

## CELULOSA: UN POLÍMERO DE SIEMPRE CON MUCHO FUTURO

*Piedad Gañán<sup>1\*</sup>, Robin Zuluaga<sup>2</sup>, Cristina Castro<sup>1</sup>, Adriana Restrepo-Osorio<sup>1</sup>, Jorge Velásquez Cock<sup>1</sup>, Marlon Osorio<sup>1</sup>, Úrsula Montoya<sup>3</sup>, Lina Vélez<sup>2</sup>, Catalina Álvarez<sup>2</sup>, Carlos Correa<sup>1</sup>, Carlos Molina<sup>1</sup>*

1: Grupo GINUMA, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

2: Grupo GRAIN, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín, Colombia

3: Grupo ITPN, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina

\* E-mail: piedad.ganan@upb.edu.co

### RESUMEN

Dentro de la gran cantidad de sustancias naturales que han sido de un valor significativo a lo largo de todo el desarrollo científico – tecnológico de la humanidad se destaca sin lugar a dudas la celulosa, considerada como uno de los polímeros naturales de mayor abundancia en la naturaleza, y que puede ser obtenida desde las más variadas fuentes entre las que se encuentran: todo tipo de cuerpos vegetales, en diferentes tipos de algas, de la actividad extracelular de múltiples tipos de microorganismos y en el caparazón o estructura de algunos animales marinos [1,2].

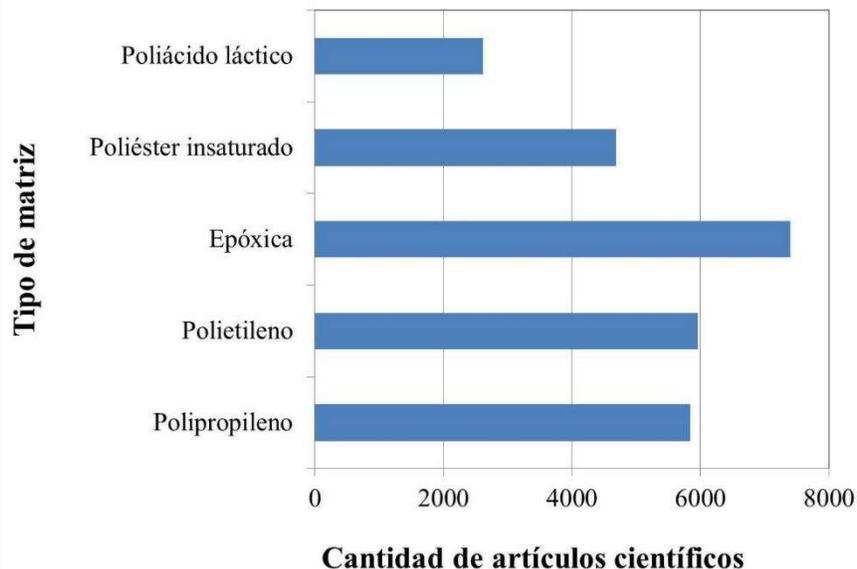
La celulosa es un polímero natural que tiene como estructura base los enlaces 1,4- $\beta$  glucosídicos. Tiene una estructura semicristalina que puede variar dependiendo del tipo de fuente de la cual es aislada [3]. Igualmente es posible obtener múltiples tipos de morfologías, estructuras supramoleculares, relaciones de aspecto y por ende propiedades físicas y mecánicas muy variadas [1,2]. Adicional a lo anterior, la presencia de tres grupos OH en cada una de las unidades estructurales le permite reaccionar bien sea como un alcohol, un éster o un éter. Esto ha permitido ampliar la gama tanto de modificaciones químicas posibles como de derivados; y que hayan sido empleados tanto por la industria farmacéutica como por la de alimentos o la textil [4]. En años recientes, polímeros derivados de la celulosa han adquirido un renovado interés debido a su potencial biodegradación [4,5].

Tradicionalmente la celulosa es aislada empleando diferentes tipos de procesos físicos, mecánicos y químicos que dependiendo del tipo de nivel de tamaño o pureza deseada, tiene lugar una remoción sucesiva de los compuestos no celulósicos que la acompañan o la reducción progresiva de tamaño, debido a la estructura jerárquica en la que se encuentra. Sumado a lo anterior, dependiendo del tipo de fuente de celulosa es preciso establecer elementos adicionales, por ejemplo: Para el caso de la celulosa de origen vegetal es importante considerar la procedencia del cuerpo vegetal y la edad de la planta o árbol al momento en que se realizó el corte, pues es posible que el grado de cristalización o de polimerización de la celulosa pueda ser diferente afectando así sus propiedades mecánicas.

Desde los inicios de los procesos textiles, hace más de 40.0000 años, el uso continuado de fibras de origen vegetal, en las cuales la celulosa oscila entre el 30 y 90 % de su composición en peso, se ha identificado como una de las principales aplicaciones. Posteriormente con los grandes avances

generados con los procesos de extracción o aislamiento de la celulosa fue posible obtener papel con diversas posibilidades incursionando a partir de allí en otros sectores industriales.

Hasta mediados de los años 70's del siglo XX la mayoría de las aplicaciones, bien fuera de la celulosa aislada o en asocio con otros componentes lignocelulósicos, se encontraba dominada por las industrias de pulpa y papel, textil y sus derivados. Además, en un menor rango el desarrollo de sustancias como la celulosa microcristalina le ha permitido ser empleada como aditivo para alimentos, componentes farmacéuticos o incluso en la elaboración de productos de soldadura [4]. Sin embargo, con el enorme surgimiento de los materiales compuestos, ha realizado desde esta década notables incursiones en campos tan disímiles como el de transporte, elementos de construcción o empaques, gracias a su incorporación en matrices poliméricas tanto de tipo termoplástico como termorrígido [4]. En este punto las variaciones de los reforzantes a base de celulosa incluyen un amplio espectro de formulaciones que pueden ir desde fibras vegetales de menor nivel de comercialización en el mundo como el fique, hasta las más tradicionales en el mercado como el lino o el algodón [4]. Se pueden estimar en más de 30 los elementos que han sido diseñados para diferentes marcas de vehículos de todo tipo de gamas que tienen presencia de composites reforzados con celulosa en alguna de sus presentaciones. En la Figura 1 se mencionan a modo de ejemplo algunos de los sistemas de materiales compuestos a base de matriz plástica con alto grado de documentación en la literatura científica en un lapso de tiempo muy corto (de enero de 2011 a diciembre de 2016), lo que da cuenta del uso, crecimiento y novedad de la temática en los últimos años.



**Figura 1.** Reporte de artículos científicos publicados por Sciencedirect entre enero de 2011 y diciembre de 2016 sobre materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras celulósicas.

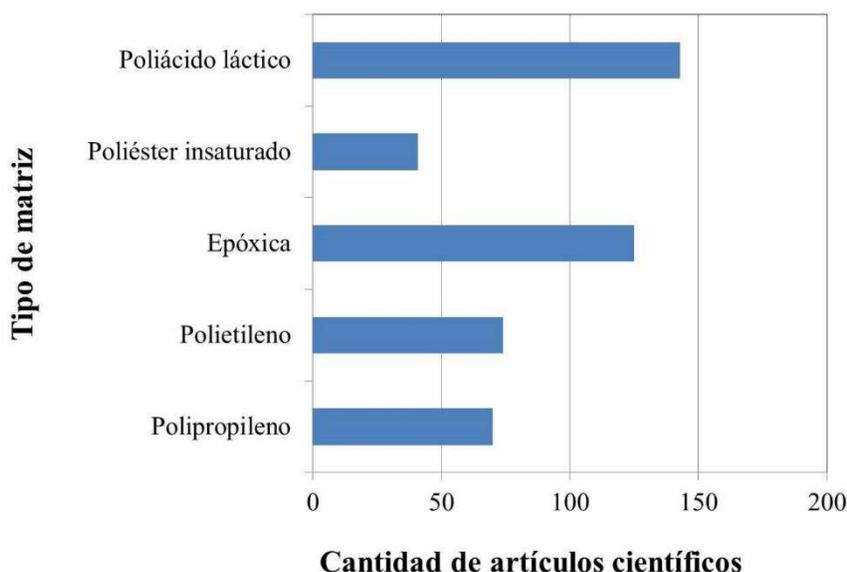
Tal como ha sido mencionado en otros apartados del presente texto, la celulosa gracias a los múltiples tipos de fuentes en las que se encuentra, es posible aislarla en diferentes escalas incluso a nivel nanométrico. Al respecto se puede disponer bien sea de nanofibrillas de celulosa con diámetros que oscilan entre 20 a 80 nm, nanocintas de celulosa con secciones transversales del

orden de 20 nm (este aspecto es fundamentalmente considerado para las obtenidas a partir de la actividad extracelular de microorganismos), e incluso mediante el uso de procesos químicos, principalmente empleando ácido sulfúrico para remover las partes amorfas aún presentes en las dos nanoestructuras anteriores y disponer de nanocristales o *nanowhiskers* de celulosa [2]. Sumado a lo anterior, es posible disponer de celulosa amorfa, la cual es un elemento clave de análisis para los procesos de caracterización de estructuras y que incluso recientemente puede ser útil en el análisis arqueológico de muestras [6]. El uso de celulosa nanométrica se encuentra ligado tanto a sus dimensiones como a los diferentes tipos de procesos químicos empleados para su aislamiento, pues dependiendo del producto final la presencia de rastros de otras sustancias químicas pueden generar efectos nocivos o contraproducentes. Es por ello que la celulosa de origen bacteriano ha sido privilegiada para el uso en aplicaciones biomédicas, en particular porque gracias a su superficie permite la fijación y proliferación de diferentes tipos de células [7], en tanto que la de origen vegetal ha sido empleada en variados campos de uso entre ellos el alimentario o el electrónico.

Sumado a lo comentado antes respecto a la posibilidad de generar composites con fibras celulósicas, las nanoestructuras de celulosa también pueden ser empleadas para el desarrollo de nanocomposites, en particular a partir de matrices poliméricas, y dentro de las alternativas para los diferentes procesos de fabricación se incluyen:

- Mezclado en vía húmeda con el polímero disuelto en un solvente compatible con la celulosa con posterior realización del composite mediante *solvent casting* y aplicación de procesos de compresión para fijación de la forma.
- Mezclado en vía húmeda con posterior procesado por electrohilatura.
- Impregnación de polímero disuelto a las nanoestructuras dispuestas en no tejidos con posterior secado o compresión en caliente.
- Sistemas por capas y compresión en caliente.
- Procesos de impregnación de polímeros u otras sustancias mediante *dip-coating* o *layer by layer*.
- Disolución parcial de la celulosa para conformar una matriz y posterior conformación vía compresión obteniendo así un composite ciento por ciento a base de celulosa.
- Modificaciones *in-situ* durante los procesos de fermentación que conducen a la formación de la celulosa bacteriana.
- Modificaciones *ex-situ* de nanoestructuras con posteriores fijaciones con calor.
- Polimerización en presencia de nanoestructuras de celulosa.
- Formación de otras nanoestructuras en presencia de celulosa.

Una de las principales ventajas que tienen todos los anteriores procesos radican en la resistencia térmica que ofrece la celulosa y que en general permite soportar una amplia gama de temperaturas requeridas bien sea para fijar, consolidar o formar la matriz polimérica o como ocurre en los casos de formación de otras nanoestructuras cerámicas o metálicas puede brindar soporte para este fin. Es por ello que la Figura 2 muestra una tendencia en la producción científica en los últimos seis años sobre composites de matriz plástica reforzados con nanoestructuras de celulosa, lo cual sugiere el importante avance que el tema tiene, e indica que efectivamente la celulosa tiene un brillante futuro en las más diversas aplicaciones de la mano con los avances de la nanotecnología y los sistemas biodegradables como el poliláctico.



**Figura 2.** Reporte de artículos científicos publicados por ScienDirect entre enero de 2011 y diciembre de 2016 sobre materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con nanoestructuras de celulosa.

## REFERENCIAS

- [1] Zuluaga, R., Putaux, J-L, Castro, C., *et al.*, “Cellulose microfibrills isolated from *Musaceae* fibrous residues”, In: *Cellulose Based Composites: New Green Nanomaterials*, J. Hinestroza, N. Netravali, 1st ed., ch 2, Wiley-VCH, USA, 2014.
- [2] Zuluaga, R., Caro G., Putaux, J-L., *et al.*, “Production of bacterial cellulose: Use of a new strain of microorganism”, In: *Handbook of Green Materials Processing Technologies, Properties and Applications*, K. Oksman, A. P. Mathew, A. Birsmarck, O. Rojas, M. Sain, 1st ed., World Scientific, USA; 2014.
- [3] Gardner, D., Oporto, G., Mills, R., *et al.*, “Adhesion and surface issued in cellulose and nancoellulose”, *Journal of Adhesion Science and Technology*, vol 22, no. 5-6, pp 49-60, 2008.
- [4] Müssig, J. Stevens, C., *Industrial applications of natural fibres: Structure, properties and technical applicationsm*, 1st ed., Wiley, USA; 2010.
- [5] Gutiérrez, I., Zuluaga, R., Cruz, J., *et al.*, “Influence of steam treatment on the structure and physical-mechanical behavior of plantain fibers”, *Información Tecnológica*, vol 16, no. 2, pp 15-21, 2005.
- [6] Tsuchikawa, S., Yonenobu, H., Siesler, H., “Near infrared spectroscopic observation of the ageing process in archaeological Wood using a deuterium exchange method”, *Analyst*, vol 103, no. 3, pp 379-384, 2005.
- [7] Osorio, M., Ortiz, I., Caro, G., *et al.*, “Matrices nanocompuestas de alcohol de polivinilo (PVA)/Celulosa bacteriana (CB) para el crecimiento celular y la regeneración de tejidos”, *Revista Colombiana de Materiales*, Edición especial no. 5, pp 338-346, 2014.