

Capítulo **1**

Red NANOCELIA-CYTED (2017-2021) - Transferencia tecnológica sobre aplicaciones de nanocelulosa en Iberoamérica

María Evangelina Vallejos¹

<https://doi.org/10.61728/AE20246020>

¹ Programa de Celulosa y Papel (PROCYP), Instituto de Materiales de Misiones (IMAM, UNaM-CONICET), Posadas, Argentina.

Resumen

En el siglo XXI, la nanoingeniería de materiales ha emergido como un campo revolucionario, transformando la manera en que concebimos y aplicamos diversas tecnologías. En este contexto, la nanocelulosa ha surgido de manera destacada en la investigación científica y la innovación tecnológica relacionada con diversos sectores, siendo más relevante en la industria forestal y la agroindustria. La nanocelulosa ha emergido como una promisorio frontera de estudio y aplicación a nivel mundial. Iberoamérica, con su rica diversidad de recursos naturales, se encuentra en una posición estratégica para liderar la implementación de la nanocelulosa en diversas industrias, desde la producción de materiales avanzados hasta la medicina y la electrónica. Este capítulo trata sobre las actividades realizadas y resultados obtenidos en el marco de la red temática NANOCELIA – “Transferencia tecnológica sobre aplicaciones de nanocelulosa en Iberoamérica” durante el período 2017 - 2021.

Introducción

La celulosa, uno de los componentes más abundantes en la naturaleza, presenta propiedades únicas a escala nanométrica (nanocelulosa y nanocristales de celulosa) que la convierten en un material versátil y sostenible con innumerables posibilidades en diversas industrias (Sulbarán-Rangel et al., 2020)2020. La nanotecnología es insipiente en Iberoamérica, si bien se han alcanzado relevantes avances, es necesario fortalecer las investigaciones que contribuyan a desarrollar su potencial estratégico y lograr una exitosa la transferencia de conocimientos y tecnologías en este campo impulsando la innovación y fomentando la colaboración entre instituciones académicas, centros de investigación y la industria.

La nanocelulosa es una de las más importantes bases de innovación de los últimos años (Carvalho et al., 2024). Ofrecen un amplio margen de aplicaciones potenciales que son intensamente investigadas. Una de sus

características más interesante es su capacidad de aumentar la resistencia de los papeles y cartones, con beneficio industrial y ambiental (obtención de papeles más livianos e igual de resistentes), ya que permite aumentar la cantidad de veces en que un papel puede ser reciclado (Padzil et al., 2022). La nanocelulosa tiene propiedades únicas que la hacen atractiva para una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias: liviana, resistente, transparencia, biocompatibilidad y biodegradabilidad. Las potenciales aplicaciones comprenden a los materiales compuestos, envases, electrónicos flexibles, biomateriales, recubrimientos y adhesivos (Carvalho et al., 2024; Palacios Hiestroza et al., 2019).

La nanocelulosa es un campo de investigación en rápido crecimiento, y se están explorando continuamente nuevas aplicaciones para este material versátil y sostenible (Santos Ventura et al., 2020). La transferencia tecnológica de aplicaciones de nanocelulosa podría aportar beneficios económicos, medioambientales y sociales, sin embargo, esto conlleva enfrentar desafíos inherentes a los procesos de producción, caracterización, estandarización, seguridad, riesgos ambientales y de salud, entre otros (Carvalho et al., 2024; Chu et al., 2020). Las estrategias que se están implementando para superar estos desafíos buscan fortalecer la posición de Iberoamérica en el mapa global de la nanotecnología y la innovación sostenible con vistas a un futuro prometedor y sostenible. El objetivo de este capítulo es presentar las actividades realizadas y resultados obtenidos de la red temática NANOCELLA – “Transferencia tecnológica sobre aplicaciones de nanocelulosa en Iberoamérica” y analizar sus potenciales resultados.

La red temática NANOCELLA

La Red NANOCELLA es un proyecto que promueve el desarrollo de las capacidades de PYMES de Iberoamérica para la definición de procesos de producción y aplicación de celulosa nanofibrilar, integrando aspectos técnicos y económicos, y el diseño de esquemas tecnológicos que incluyan y describan los procesos involucrados. Esta Red permite extender el conocimiento adquirido por cada una de las partes hacia el resto de países latinoamericanos con industrias menos desarrolladas, así como lograr el enriquecimiento tecnológico de cada país integrante. La transferencia tecnológica está orientada hacia los sectores de fabricación de papel, cartón y

embalaje. Para ello, se cuenta con las acciones de grupos de investigación y empresas de 10 países, comprendiendo la promoción del aprovechamiento de la biomasa agrícola, forestal y agroindustrial y las aplicaciones de dichos productos en sectores industriales, y la interacción entre grandes empresas y PYMES.

El principal objetivo de la Red NANOCELIA es la implementación de los nuevos procesos tecnológicos que optimicen los procesos de producción y aplicación de celulosa nanofibrilar a escala laboratorio, piloto y demostrativa, desde una perspectiva integradora de la cadena de valor para vislumbrar el escalado industrial y la producción de cada producto específico (Figura 1). La producción de celulosa nanofibrilar se basa en la utilización de materias primas diversas e implementando metodologías y procesos para su uso en papel, cartón y embalaje (materiales compuestos).



Figura 1. Fundamento y objetivo de NANOCELIA-CYTED

Los objetivos específicos involucrados comprenden (Figura 2):

- Aislar y purificar la fracción celulósica a partir de diversas materias primas seleccionadas (residuos lignocelulósicos agro y foresto-industriales, pulpas vírgenes y recicladas, y otras fuentes alternativas).

- Producir nanofibras de celulosa a partir de las diferentes fracciones celulósicas de las distintas materias primas.
- Implementar metodologías y procesos para la aplicación de nanofibras de celulosa en papeles de línea marrón, blancos y reciclados y en materiales compuestos de matrices plásticas.
- Diseñar esquemas tecnológicos incluyendo y describiendo los procesos involucrados y los costos asociados.
- Definir procesos productivos aptos para ser implementados por PYMES.
- Promover el desarrollo de las capacidades de PYMES industriales de Iberoamérica mediante la definición de procesos de producción de nanocelulosa, integrando aspectos técnicos y económicos y el diseño de esquemas tecnológicos que incluyan y describan los procesos involucrados.

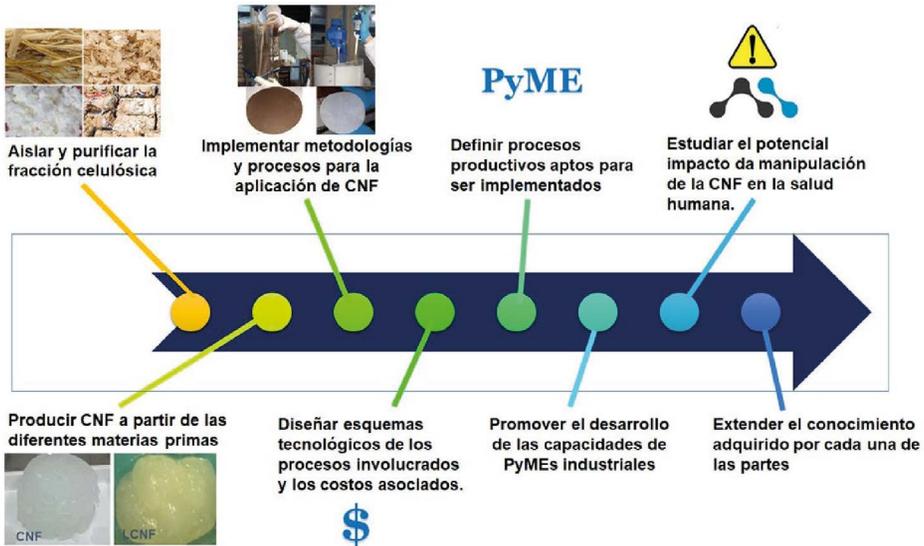


Figura 2. *Objetivos específicos planteados*

Estudiar el potencial impacto da manipulación de la nanocelulosa en la salud humana comparando con otros nanomateriales (e. g., nanotubos de carbono).

Extender el conocimiento adquirido por cada una de las partes representantes en la misma hacia el resto de países latinoamericanos con industrias menos desarrolladas, así como enriquecer los aspectos tecnológicos propios referidos al tema de cada país integrante de la Red NANOCELIA.

NANOCELIA es una red temática financiada por la CYTED que es el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, creado por los gobiernos de los países iberoamericanos para promover la cooperación en temas de ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo armónico de Iberoamérica. Las Redes Temáticas son asociaciones de grupos de investigación y desarrollo (I+D) de entidades públicas o privadas y empresas de los países miembros del Programa CYTED, cuyas actividades científicas o tecnológicas están relacionadas dentro de un ámbito común de interés y enmarcadas en una de las Áreas del Programa.

CYTED logra sus objetivos a través de diferentes instrumentos de financiamiento que moviliza empresarios, investigadores y expertos iberoamericanos y les permite capacitarse y generar proyectos conjuntos de investigación, desarrollo e innovación. Desde su creación en 1984 han participado en el programa más de 28 000 empresarios, investigadores, y expertos, se han publicado más de 416 libros, casi 6 000 artículos científicos y más de 9000 personas han participado en cursos y talleres.

Tabla 1. *Miembros de integrantes de NANOCELIA*

País	Institución	Empresa
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> • Instituto de Materiales de Misiones (IMAM, CONICET, UNaM), Misiones. • Instituto de Tecnología de Celulósica (ITC, UNL), Santa Fe. 	AFCP (Asociación de Fabricantes de Celulosa y Papel)
Brasil	Universidade Federal do Paraná (UFPR) - Curitiba.	Klabin
Chile	Universidad de Concepción (UdeC), Concepción.	Forestal y Papelera Concepción
Colombia	Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín.	
Costa Rica	Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC), San José.	Novelteak Costa Rica S.A. Florida Products S.A.

País	Institución	Empresa
Ecuador	Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Quito.	
España	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Girona (UdG), Girona. • Universidad de Córdoba (UCO), Córdoba. • Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Madrid. • Universidad Complutense de Madrid (UCM), Madrid. 	LC Paper 1881 S.A. Tecnalia Research And Innovation (TECNALIA) Nanocel Technology S.l. (NANOCEL)
México	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad de Guadalajara: • Centro Universitario de Tonalá (UDG, CUTONALA), Tonalá. • Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías (UDG, CUCEI), Guadalajara. 	
Perú	<ul style="list-style-type: none"> • Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), La Molina. • Universidad de Lima (ULIMA), Lima. 	
Portugal	Universidade de Coimbra (UC), Coimbra.	RAIZ (Instituto de Investigaçãoda Floresta e Papel)

NANOCELLIA está conformada por instituciones académicas y empresas de diez países iberoamericanos y es coordinada por el Programa de Celulosa y Papel del Instituto de Materiales de Misiones - (Universidad Nacional De Misiones - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas). Las instituciones y las empresas integrantes se listan en la Tabla 1. Participan 16 grupos investigación, 9 de los cuales se fueron sumando hasta 2022, y 9 empresas o asociación/instituto empresarial (161 personas).

Las actividades realizadas permitieron reforzar y crear nuevas relaciones entre los grupos de investigación y empresas. Además, las estancias de becarios/tesistas de posgrado y jóvenes investigadores permitieron nuevas colaboraciones y definieron nuevos proyectos conjuntos.

Actividades realizadas

A continuación, se indican las actividades realizadas para alcanzar el objetivo general y los objetivos particulares:

1. Generación de canales de comunicación y difusión para la coordinación y de difusión de las actividades realizadas (WhatsApp, Meet, correo electrónico, sitio en Internet, boletines, entre otros).
 - Sitio en internet: <http://www.cyted.org/es/nanocelia>
 - YouTube: <https://www.youtube.com/@nanoceliacyted6782>
2. Publicaciones de cada grupo y en conjunto con otros grupos de la red en revistas y congresos. Se realizaron un total de 31 publicaciones conjuntas entre instituciones integrantes.
3. Publicación Special Issue “Nanocellulose production, characterization and application” en la revista Cellulose (Springer-Nature) en el cual se presentan algunos trabajos relacionados con el Workshop “Advances in the production and application of nanocellulose”, en el marco del “2nd International Workshop on Biorefinery of Lignocellulosic Materials” (WBLCM 2019) in Córdoba, España (2019). <https://link.springer.com/journal/10570/updates/18360262>
4. Cambio de escala de procesos: laboratorio – planta piloto – escala industrial. En tres plantas pilotos se realizaron pruebas y/o modificaciones para el escalado de producción:
 - Planta piloto UdeC - Unidad de Desarrollo Tecnológico (UDI) (Concepción, Chile): Hoy en día la planta tiene una capacidad de 500 L por batch, alcanzando un producción entre 10 – 15 kg secos de NFC. Se estima que una aplicación permitirá aumentar la capacidad a 4 m³ por batch. Se espera tener una planta capaz de realizar producciones capaces de cumplir con los requisitos y volúmenes mínimos necesarios para realizar pruebas demostrativas-industriales, además de realizar servicios a empresas que requieran de NFC sin acetilar y acetiladas.
 - Planta piloto UdG y las empresas Torraspapel y Aidanano S.L. (Girona, España): Esta instalación comenzó a operar a partir de 2019 y se encuentra en la fábrica de papel de Sant Joan les Fonts de Torraspapel. Se ha desarrollado un sistema de producción de nanocelulosa combinado entre refinadores mecánicos, homogeneizadores y pretratamientos.

- Planta piloto de la empresa Tecnalía Research & Innovation (San Sebastián, España): La empresa se ha incorporado a NANOCELLIA en 2019, contando con una planta piloto para la investigación y el desarrollo de tecnología industrial para la producción de nanocelulosa y sus aplicaciones.
5. Estadía y movilidades: Se realizaron 21 misiones de intercambio de estudiante de posgrado y jóvenes investigadores. Se llevaron a cabo 52 movilidades de miembros de la red para participar de las reuniones de coordinación y eventos CyT organizados por miembros de la red. En total se realizaron 73 movilidades (Figura 3) y estadías, la mayoría financiadas totalmente por NANCELIA y otras fueron financiadas juntamente con la institución beneficiaria. La pandemia COVID-19 afectó el financiamiento de CYTED generando una reducción del 33 % destinado para las actividades del último año.



Figura 3. Distribución de las movilidades y estadías realizadas entre 2017-2022

6. Reuniones virtuales de coordinación. Se realizaron en total tres de reuniones por año en promedio (dos virtuales, una presencial, 15 reu-

niones en total). Se emplearon plataformas para reuniones virtuales (Zoom, Meet y Team) de uso gratuito y también institucional. El objetivo de estas reuniones fue el conocimiento de grupos, distribución de tareas y organización de eventos. Las reuniones anuales presenciales fueron realizadas coincidentes con eventos organizados por la red y en por miembros:

- UFPR en Curitiba (Brasil), 14/11/2017.
 - LANOTEC en San José (Costa Rica), 17/08/2018
 - ABTCP-UFPR en São Paulo (Brasil), 25/10/2018
 - UCO en Córdoba (España), 04/06/2019
 - UdeC en Concepción (Chile), 21/03/22
 - UdG en Girona (España), 27/06/2022
7. Organización de *Workshops* con financiamiento de CYTED en los que participaron alrededor de 200 personas.
- *Workshop* “Introducción a la fabricación y usos de la nanocelulosa”, 13 y 14 de noviembre de 2017 realizado en la UFPR, Curitiba (Brasil).
 - *Workshop* “Introducción a la fabricación y usos de la nanocelulosa”, 16 y 17/08/2018 llevado a cabo en LANOTEC, San José (Costa Rica).
 - *Workshop* “Avances en la producción y aplicación de nanocelulosa”, 04/06/2019 realizado en Universidad de Córdoba, Córdoba (España).
 - *Workshop* Virtual “Avances en la producción y aplicación de nanocelulosa”, 09/03/2021, que se realizó en la Universidad de Coímbra, Coímbra (Portugal).
 - *Workshop* (modalidad híbrida) “Nanocelulosa, nanomateriales y sus aplicaciones”, 27/06/2022 que fue realizado en la Universitat de Girona, Girona (España).
8. Colaboración y participación en la organización de eventos CyT siguientes en los que participaron más de 2500 personas:
- III Jornadas Celulósico-Papeleras, 17-19/05/2017, Buenos Aires (Argentina). Organización: AFCP.
 - *Workshop* “Producción de nanocelulosa y potenciales aplicaciones”, 14/12/2017, Concepción (Chile). Organización: UdeC.

- 51st ABTCP + X CIADICYP Congress, 23-25/11/2018, São Paulo (Brazil). Organización: ABTCP + UFPR.
 - Jornadas, IV Jornadas Celulósico Papeleras, 16 y 17/05/2019, Buenos Aires (Argentina). Organización: AFCP.
 - 2º Congreso Internacional de Biorrefinería de Materiales Lignocelulósicos (IWBLCM2019), 05 al 07/06/2019, Córdoba, España. Organización: UCO.
 - *Webinar Series*, 01/06 al 30/07/2020 – 9 presentaciones. Organización: UdG.
 - *Webinar Series*, 12/11 al 17/12/2020 – 5 presentaciones Organización: ATCP + UdeC - UdG.
 - XXV Tecnicelpa Conference - XI CIADICYP modalidad Virtual, 10 al 12/03/2021, Coímbra (Portugal), organización: UC.
 - *Workshop* “Productos y nanomateriales a partir de biorrefinerías agroforestales”, 22 y 23/03/22, Concepción (Chile). Organización: NANOCELLA + BIORRECER + UdeC.
 - <https://www.youtube.com/watch?v=GCeg19g29y0&t=3550s>
 - https://www.youtube.com/watch?v=ba4JNHeq_MQ&t=17s
 - <https://www.youtube.com/watch?v=ov9AAAtGwXtg&t=35s>
 - Congreso, XII Congreso Iberoamericano de Investigación en Celulosa y Papel (CIADICYP), 28/06 al 01/07/2022, Girona, (España). Organización: UdG.
9. Publicación Libro Digital – Primera Parte. El libro compendia las experiencias de la red de los años 2017 y 2018: *Producción y Usos de la Celulosa Nanofibrilada y Microfibrilada*. Vallejos M.E.; Area, M.C. (editoras), Año: 2019 p. 173. ISSN: 978-950-766-140-2. Descarga gratuita: <http://www.cyted.org/es/noticias/publicacion-del-libro-produccion-y-usos-de-la-celulosa-nanofibrilada-y-microfibrilada>
10. Seminarios virtuales organizados junto a UdeC (Chile), UdG (España) “Efecto de la lignina sobre las características de las suspensiones de nanofibras de celulosa”. MSc. Gregory Albornoz del Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Concepción (UdeC, Chile). <https://www.youtube.com/watch?v=CvaIUY9bSZQ&t=2714s>

“Reforzamiento de resinas adhesivas con nanocelulosa. Aspectos relevantes para su aplicación en la industria de tableros”. Dr. Karol Peredo de Bioforest S.A. (Chile).

<https://www.youtube.com/watch?v=7ssaIIHME70&t=23s>

“Análisis multifactorial de la calidad de las nanofibras de celulosa. Influencia del contenido en lignina y tratamiento de nanofibrilación. Aplicación en envasado alimentario e industria papelera”. Dr. Eduardo Espinosa Víctor de la Universidad de Córdoba (España).

<https://www.youtube.com/watch?v=WLQD4117-3o&t=13s>

“Cationización de celulosa, despolimerización, solubilización y efectos en la retención y floculación en la fabricación de papel”. Dr. Jorge Filipe Pedrosa de la Universidad de Coimbra (Portugal) Video no disponible, consultar por presentación: jorge_fsp@live.com.pt

“Uso de nanofibras de celulosa para la estabilización de la emulsión encolante de anhídrido alquencil succínico (ASA)” Mgter. Fernando Arancibia de la Universidad de Concepción (Chile).

<https://www.youtube.com/watch?v=YP0dnSG4YtQ>

“Hacia el desarrollo de un método estándar para la caracterización del estado de agregación de nanocristales de celulosa”. Dra. Cristina Campano Tiedra de la Universidad Complutense de Madrid (España).

<https://www.youtube.com/watch?v=74TRhIh200Y&t=393s>

11. Seminarios virtuales organizados junto a UdG (España)

“Efecto de tratamientos alcalino y enzimáticos para la producción de ligno-nanocelulosa a partir de pulpa PGW”. Ing. Sergio Henríquez Gallejos, Ingeniero Civil Químico de la Universidad de Concepción (UdeC), Concepción, Chile.

<https://www.youtube.com/watch?v=I0yioAaQsZ4>

“Membranas electrohiladas compuestas de nanofibras de celulosa de bagazo de agave y policaprolactona para el tratamiento de agua”. Dra. Hasbleidy Palacios Hinestroza del Centro Universitario de Tonalá - Universidad de Guadalajara (Guadalajara, México).

<https://www.youtube.com/watch?v=U6jOHRgga2c>

“Aplicaciones de MFC/NFC en empastes papeleros industriales”. Dra. Nanci Vanesa Ehman, del Instituto de Materiales de Misiones (IMAM) (Misiones, Argentina).

<https://www.youtube.com/watch?v=v9xvV3yORBQ>

“Extracellular nanostructures as inspiration for designing novel materials” (inglés). PhD. Yendry Corrales Ureña del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC) (San José, Costa Rica).

<https://www.youtube.com/watch?v=7oMDCIIsF1w>

“Suspensiones de cúrcuma y nanofibrillas de celulosa, una nueva perspectiva para el uso de subproductos en aplicaciones alimentaria”. Mgter. Angélica María Serpa Guerra de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB, Medellín - Colombia).

<https://www.youtube.com/watch?v=otBGFqwbURU&t=3s>

“Efeitos da explosão a vapor sobre o processo de produção de CNF a partir do bagaço de cana-de-açúcar” (Inglés). Mgter. Andre Mazega Fontes de la Universidade Federal do Paraná (UFPR, Curitiba, Brasil).

https://www.youtube.com/watch?v=r1CUHTQ_X-U&t=8s

“Nanotecnología y biorrefinería en Costa Rica”. Mgter. Melissa Camacho Elizondo del Laboratorio Nacional de Nanotecnología (LANOTEC, San José, Costa Rica).

https://www.youtube.com/watch?v=r1CUHTQ_X-U&t=8s

“Dispositivos de nanofibras de celulosa para la eliminación de Cu(II) en aguas residuales”. Mgter. Matías Gonzalo Vásquez Palacios de la Universidad de Concepción (UdeC, Chile).

<https://www.youtube.com/watch?v=1NSIq5fPMQA&t=6s>

“La biorrefinería de la tagua: Una plataforma para la producción de nanocelulosa y otros productos naturales” (inglés). Dr. Javier Carvajal Barriaga, director e investigador principal de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) en el Centro Neotropical para la Investigación de la Biomasa (Quito, Ecuador).

https://www.youtube.com/watch?v=Aa0q_q-p4ZU&t=7s

Conclusiones

La nanocelulosa es una de las más importantes bases de innovación de los últimos años. Ofrecen un amplio margen de aplicaciones potenciales que son intensamente investigadas. En este marco, NANOCELIA permitió la participación y colaboración de profesionales de diferentes áreas temáticas relacionadas con el aprovechamiento de la biomasa agrícola y forestal, el desarrollo de productos de elevado valor añadido, el conocimiento y la nanotecnología y las aplicaciones de dichos productos en sectores industriales. Los objetivos NANOCELIA fueron alcanzados casi en su totalidad, destacando que los eventos generados fueron un importante escenario para la difusión de los resultados de investigaciones y el acercamiento a grupos que están trabajando en la temática. Los miembros de la red tuvieron una participación destacada el comité científico de estos eventos, la organización y la participación como oradores invitados y expositores. Sin embargo, es necesario generar mecanismos que permitan una la mayor implicación de empresas, de manera que sean compatibles con las políticas empresariales y las necesidades de confidencialidad.

Referencias

- Carvalho, A. P. A. d., Értola, R., and Conte-Junior, C. A. (2024). Nanocellulose-based platforms as a multipurpose carrier for drug and bioactive compounds: From active packaging to transdermal and anticancer applications. *International Journal of Pharmaceutics*, 652, 123851. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2024.123851>
- Chu, Y., Sun, Y., Wu, W., et al. (2020). *Dispersion Properties of Nanocellulose: A Review*. *Carbohydrate Polymers*, 250, 116892. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116892>
- Padzil, F. N. M., Lee, C. H., Lee, S. H., et al. (2022). 16 - Nanocellulose composites in the pulp and paper industry. In S. M. Sapuan, M. N. F. Norrrahim, R. A. Ilyas, & C. Soutis (Eds.), *Industrial Applications of Nanocellulose and Its Nanocomposites* (pp. 375-395): Woodhead Publishing.

- Palacios Hiestroza, H., Hernández Díaz, J. A., Esquivel Alfaro, M., et al. (2019). Isolation and Characterization of Nanofibrillar Cellulose from Agave tequilana Weber Bagasse. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019, 1-7. <https://doi.org/10.1155/2019/1342547>
- Santos Ventura, E. M., Escalante Álvarez, M. A., Gutiérrez Becerra, A., et al. (2020). Unbleached cellulose from waste corncob for isolation of cellulose nanocrystals. *Emerging Materials Research*, 9(4), 1258-1265. [10.1680/jemmr.20.00073](https://doi.org/10.1680/jemmr.20.00073)
- Sulbarán-Rangel, B., Hernández Díaz, J. A., Guzmán González, C. A., et al. (2020). Partially acetylated cellulose nanofibrils from Agave tequilana bagasse and Pickering stabilization. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 1-9. <https://doi.org/10.1080/01932691.2020.1858855>

