Necesidades educativas**

Para impulsar el ecosistema local, debe considerarse el establecimiento de un modelo cooperativo, con institutos educativos y actores regionales que ofrezcan capacitación, eventos e incubadoras para empresas con oportunidades innovadoras.

Además, de programas de capacitación para especializaciones en química y biomateriales es importante complementar la formación a través del emprendedurismo y el diseño, tanto de empresarios como académicos.

### **Necesidades institucionales**

Un marco regulatorio que impulse la adopción doméstica de materiales basados en fibra es un incentivo necesario para que las empresas se enfoquen en este segmento; la Ley de Bolsas de Plástico recientemente aprobada es un ejemplo claro de como una nueva normativa está logrando introducir sustitutos biodegradables (bolsas de papel) en el mercado.

Por otra parte, es necesario estudiar la regulación relacionada con la interacción entre las empresas ubicadas en zonas francas (en relación con las plantas de celulosa) y las PYME locales, ya que la normativa actual desafía a éstas a operar en grandes empresas ubicadas en estas áreas de régimen tributario diferenciado.

129 Sheng, J., Tong, S., He, Z. y Yang, R. (2017). Desarrollos recientes de materiales de celulosa para separadores de baterías de iones de litio...

130 Wang, Q., Sun, J., Yao, Q., Ji, C., Liu, J. y Zhu, Q. (2018). Impresión 3D con materiales de celulosa...

131 Ibrahim, N. A. et al. (2018). Materiales y tecnologías avanzadas para el acabado antimicrobiano de textiles celulósicos...

132 Doshi, B., Sillanpää, M. y Kalliola, S. (2018). Una revisión de materiales de base biológica para el tratamiento de derrames de petróleo...

133 Du, X. et al. (2017). Materiales conductores basados en nanocelulosa y sus aplicaciones emergentes en dispositivos de energía...

# Oportunidades relacionadas con la biorrefinería a partir de biomasa forestal



Esta área de bioeconomía forestal analiza la posibilidad de desarrollar nuevos productos, con una lógica de economía circular, a partir del procesamiento químico de la celulosa, la lignina y las hemicelulosas.

Mientras que la ABF anterior se concentra en biomateriales basados en fibra, el enfoque en la biorrefinería se basa en la fabricación de otros productos químicos. Las áreas tecnológicas claves relacionadas incluyen las tecnologías de pretratamiento, conversión y separación de los componentes de la biomasa, aplicación de biotecnología industrial y tecnologías de procesamiento para biopolímeros.

Los productos más promisorios para esta ABF son resinas, aceites, alcoholes, aromatizantes, bioplásticos, biopolímeros, productos farmacéuticos y otros bioquímicos.

Distintas aplicaciones futuras a partir de

productos forestales prometen revolucionar el sector de biorrefinamiento, generando productos de gran valor agregado, reduciendo la intensidad energética y promoviendo un uso más eficiente de los recursos forestales.<sup>134</sup>

Este fenómeno es parte de un cambio de la tecnología de las principales empresas químicas en el mercado, impulsadas por sus principales consumidores —las empresas transnacionales— que han establecido metas concretas para reemplazar los productos químicos basados en fósiles por alternativas sostenibles.<sup>135</sup>

Complementando esto, recientemente la Unión Europea ha establecido una nueva normativa de prohibición para el plástico de corta duración que terminará de impulsar este segmento.<sup>136</sup> Las características deseadas del producto incluyen al menos biodegradabilidad o reciclabilidad, ligereza, durabilidad y seguridad del producto.

134 Forest Service (2014)

135 Bidy et al. (2016).

136 CE (2018).

En efecto, se espera con gran optimismo el desarrollo de distintas aplicaciones que puedan sustituir al plástico y al algodón, aunque su viabilidad aún no está tan clara. Estos productos emergentes podrían tener una demanda creciente en virtud de las proyecciones de población mundial, la concientización por el cambio climático y las mejoras progresivas en el bienestar global.

El mercado global de bioproductos —productos químicos, derivados biológicos, biocombustibles, productos farmacéuticos (biofármacos y hierbas/botánicos), materiales biocompuestos, biopolímeros/bioplásticos, biogás y bioenergía— pasará de 467 mil millones (2016) a 715 mil millones de dólares estadounidenses en 2021, creciendo un 9 % año tras año.<sup>137</sup> Por ejemplo, se estima que las fibras celulósicas podrían satisfacer hasta el 40 % de la demanda de fibra textil hacia 2030, lo cual sería una revolución en todo sentido, tratándose de uno de los sectores industriales más grandes del mundo.<sup>138</sup>

Los mercados de productos de madera a través del biorrefinamiento emergentes más importantes se espera que sean los de construcción, textiles, químicos (incluyendo polímeros), biocombustibles, y una serie de pequeños nichos de mercado cosméticos, aditivos alimentarios y farmacéuticos; haciendo que los límites de la industria sean cada vez más indistinguibles.<sup>139</sup>

Los fabricantes de productos de embalaje, por ejemplo, están buscando maneras de alejarse de los plásticos, envases de vidrio y metal, sustituyéndolos por distintas modalidades de papel y cartón.<sup>140</sup> El mercado global de bioplásticos pasaría de las 1,6 millones de toneladas métricas que se producen actualmente a 2,7 millones en 2023, experimentando un crecimiento exponencial, de casi 12 % anual.<sup>141</sup>

El uso de lignina en resinas fenólicas para adhesivos de madera es otra alternativa interesante, y que puede potenciar el desarrollo de la construcción en madera, ya que se trata de un adhesivo no tóxico que sustituye el uso de químicos.<sup>142</sup> La nanocelulosa, en tanto, permite la producción de materiales considerablemente más ligeros, que

pueden reemplazar componentes pesados, pudiendo transformar la industria del sector transporte, generando vehículos más livianos, lo que reduciría el costo y consumo de combustibles asociados.<sup>143 144</sup>

## Invertir en nuevos bioproductos a partir de flujos secundarios de pulpeado

### Recomendación

Evaluar invertir en la separación de lignina y hemicelulosa a partir de las operaciones de procesamiento de pulpa, y la transformación subsiguiente a productos intermedios y finales.

### Antecedentes y contexto

El aislamiento y la utilización de lignina *kraft* está despertando un gran interés, con instalaciones recientes en Estados Unidos, Canadá, Finlandia y Brasil que alcanzan una capacidad total de recuperación de más de 100.000 toneladas.

Las principales áreas de aplicación para la lignina *kraft* incluyen los lignosulfonatos sintéticos —sustituyendo los lignosulfonatos tradicionales que actualmente tienen más demanda que oferta, y que no se producen en América latina—; y especialmente varias resinas, resinas de fenol-formaldehído, poliuretanos y epoxi —por ejemplo para adhesivos para madera—, donde se prevén buenas perspectivas de mercado a nivel mundial,<sup>145</sup> pronosticándose una demanda que crecerá a una tasa de 4 % anual durante los próximos cuatro años.<sup>146</sup>

Como ejemplo, UPM está aumentando activamente la sustitución de fenol en los adhesivos de madera contrachapada por lignina, desde los valores actuales (50 %) hasta casi la totalidad para los próximos años.<sup>147</sup> Otros posibles usos materiales de la lignina *kraft* incluyen fibras de carbono y dispersantes así como aditivos de concreto.

137 BCC Research 2017. Productos Biorrefinería: Mercados Globales.

138 VTT (2018).

139 Näyhä *et al.* 2014; Recursos Naturales de Canadá 2017.

140 Forest Service (2014).

141 BCC Research 2019. Mercados y tecnologías globales para bioplásticos.

142 VTT (2018).

143 Forest Service (2014).

144 VTT (2018).

145 Frost & Sullivan (2018). Análisis del mercado global de adhesivos..., 221 diapositivas.

146 Mordor Intelligence (2018). Mercado global de productos de lignina.

147 <https://www.upm.com/about-us/for-media/stories/articles/2018/01/bonding-breakthrough-the-new-life-of-lignin/>

En otro orden, la recuperación y utilización de productos hemicelulósicos de la pulpa *kraft* ha recibido hasta ahora mucha menos atención que la lignina; en parte porque está en una etapa de desarrollo menos madura. Aunque las hemicelulosas se pueden recuperar, todavía no hay sistemas a escala industrial en funcionamiento.<sup>148 149</sup> Sin embargo, los esfuerzos actuales en I+D presumen que puede tener gran potencial en el futuro, que dependerá en gran medida de la demanda futura de la industria química.

### Acciones clave

- Integrar la biorrefinación a base de madera en las fábricas de celulosa y papel a gran escala
- Incrementar los esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico en aplicaciones de madera (incluyendo adhesivos fabricados a partir de taninos extraídos de corteza y de lignina para EWP)
- Considerar la regulación local sobre emisiones de formaldehído en adhesivos para la industria de la madera.
- Creación de competencias clave en química y biotecnología, para desarrollar la industria de biorrefinería.
- Incentivar la entrada de empresas químicas en el sector, ya que tienen un mejor conocimiento de los mercados / tecnologías de productos finales.
- Fomentar las actividades empresariales de las PYME en biorrefinamiento.
- Apoyar la biorrefinación como parte de una política industrial.
- Desarrollar e integrar procesos de fabricación de pasta con la industria química nacional para producir lignina, *talloil* y trementina.
- Diseñar incentivos fiscales a aplicaciones no energéticas de los residuos.
- Integrar a los actores de los agronegocios en la cadena de valor de los productos bioquímicos para el suministro de residuos agrícolas que contienen hemicelulosa para la producción de nuevos productos, como el xilitol.

### Reacciones clave de expertos e interesados

Las partes interesadas se muestran escépticas en desarrollar nuevos bioproductos utilizando lignina fruto del proceso de fabricación de pasta en Uruguay, dado que ven la oportunidad demasiado dependiente de las decisiones de las grandes compañías internacionales.

En primer lugar, es necesario garantizar que el biorrefinamiento, como competidor de las corrientes secundarias del proceso de fabricación de pulpa, no afecte negativamente la producción de celulosa y los ingresos netos de las actividades económicas derivadas. En segundo término, hay que generar un entorno —recursos humanos, tecnológicos, logísticos y de mercado— que incentiven a las grandes empresas a desarrollar estos productos de gran valor agregado en el país.

### Innovación y necesidades empresariales

Las condiciones del mercado, la competitividad, la aplicabilidad de la lignina, así como la aceptabilidad de sus productos, son los grandes condicionantes para el éxito de esta oportunidad.

Las soluciones tecnológicas para la separación de lignina están disponibles en el mercado y las grandes empresas del sector están desarrollando nuevos usos. Además, el monto de las inversiones requeridas es moderado en comparación con la capacidad de producción de las plantas de celulosa.

Sin embargo, las decisiones de inversión reales dependen de la previa evaluación de la competitividad de las empresas, sujetas a la viabilidad económica de la lignina como reemplazo del petróleo y de la escala de producción disponible.

### Necesidades de investigación

La investigación internacional centrada en los usos potenciales de la lignina se ha desarrollado a lo largo de dos líneas; o bien encontrando nuevas aplicaciones o mejorando el rendimiento de la materia prima al modificar su estructura. Sin embargo, en la actualidad la investigación y el desarrollo de la lignina se basan más en el pilotaje y las pruebas que en la etapa de investigación básica.

A nivel general, la disponibilidad de competencias no sería un problema para el desarrollo de aplicaciones y negocios basados en lignina en Uruguay. El país podría, en una fase temprana, utilizar una estrategia de recuperación de lignina adoptando tecnologías ya

148 Lehto, J. T. y Alén, R. J. (2015). Pretratamientos químicos de astillas de madera antes de la pulpa alcalina...

149 Laine, C. *et al.* (2015). Extracción de xilano a partir de pulpa de madera y grano agotado de la cerveza...

existentes en el extranjero, fortaleciendo el nivel de competencia nacional. Para ello, se requiere investigar sobre el uso óptimo de los residuos de madera y el costo oportunidad de usos alternativos (por ejemplo, en relación con la producción de energía).

Además, las empresas internacionales del sector forestal que operan grandes fábricas de celulosa en el país, a su vez, cuentan con redes globales y recursos para importar conocimiento técnico y competencias del extranjero, si la separación y el procesamiento de lignina en Uruguay se consideran económicamente factibles. Esta dinámica de intercambios entre la industria y la academia promoverían la difusión y la generación cruzada de ideas y capacidades.

### **Necesidades educativas**

Aprovechar esta oportunidad requiere nivelar la base de conocimientos y aumentar la masa crítica de personas con habilidades y capacidades relacionadas con la biorrefinación y el desarrollo de aplicaciones a base de lignina en el país. Hay un amplio campo para la colaboración academia-industria en el desarrollo de experiencias en ingeniería química, en áreas de operaciones de separación y purificación.

### **Necesidades institucionales**

Garantizar un marco institucional adecuado para el desarrollo de ecosistemas que reúnan a actores de diferentes sectores es clave; fortaleciendo las conexiones entre las plantas de celulosa, las empresas de procesamiento mecánico de madera, los representantes de la industria química (incluido ANCAP), las instituciones de investigación y educación y otros actores, incluidos los gubernamentales.

## **Desarrollo de materiales y aplicaciones químicas utilizando la corteza disponible en aserraderos**

### **Recomendación**

Con la ayuda de recursos adicionales de I+D, encontrar aplicaciones químicas que agreguen valor a la corteza residual proveniente de los aserraderos.

### **Antecedentes y contexto**

Cantidades sustanciales de corteza se derivan como restos de los troncos utilizados por la industria forestal. La tecnología empleada para la cosecha forestal de eucalipto permite el descortezado en la plantación, por lo que la corteza se reincorpora al suelo contribuyendo al balance de nutrientes o se utiliza para fines de producción de energía en aserraderos y fábricas de celulosa. Existen alternativas tecnológicas para la utilización de corteza de eucalipto como materia prima de paneles,<sup>150</sup> pero se requiere un precio del producto que justifique retirar la corteza de las plantaciones.

En cuanto al pino, se sabe que sus cortezas contienen diversas sustancias que no están presentes en la madera del tallo, y a nivel mundial se ha prestado mucha atención a su identificación y posibles usos en diferentes aplicaciones químicas y materiales.<sup>151</sup> Sin embargo, parece que la composición de las cortezas de eucalipto aún no se ha analizado a fondo, aunque se reconocen diversos compuestos bioactivos (compuestos fenólicos) potenciales para aplicaciones alimenticias y farmacéuticas.<sup>152</sup> De todas formas, sus concentraciones tienden a ser bastante bajas, lo que dificulta su uso comercial hasta el momento.

La corteza del pino y otras cortezas de coníferas contienen entre un 10 y 20 % de taninos y diversas cantidades de diferentes compuestos bioactivos.<sup>153</sup> De estas sustancias, las fracciones de taninos han atraído mucha atención como materias primas para diferentes aplicaciones químicas y técnicas.<sup>154</sup> Aunque los taninos son adecuados como complementos en la formulación en la fabricación de adhesivos<sup>155</sup> (resinas de fenol-formaldehído), encuentran más usos en otras áreas, como el curtido de cuero, el tratamiento de agua, la industria de bebidas, la alimentación animal o compostaje para su utilización como sustrato hortícola. En el futuro, se podrían encontrar nuevos usos comercialmente viables para la corteza, que permitiría mejorar el resultado económico de aquellas industrias que utilicen madera de pino como insumo.

En América latina, se producen taninos en Argentina (de quebracho) y Brasil (de acacia), con un volumen total de 60.000 toneladas. La producción local y una mayor valorización del tanino de corteza de pino fortalecerían la industria química local, suponiendo que los volúmenes suficientemente altos

150 Muñoz *et al.* (2013); Feng *et al.* (2013),

151 Feng, S. *et al.* (2013). Valorización de la corteza para productos químicos y materiales...

152 Santos, S. A. *et al.* (2017). Metabolitos secundarios de madera de *Eucalyptus grandis*...

153 Jablonsky, M. *et al.* (2017). Valorización de la corteza de madera blanda mediante la extracción de productos químicos utilizables...

154 Berg, A. y Guzman, F. Un nuevo proceso para la extracción de biomasa...

155 Gorrini, B. (2018). «Adhesivos naturales en la industria de la madera»...

de la materia prima estarán fácilmente disponibles.

Desde una perspectiva más amplia, se puede abordar el desarrollo de diferentes tipos de biorrefinerías de corteza, integrando la recuperación y los usos de valiosos compuestos bioactivos de masas molares bajas y fracciones de azúcar para diferentes usos. Tales biorrefinerías podrían integrarse de diferentes maneras, en las plantas de celulosa, o bien podrían funcionar como instalaciones independientes.

### **Acciones clave**

- Revisar la disponibilidad de corteza para cada género y especie, y su ubicación.
- Dirigir fondos a la investigación.
- Promover asociatividad entre industria, centros de investigación, academia y autoridades competentes.
- Desarrollar una especialización educativa en biorrefinería.
- Revisar los usos actuales de la corteza de pino y eucalipto en América latina (por ejemplo, el proceso de tanino de pino en Chile).
- Realizar un estudio técnico-económico sobre fabricación de adhesivos para la industria de la madera a partir de la extracción de la corteza de pino local.
- Realizar un estudio técnico-económico sobre la obtención de compuestos fenólicos para la industria bioquímica a partir de la extracción de la corteza de pino local.
- Desarrollar adhesivos locales.
- Evaluar el potencial de recuperación de corteza de las plantaciones y el valor mínimo que debe permanecer en el sitio.
- Contemplar una posible valorización de la cortezas de monte nativo.

### **Reacciones clave de los interesados y expertos**

Se trata de una oportunidad desafiante en un área de escaso desarrollo en el país, por lo que es necesario fortalecer la capacidad de los actores nacionales para apoyar a las empresas interesadas en desarrollar estas aplicaciones. Además de las implicancias tecnológicas y de capacidades, la logística es un reto a considerar teniendo en cuenta la ubicación de la corteza disponible.

### **Innovación y necesidades empresariales**

Se debe evaluar el potencial comercial de la corteza como materia prima para productos de valor agregado en Uruguay. Para este propósito, los volúmenes disponibles de corteza de diferentes especies y el grado en que la corteza de eucalipto podría recuperarse de las plantaciones forestales debe ser examinado. También se necesita un análisis de las tendencias del mercado internacional para el uso actualmente conocido de las cortezas.

### **Necesidades de investigación**

La tarea inmediata sería realizar una encuesta sobre los usos de la corteza de pino y eucalipto en América latina y el mundo. Los recursos deben ser canalizados para I+D, además de un piloto en relación con las tecnologías y procesos requeridos para recuperar sus compuestos.

Además, los impactos potenciales de la recolección y eliminación de la corteza en la calidad del suelo deben estudiarse con mayor detalle. También sería importante investigar acerca de la extracción de compuestos fenólicos a partir de corteza de pino uruguayo, en conjunto con la industria química.

### **Necesidades educativas**

Se debe actualizar la base de conocimiento local sobre los usos actuales y potenciales de la corteza, así como las soluciones tecnológicas relacionadas.

### **Necesidades institucionales**

Los programas específicos podrían enfocarse en crear un entorno favorable para la adopción y el desarrollo de nuevas soluciones dentro de las industrias químicas y productos de ingeniería de la madera; donde el apoyo público puede catalizar los esfuerzos de investigación y desarrollo de tecnología en la aplicación de adhesivos a base de madera (incluida la corteza y la lignina) para EWP.

# Oportunidades relacionadas con la bioenergía a partir de biomasa forestal

<b>VISIÓN</b>	«El uso para energía de subproductos y residuos de madera, de forma integrada con la cadena forestal, complementa la matriz energética renovable del país.»	
<b>PRODUCTOS POTENCIALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BIOELECTRICIDAD</li> <li>• LEÑA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PELLETS</li> <li>• BIOCOMBUSTIBLES LÍQUIDOS</li> </ul>
<b>SECTORES RELACIONADOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ENERGÍA</li> <li>• TRANSPORTE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• INDUSTRIAL</li> <li>• CALEFACCIÓN RESIDENCIAL</li> </ul>

En esta ABF se destacan las posibilidades de generar energía a partir de biomasa, enfocada en un uso eficiente de los residuos de la transformación industrial, así como de la propia cosecha y raleos. La integración con fábricas de pasta y biorrefinerías también juega un papel importante.

Las tecnologías de conversión termoquímica, como gasificación, combustión y co-combustión, pirólisis, hidrólisis ácida y enzimática, fermentación gaseosa/líquida e ingeniería metabólica permiten la producción de una variedad de bioenergía a partir de la biomasa forestal que van desde electricidad hasta biocombustibles líquidos, pellets, briquetas y otros bioquímicos.

Para detectar las oportunidades en bioenergía en Uruguay se requiere de un análisis detallado, donde la tecnología, la biomasa disponible —residuos forestales y de aserraderos—, la ubicación de la misma, su transporte y el precio de la electricidad son los grandes determinantes.

Hoy en día, el bajo precio de la electricidad es el desafío clave para el desarrollo de la bioenergía basada en biomasa forestal en Uruguay. Por esta razón, es probable que nuevos proyectos de generación de

energía a partir de biomasa forestal sean viables solo si funcionan a través de un sistema integrado a otras industrias del sector. La bioenergía se concibe hoy como un viabilizador de proyectos al valorizar residuos, pero no como el gran tractor de los mismos.

Durante el cultivo, los residuos forestales generados pueden llegar a ser hasta el 30 % del árbol; y en los procesos de aserramiento, se desecha hasta el 50 % de la madera procesada (Uruguay XXI, 2017). La industria de la madera mecánica que utiliza pino es hoy el segmento más interesante, dada la cantidad de residuos que genera. Para su viabilidad, la logística juega un papel decisivo, por lo que ambas industrias deben estar próximas, lo que permite reducir costos de transporte y satisfacer inmediatamente las necesidades de generación.

Además de la generación de electricidad a partir de biomasa forestal, existen otras alternativas para la producción de energía. Los biocombustibles avanzados permiten sustituir parte del combustible fósil para el transporte, pudiendo ser biodegradables, no tóxicos, y libres de aromáticos y azufre.<sup>156</sup>

Se espera que su demanda siga aumentando hacia 2030, antes de que los autos eléctricos puedan

<sup>156</sup> Schipfer et al. (2017).

sustituir completamente a los motores de gasolina convencionales.<sup>157</sup> Otra oportunidad parecen ser los combustibles de aviación<sup>158</sup> y marítimo, en línea con la regulación activa a nivel mundial para aumentar el contenido de origen renovable de estos dos medios de transporte, altamente contaminantes.

El pellet, en tanto, es un combustible sólido con grandes perspectivas; una manera eficaz de almacenamiento de biomasa forestal, que puede utilizarse tanto en industrias como en edificios residenciales, así como ser exportados, donde la demanda mundial se encuentra insatisfecha.

## Producción de biocombustibles de segunda generación basados en biomasa forestal

### Recomendación

Explorar oportunidades en bioenergía (hidrógeno y combustibles avanzados como el diesel renovable) como complemento de otras fuentes de energía renovable.

### Antecedentes y contexto

Los objetivos climáticos establecidos en el Acuerdo de París, que conllevaron a una serie de incentivos (tarifas *feed-in*, subsidios, entre otros), y las soluciones de almacenamiento inteligente, han aumentado el atractivo del mercado energético de biomasa a nivel mundial. Además, en el caso de Uruguay, la alta disponibilidad de generación intermitente a partir de renovables crea mercado para un almacenamiento flexible y complementario de energía en base a biomasa.

Las tecnologías de biocombustibles han experimentado un proceso de regulación lento, con obstáculos técnicos y financieros.<sup>159</sup> Europa y América del Norte son las regiones pioneras, con varios proyectos de I+D+I en la experimentación de residuos forestales para la producción de biocombustibles.<sup>160</sup>

En América latina, los biocombustibles líquidos competirán con la electrificación del transporte.

La diversificación de las fuentes de energía permanecerá en la agenda, donde se espera que la región protagonice uno de los mercados renovables (eólico y solar) más dinámicos, aprovechando la energía hidroeléctrica para equilibrar el sistema;<sup>161</sup> se prevé además que el petróleo perderá su posición de liderazgo como fuente de energía para 2041.

Uno de los mayores usuarios de biocombustibles líquidos es el sector del transporte, especialmente en aviación y transporte marítimo, donde se proyecta el mayor crecimiento del sector para 2050, convirtiéndose en la principal alternativa de energía renovable.<sup>162</sup> <sup>163</sup> Se prevé que el sector experimentará mejoras en términos de eficiencia en el uso de infraestructuras, intermodalidad y en el uso de combustibles alternativos, como biogás, biocombustibles avanzados, electricidad o incluso pilas de combustible.<sup>164</sup>

Todas las tecnologías avanzadas de biocombustibles producen bajas emisiones de gei, de las cuales las de gasificación, que utilizan residuos forestales como materia prima, son las que producen menos CO<sub>2</sub>, pudiendo ahorrar más del 90 % de emisiones de gei en comparación con los combustibles fósiles.<sup>165</sup>

### Acciones clave

- Buscar asociaciones con iniciativas de economía circular, como el proyecto Biovalor.
- Promover alianzas entre las plantas de celulosa para el desarrollo conjunto de biorrefinerías más avanzadas.
- Crear fondos de investigación específicos del sector (pulpa, papel y biomaterial y biorrefinización), de recursos públicos y privados.
- Promover la implicación de ANCAP.
- Establecer un esquema de financiamiento *Cono Sur* que apoye proyectos de economía circular destinados a producir biocombustibles a partir de residuos y desechos transfronterizos.

157 Hurmekoski (2018).

158 Un grupo de trabajo que se ocupa en estos temas bajo la coordinación del Ministerio de Industria, Energía y Minería.

159 European Environment Agency (EEA) (2017). Energía renovable en Europa...

160 <http://www.etipbioenergy.eu/value-chains/feedstocks/forestry/forestry-residues>

161 DNV GL (2018). Perspectivas de transición energética: un pronóstico global y regional para 2050.

162 IRENA (2016). Perspectiva de la innovación avanzada de biocombustibles líquidos.

163 DNV GL (2018). Perspectivas de transición energética...

164 CEPI (2018). Invertir en Europa para la transformación de la industria. La industria de la fibra y el papel forestales en 2050.

165 IRENA (2016). Perspectiva de la innovación avanzada de biocombustibles líquidos.

---

## **Reacciones clave de los interesados y expertos**

Los biocombustibles se producen durante procesos de biorrefinación, por lo general, integrados en procesos existentes de fabricación de pulpa y papel, apuntando a usos eficientes de diferentes desechos forestales; mientras que los procesos independientes suelen utilizar diferentes sistemas térmicos, termoquímicos, químicos y biotecnológicos.

En general, la futura industria forestal operará en complejos integrados, biorrefinerías a base de madera y con fibras recicladas que optimizan los flujos de materia prima, energía y vapores laterales en consorcios con otras industrias.

## **Innovación y necesidades empresariales**

En primer lugar, la producción de biocombustibles debe tener en cuenta el rol complementario de la bioenergía, promoviendo la versatilidad tecnológica de la industria.

En segundo lugar, se debe activar la construcción de ecosistemas bioenergéticos que incluyan la agricultura y la silvicultura, pero también los usuarios finales de calor y energía.

Por último, se necesitan esfuerzos conjuntos entre la industria y la investigación en soluciones innovadoras para el suministro de energía renovable y sistemas de economía circular.

## **Necesidades de investigación**

Los recursos de investigación deben enfocarse en temas de almacenamiento de energía de biomasa flexible.

También es importante evaluar los impactos ambientales de posibles soluciones bioenergéticas, como la eólica y solar, respaldadas con energía de biomasa. Por otra parte, se identifican necesidades concretas de investigación en áreas de producción de hidrocarburos sintéticos con hidrólisis y residuos orgánicos.

Otra línea de investigación, que nuclea distintos sectores agropecuarios apunta a explorar la combinación de la biomasa forestal con otras fuentes de biomasa y evaluar las cualidades de los biocombustibles.

## **Necesidades educativas**

La capacitación y educación sobre el impacto ambiental de la bioenergía debe mejorarse, extendiéndose a los planes de estudio de silvicultura, cultivo y cosecha. También se debe hacer hincapié en los procesos de conversión de papel reciclado en biocombustible.

## **Necesidades institucionales**

El motor clave para las oportunidades de energía a partir de biomasa son las políticas de cambio climático y la agenda de combustible limpio, por lo que el apoyo gubernamental es determinante para frenar o impulsar su desarrollo.

La inversión pública en infraestructura energética es necesaria para que las soluciones en bioenergía despeguen y sean competitivas frente a otras fuentes de energía. Se debe crear un marco regulatorio promotor, estable y predecible, garantizando el acceso a financiación para inversiones de alto riesgo (por ejemplo, desarrollando nuevos modelos para compartir riesgos, garantías de préstamos y finanzas públicas).

## **Potenciar la producción de calor y energía en los sitios donde la industria está instalada**

### **Recomendación**

Aprovechar las oportunidades para la producción de CHP (Combined Heat and Power) en plantas de calor y energía combinadas de pequeña y mediana escala, en los sitios de procesamiento de madera mecánica y biorrefinerías.

### **Antecedentes y contexto**

La instalación de CHP de biomasa en aserraderos, refinerías y otras plantas de procesamiento de madera haría que las industrias sean autosuficientes en energía y casi neutros en carbono.<sup>166</sup>

Si bien la cogeneración es una práctica extendida en las industrias de transformación mecánica en Uruguay, estas plantas requieren de un entorno de mercado con demanda de calor persistente y ser competitivos frente a otras fuentes de energía. En este sentido, el bajo costo que ha experimentado la energía renovable en Uruguay —producto de la

---

166 CEPI (2011). La industria de fibra de bosque. Hoja de ruta a 2050...

instalación masiva de generadores eólicos y solares— ha puesto en entredicho la rentabilidad de nuevos proyectos de generación a partir de CHP; haciendo que deban revisarse, tratando de optimizar sus procesos para darle competencia y viabilidad.

En general, el campo de la bioenergía está relativamente establecido, ya que la mayoría de las tecnologías de bioelectricidad están maduras y establecidas comercialmente. Por ello, hay poco margen para la reducción de costos; dónde las opciones para ser competitivas con otras formas de energía renovable recaen en el uso de combustible de bajo costo, como los desechos forestales.<sup>167</sup> En efecto, la logística se vislumbra como la parte del proceso en donde se puede alcanzar el umbral de eficiencia necesario como para viabilizar proyectos de este tipo.

Se calcula que en 2050, la biomasa proporcionará el 35 % del calor directo a nivel mundial.<sup>168</sup> El crecimiento previsto de la capacidad instalada en América latina para el período 2017–2025 es del 2 %, en Europa del 6 %, en Asia del 8 % y en América del Norte 11 %.

Asimismo, se estima que el mercado global de CHP, alcanzarán los 26 mil millones en 2022, donde la fuerte demanda provendrá de los mercados en desarrollo, debido al rápido crecimiento de la distribución de la generación y a la persistencia de redes eléctricas no confiables.<sup>169</sup>

Lo deseable en términos de eficiencia sería que la industria forestal puede impulsar el establecimiento de unidades de cogeneración, utilizando flujos secundarios de madera de baja calidad y sin usos competitivos, para generar el calor y la energía necesarios para abastecer a las propias plantas de procesamiento y proporcionar energía renovable a las localidades ubicadas en las proximidades.

### **Acciones clave**

- Desarrollar agrupaciones y parques industriales (por ejemplo, alrededor de aserraderos) en las cadenas de valor basadas en madera.
- Apoyar la fabricación de paneles a base de madera y la biorrefinación, como parte de una política industrial común.
- Evaluar las lecciones aprendidas en materia de proyectos de CHP de pequeña y mediana escala.

- Establecer asociaciones público–privadas para permitir el uso óptimo de los recursos, vinculando a las operaciones municipales.

### **Reacciones clave de expertos e interesados**

Dado que las plantas de cogeneración requieren de procesos integrados, crear una gran demanda interna de productos forestales es esencial para generar una escala de flujos secundarios suficiente.

Para ello, esta oportunidad debe ir acompañada —complementando— de muchas otras procesadoras de madera y generadoras de residuos.

### **Innovación y necesidades empresariales**

Es un segmento muy escalable, por lo que es deseable una mayor cantidad de aserraderos y biorrefinerías para que las plantas de cogeneración se establezcan en el país.

Es preciso, además, establecer consorcios tecnológicos entre el mundo académico, el gobierno y las empresas, teniendo en cuenta nuevas formas de bioenergía emergentes.

### **Necesidades de investigación**

Es necesario realizar estudios locales de factibilidad y seguir de cerca los proyectos de CHP contemporáneos para comprender el potencial que tiene el país.

La reducción del calor durante los procesos de producción es una de las principales áreas de enfoque tecnológico para estudiar en el futuro.<sup>170</sup> Además, es necesario evaluar el impacto (social y económico) de las plantas de bioenergía.

### **Necesidades educativas**

Las necesidades en el sector educativo se concentran principalmente en generar conocimiento y desarrollar un nivel de experiencia suficiente (especialmente en la industria) para diseñar y operar los procesos de CHP.

También se sugiere fortalecer capacidades en energía térmica, en el contexto de la producción de CHP. Por último, el sector educativo debería hacer mayor énfasis en la sostenibilidad, tanto en la silvicultura como en las industrias forestales.

167 Frost & Sullivan (2018). Perspectiva mundial de energía renovable...

168 DNV GL (2018). Perspectivas de transición energética...

169 BCC Research (2017). Combinación de calor y energía (CHP) comercial: Mercados globales hasta 2022.

170 CEPI (2011). La industria de fibra de bosque. Hoja de ruta a 2050...

## Necesidades institucionales

La energía en base a biomasa es un negocio impulsado por políticas y regulaciones, donde las decisiones políticas influyen considerablemente en su potencial salida de mercado. La participación de las partes interesadas (ancap y otros actores del mercado de la energía) es determinante para fomentar el desarrollo del ecosistema energético.

Por otro lado, la sensibilización pública sobre los beneficios climáticos de la bioenergía es necesaria en todos los niveles, desde el sistema nacional de innovación hasta la sociedad.

Por último, diferentes incentivos nacionales para la instalación de plantas de bioenergía, como las tarifas *feed-in* y subsidios a la inversión, deben introducirse para fomentar su uso.

## Producir biocombustibles sólidos de fácil almacenamiento a partir de residuos del procesamiento de madera

### Recomendación

Los pellets facilitan el almacenamiento de la biomasa forestal y se pueden usar tanto en las industrias de Uruguay, en la calefacción de edificios privados y públicos, y con destino de exportación. Aprovechar esta oportunidad implicaría diversificar la estructura bioenergética del país, con una nueva propuesta de biocombustibles sólidos.

### Antecedentes y contexto

El uso integral de la biomasa forestal brindaría oportunidades para aumentar la producción de bioenergía en Uruguay. La biomasa utilizada para la producción de energía debería provenir principalmente de residuos de madera, lo que requiere de un enfoque ecosistémico en el diseño de redes de valor integradas.

Una de las áreas potenciales, también estrechamente integrada a los aserraderos y la fabricación de EWP, es la producción de pellets torrefactados. Los pellets blancos se producen a partir de aserrín compactado, generalmente de

madera blanda; los pellets negros o torrefactados, en cambio, son producto del proceso de torrefacción, un fenómeno térmico para convertir biomasa en un material similar al carbón, con mejores características de combustible, disminuyendo el consumo de energía y por lo tanto, aumentando su eficiencia.<sup>171</sup>

Además, el uso de biomasa contribuye a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la fabricación de hierro y acero sin comprometer la calidad del producto final, ya que sustituye el componente fósil que calienta los hornos.<sup>172</sup>

Debido a las propiedades de los gránulos de biomasa torrefactados, se espera que el potencial comercial sea enorme, como sustituto de combustibles fósiles a gran escala.<sup>173 174</sup> Se estima que el mercado global de pellets de madera crezca en torno al 14 % anual y alcance un valor de mercado de 14 mil millones de dólares para 2020, siendo el segmento de más rápido crecimiento en el mercado de energía de biomasa de la región.<sup>175</sup> Globalmente, mientras que Europa posee la mayor parte del mercado de pellets, la producción se concentra principalmente en América del Norte.

### Acciones clave

- Desarrollar parques industriales alrededor de los aserraderos.
- Revisar y evaluar la disponibilidad de productos secundarios de las industrias forestales mecánicas y mapear los sitios adecuados para la fabricación de pellets.
- Desarrollar normas que promuevan los biocombustibles sólidos.
- Solicitar una certificación que garantice que los productos se derivan de la biomasa.
- Fomentar el cambio cultural en el consumo residencial de energía.
- Integrar y motivar a los actores de negocios agroforestales para suministrar biomasa forestal y desechos agrícolas para la torrefacción/pelletización.
- Contemplar la integración de biomasa proveniente de otros sectores.

171 Wilen *et al.* (2013). Torrefacción de madera. Pruebas piloto y perspectivas de utilización.

172 Suopajärvi, H. y Fabritius, T. (2012). Efectos del uso de biomasa en una planta de acero integrada...

173 Thrän, D. *et al.* (2016). Moviendo la torrefacción hacia la introducción en el mercado...

174 Frost & Sullivan (2016). Bioenergía sostenible y asequible del mercado de energía de biomasa mundial gana impulso...

175 Frost & Sullivan (2016). Bioenergía sostenible y asequible del mercado de energía de biomasa mundial gana impulso...

---

## *Reacciones clave de los interesados y expertos*

El suministro de desechos de madera, como el aserrín, ofrece grandes oportunidades para la industria nacional, ya que la mayoría de las plantas de energía y calefacción existentes pueden reconvertirse para recibir insumos de base biológica —en vez de fósiles— con pequeñas modificaciones.

Es importante que las grandes industrias —que actualmente demandan combustibles fósiles— contemplen el uso de pellets, en la medida que puede ser más eficiente y amigable con el medio ambiente. Para ello, el desafío consiste en adaptar tecnológicamente las calderas existentes a este nuevo combustible. Los pellets, por ejemplo, se utilizan actualmente —para reemplazar el carbón— en calderas de carbón pulverizado (pc).

## *Innovación y necesidades empresariales*

Generar una demanda interna sostenida es uno de los requisitos previos para el mercado de pellets. Para que esto suceda, se debe fomentar el interés en usar pellets como combustibles, donde los principales usuarios se encuentran en el sector de energía.

Se requiere de un desarrollo integrado del suministro de materia prima, es decir, la utilización de subproductos provenientes de aserraderos y plantas de celulosa, pero también el desarrollo de la logística para la adquisición de madera en plantas de la industria forestal. Cuando el procesamiento de residuos se puede utilizar en el mismo sitio, utilizando molinos integrados, se pueden lograr ahorros considerables en los costos, si la opción alternativa es transportar los residuos a una instalación externa.

## *Necesidades de investigación*

Para adoptar tecnologías de torrefacción en Uruguay, se debe buscar la colaboración en investigación con países avanzados en la materia, como Canadá y Finlandia, y universidades líderes.

Dichas actividades deben enfocarse en estudiar la optimización de la cadena de valor, la estandarización, el registro de comercio y los permisos legales.<sup>176</sup>

## *Necesidades educativas*

La promoción del uso de biocombustibles y estufas eficientes que utilizan biomasa son necesarias en los planes de estudios de educación superior.

Asimismo, se requiere formar capacidades en la adaptación de viejas calderas, diseñadas para el uso de carbón o combustible fósil líquido, para el uso de pellets.

## *Necesidades institucionales*

Como se mencionó, las decisiones políticas influyen considerablemente en el desempeño de la bioenergía. De hecho, el impulso al uso de pellets de madera en Europa se atribuye en gran medida al apoyo de los gobiernos y la necesidad de reducir las emisiones de GEI.

La normalización de los biocombustibles sólidos requiere de aportes institucionales del gobierno uruguayo, teniendo en cuenta la competitividad de las soluciones bioenergéticas, ya que los productos de biomasa torrefactados suelen ser hasta dos veces más caros que los combustibles fósiles.

---

176 Thrän, D. et al. (2016). Moviendo la torrefacción hacia la introducción en el mercado...

# Bibliografía

- **ANTIKAINEN, R., DALHAMMAR, C., HILDEN, M., JUDL, J., JAASKELAINEN, T., KAUTTO, P., KOSKELA, S., KUISMA, M., LAZAREVIC, D. Y MAENPAA, I.** (2017). Fabricación basada en bosque plantado, hacia una bioeconomía circular sostenible, en *Reports of the Finnish Environment Institute*, 13. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/84364223.pdf>
- **ARDANUY, M., CLARAMUNT, J. Y DIAS TOLEDO, R.** (2015). Compuestos a base de cemento reforzado con fibra celulósica: una revisión de investigaciones recientes, en *Construction and building materials*, 79, 115–128. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.01.035>
- **BAUMASSY, M.** La industria del *tall oil*: 100 años de innovación. PCA International Conference, 2014.
- **BCC RESEARCH** (2017). Productos Biorrefinería: Mercados globales.
- **BCC RESEARCH** (2019). Mercados y tecnologías globales para bioplásticos.
- **BCC RESEARCH** (2022.) Fabricación de madera para construcción.
- **BCC RESEARCH** (2022). Fabricación de casas prefabricadas de madera.
- **BCC RESEARCH** (2018). Fabricación de madera de construcción: Mercados globales hasta 2022. Report Code: MFG057A.
- **BCC RESEARCH** (2018). Fabricación de madera/madera sin terminar: mercados globales hasta 2022. MFG059A.
- **BCC RESEARCH** (2017). Combinación de calor y energía (CHP) comercial: Mercados globales hasta 2022.
- **BERG, A. Y GUZMAN, F.** (2018). Un nuevo proceso para la extracción de biomasa: la base para una biorrefinería de corteza de pino. 8th Nordic Wood Biorefinery Conference, Helsinki, 22–25 de octubre de 2018, en *Proceedings*, 105–109.
- **BORREGA, M. et al.**, Prehidrólisis de madera de abedul versus pulpa posterior a la hidrólisis para la producción de compuestos a base de xilano y celulosa para aplicación de viscosa., en *Polímeros de carbohidratos*, 190 (2018), 212–221.
- **BOSMAN, R.; ROTMANS, J.** (2016). Transición de la gobernanza hacia una bioeconomía: una comparación entre Finlandia y Holanda, en *Sustainability*, 2016, 8(10), 1017. Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/10/1017>
- **BRAZEIRO, A.** (2017). Bosques en Uruguay: Necesidades de investigación para la gestión sustentable y conservación, en Brazeiro, A. (ed.) (2018). Recientes avances en investigación para la gestión y conservación del bosque nativo de Uruguay. Facultad de Ciencias, MGAP, BMEL. Disponible en: [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/publicacion\\_2018-seminario\\_investigacion\\_bosque\\_nativo.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/publicacion_2018-seminario_investigacion_bosque_nativo.pdf)
- **CEPI** (2011). La industria de fibra de bosque. Hoja de ruta a 2050, hacia una bioeconomía con bajas emisiones de carbono. Disponible en [http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/environment/2011/roadmap\\_final-20111110-00019-01-E.pdf](http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/environment/2011/roadmap_final-20111110-00019-01-E.pdf)
- **CEPI** (2018). Invertir en Europa para la transformación de la industria. La industria de la fibra y el papel forestales en 2050.

- **D'ANNUNZIO, R., SANDKER, M., FINEGOLD, Y., MIN, Z.** (2015). Projecting global forest area towards 2030, en *Forest Ecology and Management*, 352 (2015), 124–133. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.03.014>
- **DNV GL**, 2018. Perspectivas de transición energética: un pronóstico global y regional para 2050, en Det Norske Veritas, *dnv gl Energy Transition Outlook 2018*. Disponible en <https://www.dnvgl.es/news/la-demanda-mundial-de-energia-alcanzara-su-punto-maximo-en-2035-lo-que-conducira-a-una-remodelacion-de-las-inversiones-en-este-campo--128751>
- **DOSHI, B., SILLANPÄÄ, M. Y KALLIOLA, S.** (2018). Una revisión de materiales de base biológica para el tratamiento de derrames de petróleo, en *Water research*, 135, 262–277. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.034>
- **DOUGLASS, E. F., AVCI, H., BOY, R., ROJAS, O. J. Y KOTEK, R.** (2018). Una revisión de las mezclas de celulosa y celulosa para la preparación de membranas bioderivadas y convencionales, películas delgadas nanoestructuradas y compuestos, en *Polymer Reviews*, 58(1), 102–163. Disponible en <https://doi.org/10.1080/15583724.2016.1269124>
- **DU, X., ZHANG, Z., LIU, W. Y DENG, Y.** (2017). Materiales conductores basados en nanocelulosa y sus aplicaciones emergentes en dispositivos de energía: una revisión, en *Nano Energy*, 35, 299–320. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2017.04.001>
- **EDVERT, K. Y HEINZE, T.** (2017). Modificación y conformación de la celulosa: una revisión, en *Journal of Polymer Engineering*, 37(9), 845–860.
- **EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA)** (2017). Energía renovable en Europa. Actualización 2017. Crecimiento reciente y efectos secundarios, en *EEA Report*, 23, 2017.
- **FENG, S. CHENG, S., YUAN, Z., LEITCH, M., XU, CH.** (2013). Valorización de la corteza para productos químicos y materiales: una revisión, en *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 560–578. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.06.024>
- **FROST & SULLIVAN** (2016). Mercado de madera de ingeniería en América del Norte y Europa, pronóstico para 2022.
- **FROST & SULLIVAN** (2016). Bioenergía sostenible y asequible del mercado de energía de biomasa mundial gana impulso como una fuente clave de energía renovable. MC30–14
- **FROST & SULLIVAN** (2017). Mercado de Estados Unidos de la plataforma de comercio electrónico B2B, Pronóstico para 2023. Fuerte pronóstico de crecimiento resultante de la creación de un autoservicio y una experiencia intuitiva para clientes y organizaciones B2B. K1DF–70.
- **FROST & SULLIVAN** (2018). Análisis del mercado global de adhesivos para madera, pronóstico para 2024.
- **FROST & SULLIVAN** (2018). Perspectiva mundial de energía renovable. K2AC–14, Global Energy & Environment Research Team at Frost & Sullivan.
- **FUJISAWA, S. ET AL.** (2018). All cellulose (cellulose–cellulose) green composites, en *Advanced Green Composites*, 111–133.
- **GORRINI, B.** (2018). Adhesivos naturales para la industria de la madera, en presentación para congreso CAETS 2018. Disponible en: <http://caets2018.aniu.org.uy/wp-content/uploads/2018/09/4.-Bruno-Gorrini.-Presentation.-CAETS-2018.-10-09.pdf>
- **HAGEMANN, N. ET AL.** (2016). Posibles futuros hacia una bioeconomía de base forestal: análisis de escenarios para Alemania, en *Sustainability*, 2016, 8(1), 98. Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/1/98>

- **HARETCHE, F., MAI, P. Y BRAZEIRO A.** (2012). Woody flora of Uruguay: inventory and implication within the Pampean region, en *Acta Bot. Bras.* 26(3), 537-552.
- **HARLIN, A., GRÖNQVIST, S., JÄRNEFELT, V., JÄÄSKELÄINEN, A-S., KIISKINEN, H., KANGAS, H., ... TAMMELIN, T.** (2018). Cellulose goes digital: vtt's vision of digital cellulose-based industries, en *vtt Visions*, 14, vtt Technical Research Centre of Finland. Disponible en <https://www.vtt.fi/inf/pdf/visions/2018/V14.pdf>
- **HAWKINGS WRIGHT LTD.**, Perspectiva del mercado de la celulosa y la creciente influencia del sector viscosa. Europulp/Utupulp, Barcelona, 14 de setiembre de 2017.
- Hon, D. N. S. (2017). Modificación química de la celulosa, en Hon, D. N. -S. (editor), *Modificación química de materiales lignocelulósicos*, Clemson University, South Carolina. Disponible en <https://content.taylorfrancis.com/books/download?dac=C2009-0-23831-1&isbn=9781351461481&format=googlePreviewPdf>
- **HURMEKOSKI, E., JONSSON, R., KORHONEN, J., JANIS, J., MAKINEN, M., LESKINEN, P. Y HETEMAKI, L.** (2018). Diversificación de las industrias forestales: papel de los nuevos productos a base de madera, en *Canadian Journal of Forest Research*. Disponible en: <https://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/cjfr-2018-0116#.XMmx17dKjwc>
- **HUSGAFVEL, R., NORDLUND, H., HEINO, J., MÄKELÄ, M., WATKINS, G., DAHL, O., Y PAAVOLA, I. L.** (2016). Uso de productos de simbiosis de las fábricas integradas de pulpa y papel y de acero al carbono: estado legal y cargas ambientales, en *Journal of Industrial Ecology*, 20(5), 1187-1198. Disponible en <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.12348>
- **IBRAHIM, N.A. ET AL.** (2018). Materiales y tecnologías avanzadas para el acabado antimicrobiano de textiles celulósicos, en *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing*, 301-356. Disponible en <https://doi.org/10.1002/9781119407850.ch13>
- **INNVENTIA GLOBAL OUTLOOK** (2016). Una sociedad basada en la celulosa, RISE institutes SP. Disponible en <http://www.innventia.com/en/Projects/Ongoing-projects/A-cellulose-based-Society1/>
- **IRENA** (2016). Perspectiva de la innovación avanzada de biocombustibles líquidos.
- **JABLONSKY, M., NOSALOVA, J., SLADKOVA, A., HAZ, A., KREPS, F., VALKA, J., MIERTUS, S., FREČER, V., ONDREJOVIC, M., SIMA, J. Y SURINA, I.** (2017). Valorización de la corteza de madera blanda mediante la extracción de productos químicos utilizables. Una revisión, en *Biotechnology advances*, 35(6), 726-750. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.07.007>
- **LAINÉ, KEMPPAINEN, K., KUUTTI, L., VARHIMO, A., ASIKAINEN, S., GRÖNROOS, A., MÄÄTTÄNEN, M., BUCHERT, J., HARLIN, A.** (2015). Extracción de xilano a partir de pulpa de madera y grano agotado de la cerveza, en *Industrial Crops and Products*, 70, 231-237. Disponible en [http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes\\_10\\_4\\_Review\\_Lehto\\_Chemical\\_Pretreatments\\_Wood\\_Chips/3965](http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_10_4_Review_Lehto_Chemical_Pretreatments_Wood_Chips/3965)
- **LANGEVELD, J. W. A.** (2015). Resultados de la encuesta de bioeconomía JRC-SCAR. Disponible en [https://www.scar-swg-sbgb.eu/lw\\_resource/datapool/\\_items/item\\_24/survey\\_bioeconomy\\_report1501\\_full\\_text.pdf](https://www.scar-swg-sbgb.eu/lw_resource/datapool/_items/item_24/survey_bioeconomy_report1501_full_text.pdf)
- **LEHTO, J. T. Y ALÉN, R. J.** (2015). Pretratamientos químicos de astillas de madera antes de la pulpa alcalina: una revisión de las alternativas de pretratamiento, los aspectos químicos de los licores resultantes y los resultados de la pulpa, en *BioResources*, 10(4), 8604-8656. Disponible en [http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes\\_10\\_4\\_Review\\_Lehto\\_Chemical\\_Pretreatments\\_Wood\\_Chips/3965](http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_10_4_Review_Lehto_Chemical_Pretreatments_Wood_Chips/3965)
- **MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; PAIM, R. M.; ANDRADE, L. O.** (2003). Redução do efeito das tensões de crescimento em toras de Eucalyptus dunnii, en *Scientia Forestalis*, Piracicaba, 64, 128-135. Disponible en: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr64/cap11.pdf>

- **MGAP (2108).** *Estrategia Nacional de Bosque Nativo*. Disponible en [http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/estrategia\\_nacional\\_de\\_bosque\\_nativo.pdf](http://www.mgap.gub.uy/sites/default/files/estrategia_nacional_de_bosque_nativo.pdf)
- **MGAP – FACULTAD DE CIENCIAS (2017)** Recientes avances en la investigación para la gestión y conservación del bosque nativo en Uruguay. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/direccion-general-forestal/proyectos/en-ejecucion/5-12-2017/seminario>
- **MONTE, M. C., FUENTE, E., BLANCO, A., Y NEGRO, C. (2009).** Gestión de residuos de producción de pulpa y papel en la Unión Europea, en *Waste management*, 29(1), 293–308. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X08000573>
- **MORDOR INTELLIGENCE (2018).** Mercado global de productos de lignina.
- **MURPHY, T. N., HENSON, M., VANCLAY, J. K. (2005).** Estrés de crecimiento en *Eucalyptus dunnii*, en *Australian Forestry*, 68, 144–149. Disponible en: [https://epubs.scu.edu.au/esm\\_pubs/472/](https://epubs.scu.edu.au/esm_pubs/472/)
- **MUSZYNSKI, L. ET AL. (2017).** Información sobre la industria global de madera laminada cruzada, en *BioProducts Business*, 2(8), 77–92. Disponible en <http://biobus.swst.org>
- **NASERI-NOSAR, M. Y ZIORA, Z. M. (2018).** Vendajes para heridas a partir de polímeros naturales: una revisión de compuestos basados en homopolisacáridos, en *Carbohydrate polymers*, 189, 379–398. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.02.003>
- **NAYHA, A., HETEMAKI, L., Y STERN, T. (2014).** Perspectiva de nuevos productos, en *Future of the European forest-based sector: structural changes towards bioeconomy*. Disponible en: [https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi\\_wsctu6\\_2014.pdf](https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_wsctu6_2014.pdf)
- **NÄYHÄ A., PELLI P. Y HETEMÄKI L. (2015).** Servicios en el sector forestal. futuros no explorados, en *Foresight*, 17 (4), 378–398. Disponible en <https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/FS-08-2013-0034>
- **NEIL-BOSS, N. Y BROOKS, K. (2013).** Unwrapping the packaging industry: seven factors for success. Ernst & Young. Disponible en: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Unwrapping\\_the\\_packaging\\_industry\\_%E2%80%93\\_seven\\_factors\\_for\\_success/\\$FILE/EY\\_Unwrapping\\_the\\_packaging\\_industry\\_-\\_seven\\_success\\_factors.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/Unwrapping_the_packaging_industry_%E2%80%93_seven_factors_for_success/$FILE/EY_Unwrapping_the_packaging_industry_-_seven_success_factors.pdf)
- **NISKANEN, A., SLEE, B., OLLONQVIST, P., PETTENELLA, D., BOURIAUD, L., Y RAMETSTEINER, E. (2007).** Emprendedurismo en el sector forestal en Europa. Universidad de Joensuu, Facultad de Forestación, Silva Carelica 52/2007. Disponible en [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/16852232/Entrepreneurship\\_in\\_the\\_forest\\_sector\\_in\\_Europe.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555952236&Signature=sv88i7M%2FWPknz%2FKk9wei%2FoVrQoE%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEntrepreneurship\\_in\\_the\\_forest\\_sector\\_in.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/16852232/Entrepreneurship_in_the_forest_sector_in_Europe.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1555952236&Signature=sv88i7M%2FWPknz%2FKk9wei%2FoVrQoE%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEntrepreneurship_in_the_forest_sector_in.pdf)
- **NOCETTI, M., PRÖLLER, M., BRUNETTI, M., DOWSE, G. P. Y WESSELS, C.P. (2017).** Investigación sobre el potencial de clasificación de fortaleza del *Eucalyptus grandis* usando tecnología multi-sensores, en *Bioresources*, 12(4), 9273–9286.
- **ONWUKAMIKE, K. N., GRELIER, S., GRAU, E., CRAMAIL, H. Y MEIER, M. A. R. (2019).** Una revisión crítica sobre la modificación de celulosa homogénea sostenible: por qué la renovación no es suficiente, en *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2019, 7, 2, 1826–1840. Disponible en <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acssuschemeng.8b04990?src=recsys>

- **OPP. AVANCES DEL PROYECTO BIOECONOMÍA FORESTAL 2050.** Disponible en [https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/11\\_Avances%20del%20proyecto%20bioeconomia%20forestal%202050.pdf](https://www.opp.gub.uy/sites/default/files/inline-files/11_Avances%20del%20proyecto%20bioeconomia%20forestal%202050.pdf)
- **OSORNO, D. M. S. Y CASTRO, C.** (2018). Aplicación de celulosa en la industria alimentaria: una revisión, en «Emergent Research on Polymeric and Composite Materials», 38–77, *IGI Global*. Disponible en <https://www.igi-global.com/chapter/cellulose-application-in-food-industry/189641>
- **PAJUNEN, N., WATKINS, G., HUSGAFVEL, R., HEISKANEN, K., Y DAHL, O.** (2013). El desafío de superar las barreras institucionales en el desarrollo de nuevos productos de simbiosis basados en residuos industriales. Experiencias de la industria de procesos finlandesa, en *Minerals Engineering*, 46–47, 144–156. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687513000824>
- **PÁSZTORY, Z., MOHÁCSINÉ, I. R., GORBACHEVA, G., Y BÖRCSÖK, Z.** (2016). El uso de la corteza de árbol, en *BioResources*, 11(3), 7859–7888. Disponible en [http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes\\_11\\_3\\_Review\\_Pasztory\\_Utilization\\_Tree\\_Bark](http://stargate.cnr.ncsu.edu/index.php/BioRes/article/view/BioRes_11_3_Review_Pasztory_Utilization_Tree_Bark)
- **PITER, J. C., ZERBINO, R. L., Y BLASS, H. J.,** (2004). Clasificación de las fortalezas del *Eucalyptus grandis* argentino, en *Holz Roh Werkst.*, 62 (1), 9–15.
- **PITTALUGA, L.** (2018). Oportunidades y Desafíos para la Transformación Productiva de Uruguay: El caso de la Bioeconomía. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/328276887\\_Oportunidades\\_y\\_Desafios\\_para\\_la\\_Transformacion\\_Productiva\\_de\\_Uruguay\\_El\\_caso\\_de\\_la\\_Bioeconomia](https://www.researchgate.net/publication/328276887_Oportunidades_y_Desafios_para_la_Transformacion_Productiva_de_Uruguay_El_caso_de_la_Bioeconomia)
- **PÖYRY** (2014). Mercado mundial de papel hasta 2030, vol. 1, reporte ejecutivo. Publicación privada actualizada en 2019, disponible en <https://www.poyry.com/world-fibre-outlook-2030>
- **ROMANÍ, A., MICHELIN, M., DOMINGUES, L., Y TEIXEIRA, J. A.** (2018). Valorización de los residuos de las industrias agroalimentarias, de pulpa y papel bajo los conceptos de la biorrefinería: escenario del suroeste europeo, en *Waste Biorefinery. Potential and Perspectives*, 2018, 487–504. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444639929000161>
- **SANTOS, S. A. O., VILELA, C., DOMINGUES, R., OLIVEIRA, C., VILLAVERDE, J. J., FREIRE, C., NETO, C. P., SILVESTRE, A.** (2017). Metabolitos secundarios de madera de *Eucalyptus grandis* cultivados en Portugal, Brasil y Sudáfrica, en *Industrial crops and products*, 95, 357–364. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.10.044>
- **SHENG, J., TONG, S., HE, Z. Y YANG, R.** (2017). Desarrollos recientes de materiales de celulosa para separadores de baterías de iones de litio, en *Cellulose*, 24(10), 4103–4122. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1421-8>
- **SIMÃO, L., HOTZA, D., RAUPP-PEREIRA, F., LABRINCHA, J. A., Y MONTEDO, O. R. K.** (2018). Desechos de las fábricas de pulpa y papel. Una revisión de alternativas de generación y reciclaje, en *Cerâmica*, 64(371), 443–453. Disponible en [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132018000300443&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0366-69132018000300443&script=sci_arttext)
- **SUOPAJÄRVI, H. Y FABRITIUS, T.** (2012). Efectos del uso de biomasa en una planta de acero integrada: método de inventario de ciclo de vida puerta a puerta, en *ISIJ International*, 2012, 52 (5), 779–787. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/277714902\\_Effects\\_of\\_Biomass\\_Use\\_in\\_Integrated\\_Steel\\_Plant\\_-\\_Gate-to-gate\\_Life\\_Cycle\\_Inventory\\_Method](https://www.researchgate.net/publication/277714902_Effects_of_Biomass_Use_in_Integrated_Steel_Plant_-_Gate-to-gate_Life_Cycle_Inventory_Method)
- **THE BUSINESS RESEARCH COMPANY** (2018) Manufactura de materiales de madera, en *Informe mundial 2018*. Disponible en <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/wood-products-manufacturing-market-global-briefing-2018>

- **THOMAS, D., HENSON, M., JOE, B., BOYTON, S. Y DICKSON, R.** (2009). Revisión del crecimiento y calidad de la madera cultivada en plantaciones *Eucalyptus dunnii*, en *Maiden. Australian Forestry*, 72(1), 3–11.
- **THRÄN, D., WITT, J., SCHAUBACH, K., KIEL, J., CARBO, M., MAIER, J., NDIBE, C., KOPPEJAN, J., ALAKANGAS, E., MAJER, S. Y SCHIPFER, F.** (2016). Moviendo la torrefacción hacia la introducción en el mercado: mejoras técnicas y evaluación económica y ambiental a lo largo de la cadena de suministro general de la torrefacción a través del proyecto SECTOR, en *Biomass and Bioenergy*, 89, 184–200. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953416300538>
- **TRACHE, D., HUSSIN, TAN HUI CHUIN, C., SABAR, S., FAZITA, N., TAIWO, O., HASSAN, T. M. Y HAAFIZ, M.** (2016). Celulosa microcristalina: aislamiento, caracterización y aplicación de biocompuestos: una revisión, en *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 789–804. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.09.056>
- Ukkonen, K. A. Productos químicos del pino. Visión global. PCA International Conference, 2016.
- **VILARINHO, F., SANCHES SILVA, A., VAZ, M. F. Y FARINHA, J. P.** (2018). Nanocelulosa en envases de alimentos verdes, en *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(9), 1526–1537. Disponible en <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1270254>
- **WANG, Q., SUN, J., YAO, Q., JI, C., LIU, J., Y ZHU, Q.** (2018). Impresión 3D con materiales de celulosa, en *Cellulose*, 1–27. Disponible en <https://www.deepdyve.com/lp/springer-journals/3d-printing-with-cellulose-materials-M3Pf8Q96wz>
- **WATKINS, G., MAKELA, M., Y DAHL, O.** (2010). Potencial del uso innovador de residuos industriales de las industrias de aluminio, papel y pulpa. Estudio preliminar, en *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 7(3), 185–204. Disponible en <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/PIE.2010.037775>
- **WATKINS, G., HUSGAFVEL, R., PAJUNEN, N., DAHL, O., & HEISKANEN, K.** (2013). Superando barreras institucionales en el desarrollo de nuevos productos de simbiosis basados en residuos de la industria de procesos: estudio de caso a nivel de la UE, en *Minerals Engineering*, 41, 31–40. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687512003408>
- **WILÉN, C., JUKOLA, P., JÄRVINEN, T. Y SIPILÄ, K.** (2013). Torrefacción de madera. Pruebas piloto y perspectivas de utilización, en *VTI Technology*, 122. Disponible en [https://woodpelletservices.com/documents/T122%20\\_Torrefaction\\_%20Pilot\\_tests\\_and\\_utilisation\\_prospects.pdf](https://woodpelletservices.com/documents/T122%20_Torrefaction_%20Pilot_tests_and_utilisation_prospects.pdf)
- **YANG, J. Y LI, J.** (2018). Materiales de celulosa autoensamblados para biomedicina: una revisión, en *Carbohydr. Pol.* 181, 264–274. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.067>
- **YOUNG, R.** (2017). Tendencias globales en pasta de disolver, en *Spectrum*, 2017(36), 52–53.

# Anexo I. Planes relacionados con la bioeconomía en el mundo

	PLAN	AÑO	PAÍS / REGIÓN
Transnacional	Ruta hacia la bioeconomía basada en el conocimiento	2007	UE
	Innovación para un crecimiento sostenible	2012	UE
	Reglamento común de industrias de base biológica	2013	UE
	Bioeconomía al 2030: diseñando una agenda política	2009	OCDE
	Creciente demanda de alimentos, materias primas y energía	2015	GFFA
Europa	Posicionamiento de la Bioeconomía	2013	Austria
	Bioeconomía en Flandes	2013	Bélgica
	Declaración de Copenhague para una bioeconomía en acción	2012	Dinamarca
	Estrategia de Bioeconomía finlandesa	2014	Finlandia
	La nueva cara de la industria	2014	Francia
	Estrategia Nacional de Investigación Bioeconomía 2030	2010	Alemania
	Estrategia de política nacional de bioeconomía	2013	Alemania
	Desarrollando la economía verde	2009	Irlanda
	Potencial verde	2012	Irlanda
	Crecimiento verde - de la biomasa a los negocios	2013	Países Bajos
	Programa de investigación de sobre innovación sostenible en indu	2012	Noruega
	Bioindustria y Biorecursos - Biotecnología 2030	2011	Rusia
	Estrategia sueca de investigación e innovación para una economía c	2012	Suecia
	Estrategia de bioenergía	2012	Reino Unido
	Estrategia de agrotecnología	2014	Reino Unido
Futuras oportunidades para la bioeconomía	2014	Islandia, Islas Feroe y Groenlandia	
América	Programa Nacional de Biodiesel de Brasil	2004	Brasil
	Estrategia de Biotecnología	2007	Brasil
	Creciendo hacia adelante II (biomasa)	2013	Canadá
	La estrategia de biotecnología canadiense	2005	Canadá
	Bioeconomía de Brititish Columbia	2011	Canadá
	Bioeconomía de Alberta	2002	Canadá
	Bioeconomía de Ontario	2004	Canadá
	Estrategia en biocombustibles	2009	México
	Plan Sectorial de Biotecnología 2011-2020	2012	Uruguay
	Plan Nacional de Bioeconomía	2012	USA
Plan Agrícola	2014	USA	
Asia y Pacífico	Bioenergía - Plan estratégico 2012-2015	2012	Australia
	Biotecnología y agricultura	2012	Australia
	Plan de implementación de bioenergía	2014	Australia
	Estrategia Nacional de Investigación, Desarrollo y Extensión en Bio	2014	Australia
	Plan de desarrollo de la bioindustria (2011-2015)	2012	China
	La hoja de ruta de la bioenergía	2012	India
	Estrategia de Biotecnología II	2014	India
	Políticas y regulación de bioenergía	2014	Indonesia
	Estrategia de Biomasa	2009	Japón
	Estrategia de Industrialización de Biomasa	2012	Japón
	Estrategia Nacional de Biomasa 2020	2011	Malasia
	Política de biotecnología de Malasia	2012	Malasia
	Estrategia Nacional de Biomasa (2da versión)	2013	Malasia
	Programa de Transformación de Bioeconomía	2013	Malasia
	Estrategia de bioenergía	2010	Nueva Zelanda
	Plan de inversiones del sector de industrias biológica	2013	Nueva Zelanda
	Bioindustria y Biorecursos - BioTech2030	2011	Rusia
	Bio-Vision	2006	Corea del Sur
	Estrategia para la promoción de la biotecnología industrial	2012	Corea del Sur
	Marco nacional de políticas de biotecnología (2012-2021)	2003	Tailandia
Plan Nacional de Biocombustibles (2013-2030)	2013	Filipinas	
Plan de energía de Filipinas (2012-2030)	2012	Filipinas	
África	Estrategia de bioenergía	2014	Ghana
	Estrategia de biodiesel en Kenia	2008	Kenia
	Estrategia de bioetanol	2008	Kenia
	Estrategia de biocombustibles	2009	Malí
	Economía del océano	2013	Mauricio
	Política y estrategia nacional de biocombustibles	2009	Mozambique
La estrategia de bioeconomía	2014	Sudáfrica	

## Anexo II. Factores críticos de la línea de base hacia una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)

Factor Crítico de Decisión	Objetivo
Distribución espacial de áreas forestadas	Evaluar cómo debería orientarse la plantación de especies forestales comerciales dentro de las zonas de prioridad forestal. La masa forestal va a crecer, ¿hacia dónde crece este nuevo emplazamiento?. Evaluar nuevos espacios de zonas para forestar. ¿Cómo ocurrirán estos nuevos emplazamientos?
Conservación y aprovechamiento del Bosque nativo	Gestionar de manera sustentable los recursos involucrados en el desarrollo del Complejo Forestal-Madera-Celulosa como base para la provisión de los servicios ecosistémicos asociados a los recursos agua, aire, suelo, y el manejo propio de los bosques plantados.
Diversificación productiva en el CFMC	Conocer y gestionar el recurso Bosque nativo, su implicación con el manejo de los productos forestales y, a su vez, potenciar el uso del recurso en sí mismo. El bosque nativo es transversal e integrado a todo el sector. Sin embargo, se separa como otro factor de decisión debido principalmente a dos ópticas: primero, que las políticas nacionales ya están orientadas al aumento del 20 % de estos bosques, en su mayoría cercanos a los emplazamientos actuales, por lo que la ubicación de los bosques nativos no generaría mayor conflicto. La otra óptica es que la lógica que establece la Ley queda igualmente expresada en los compromisos del país en torno de la importancia del Bosque nativo, así como de la dinámica de estos ecosistemas y de sus otros temas propios (como repoblación o gestión del bosque); ellos son los que tomarían mayor importancia para este análisis como factor de decisión.
Diversificación productiva en el CFMC	Conocer e impulsar las políticas desarrolladas para una producción diversificada del sector. A partir del conocimiento de las Áreas de Bioeconomía Forestal (ABF) y sus cinco posibles rutas: manejo forestal, transformación mecánica de la madera, celulosa y biomateriales, biorrefinería y bioenergía.
Generación de capacidades y empleo locales	Evaluar las ofertas en capacitación en los diferentes niveles de educación, así como las capacidades existentes para el mercado diversificado que se planifica. (Abordar la demanda existente en las diferentes ABF.)
Logística	Evaluar las conexiones existentes con el fin de potenciarlas e identificar posibles inversiones nuevas en infraestructura. La logística vinculada al transporte de materia prima y de los productos de aserrío y celulósicos.







Dirección de Planificación  
Oficina de Planeamiento y Presupuesto

---

Torre Ejecutiva - Pza. Independencia 710 - Piso 6  
Tel. (+598 2) 150 3560 - [planificacion@opp.gub.uy](mailto:planificacion@opp.gub.uy)  
Montevideo - Uruguay

[opp.gub.uy](http://opp.gub.uy) - mayo 2019