

Repensando el diseño de packaging para e-commerce

Sílvia Escursell, M. Blanca Roncero

CELBIOTECH_Paper Engineering Research Group, ESEIAAT, Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

Pere Llorach-Massana

Elisava, Facultat de Disseny i Enginyeria de Barcelona. (UVIC-UCC)

Abstract

If we analyse the evolution of humanity, the industrial revolution marked a before and after in society, and also in the manufacturing process, moving from handicrafts to the industrial scale with all its consequences, becoming less and less sustainable. Industrialisation has allowed for efficiency in production methods to improve speed and to economise products in order to reach more people. However, this democratisation has been to the disadvantage of excess products, sustainability and the constant repetition of forms, which has limited creativity. The technologies available today make it possible to find new alternatives to increase creativity in a more sustainable and conscious way when conceiving products and their production. In this article we will analyse where we are coming from, the initiative to break away from familiar forms, and to rethink new materials and manufacturing processes for e-commerce packaging. With this, we will try to avoid falling into the premises described above, although we are aware that we are human and perfection does not exist.

Resumen

Si analizamos la evolución de la humanidad, la revolución industrial nos marcó un antes y un después en la sociedad, y también en el sistema de producción, pasando de la artesanía a la escala industrial, con todas sus consecuencias, siendo cada vez menos sostenibles. La industrialización

ha permitido una eficiencia en los procesos de producción para mejorar en la rapidez y economizar los productos para llegar a más personas. Aunque esta democratización ha sido en detrimento del exceso de productos, de la sostenibilidad y la repetición constante de las formas que ha limitado la creatividad. Las tecnologías disponibles en la actualidad permiten encontrar nuevas alternativas para aumentar la creatividad de manera más sostenible y consciente a la hora de concebir productos y su producción. En este artículo analizaremos de dónde venimos, la iniciativa en romper con las formas hasta ahora conocidas, y en repensar nuevos materiales y procesos de producción para el packaging e-commerce. Con ello, se intentará evitar caer en las premisas antes descritas, aunque somos conscientes que somos humanos y la perfección no existe.

1. Introducción. De dónde venimos: La revolución industrial y la repetición de las formas

A lo largo de la historia los materiales y las herramientas utilizadas en los procesos de comunicación han ido determinando las formas y las maneras de producir. Si nos focalizamos en la evolución de la escritura, es un claro ejemplo de ello. Por un largo período de tiempo el uso de la piedra y el metal fueron los soportes más significativos para dar durabilidad a los elementos escritos, éstos eran soportes pesados y se necesitaba el uso del cincel para escribir, por esta razón los resultados de los alfabetos eran rígidos o bien tenían formas geométricas muy puras (basados en el círculo, rectángulo o cuadrado). Las tablillas, predecesoras de los libros, eran de arcilla (más frágiles), de madera, metal o marfil y luego se les aplicaba una capa de cera o de resina. Las tablillas adoptaron unas formas rectangulares acotando así un espacio contenedor, preciso y armónico que se ha ido repitiendo y consolidando a lo largo de las décadas no tan solo en las formas de los libros, sino también en otros productos como en las fotografías, pantallas, escaparates (Vallejo, 2020). La invención del papiro, y más tarde del pergamino o vitela, permitieron dar una superficie más lisa al soporte ayudando al ductus de los

calígrafos a trabajar con más rapidez y suavidad en las formas orgánicas de los alfabetos siendo éstos más curvos y redondeados. Con la aparición de los pergaminos, la permanencia de los escritos quedaba asegurada (Mediavilla, 2005; Vallejo, 2020).

Gracias a la invención del sistema de impresión basado en tipos móviles que ideó Gutenberg en 1455, la producción de libros de manera mecánica permitió que éstos llegaran a más personas. El formato rectangular de las tablillas se mantuvo (McLuhan, 1962; Watson, 2002). Con la invención de la fotografía en 1839 de la mano de Joseph Nicéphore en Francia, la comunicación tuvo un cambio sustancial y cualitativo. Y como bien hemos sugerido previamente, el formato se mantuvo rectangular. A partir de este momento empezaron los cambios sustanciales en la comunicación y en las tecnologías, un punto a tener en cuenta porque no había existido tan gran evolución desde la época de Mesopotamia. Otro cambio sustancial fue la entrada de la TV, las primeras televisiones fueron de rayos catódicos. Esto permitió que la comunicación pasase a ser una revolución audiovisual, aunque la forma siguió manteniéndose rectangular (McLuhan, 1962; Watson, 2002).

Si esta reflexión la trasladamos al mundo de la comunicación visual nos encontraremos con una situación análoga en la que las formas siempre repiten el mismo esquema. Es decir, se trabaja universalmente con el formato DIN utilizado en el sistema de impresión, y las formas rectangulares son omnipresentes así como también en los sistemas digitales. Pantallas de televisión, móviles, tablets, ordenadores e incluso packaging son un claro ejemplo de ello. Sin embargo, gracias a las tecnologías emergentes y la creación de nuevos materiales, se está abriendo la posibilidad de visualizar nuevos horizontes y presentar nuevas propuestas.

Como constata Oxman (2015), la Revolución Industrial dio lugar a la producción en masa, a la repetición y al diseño práctico, en detrimento de la imaginación. Es la antítesis de la tradición y los valores del artesano y sus procesos de creatividad, de originalidad, desde el cuidado, de una

producción personalizada, manteniendo sus procesos y tiempos (Sennett, 2009). Actualmente, Oxman, junto con su equipo de investigación, busca nuevas metodologías y materiales para romper con esta tendencia a la repetición y trabaja de una forma más orgánica y en colaboración con los elementos de la naturaleza (Antonelli and Burckhardt, 2020; Oxman et al., 2015).

2. Metodologías. Contextualización y evolución del diseño

En los últimos años la metodología en el diseño gráfico ha cambiado como consecuencia del desarrollo de las nuevas tecnologías. Ito (2016) nos demuestra como el diseño siempre va de la mano de las ideas y de buenas prácticas, además de funcionar según el pensamiento científico y viceversa. Esto significa que el diseño está vivo y ha pasado de centrarse en objetos físicos a trabajar en sistemas complejos e interactivos. De hecho, durante bastantes décadas los estudios y procedimientos en diseño gráfico se han basado en los fundamentos pautados por la escuela Bauhaus, es decir en la fusión del diseño con las diferentes artes y artesanías, y con la idea de potenciar la intuición dentro del sistema industrial del ensamblaje (Droste, 2019; Sofía, 1988). Diversos teóricos historiadores del diseño como Margolin (2005) han estudiado en profundidad la metodología establecida por la Bauhaus, y considera que la filosofía y pedagogía del diseño de la Bauhaus fue una idea válida y práctica durante un largo período de tiempo, pero que no estaba preparada por lo que el futuro nos deparaba, especialmente en el campo de la tecnología y el comercio en términos de diseño. Para ello, hoy en día la evolución en diseño requiere colaborar con otras disciplinas como la ciencia, la tecnología e incluso las humanidades (arte, filosofía...). Se tiene que dar una propuesta más enriquecedora y conseguir una sociedad sostenible. Esta propuesta llegará del surgimiento de nuevas ramas en el diseño como el Biodesign. El estudio de los procesos seguidos en esta disciplina nos servirá de guía para poder afrontar los retos de la aplicación de nuevos materiales y procesos de

producción en el packaging, capaces de crear un nuevo lenguaje. Para ello, nuestra metodología de trabajo es colaborar con científicos especializados en celulosa en el laboratorio de CELBIOTECH (UPC), y desarrollar nuevos materiales para packaging (Cusola et al., 2018, 2014; Fernández, 2016). También nos basamos en estudios de otros científicos especializados en celulosa, nanocelulosa y celulosa bacteriana (Habib et al., 2018; Hara, 2010; Osong et al., 2016; Ramesh, 2017; Urbina et al., 2021; Wang et al., 2019; Yang et al., 2019). Y sobre todo nos centraremos en recetas de materiales con base celulosa de otros grupos de trabajo (Chemarts, 2018; Kääriäinen et al., 2020; Lindberg et al., 2017) para entender y argumentar nuestra propuesta de materiales en base celulosa, sean a partir de plantas y de bacterias. A partir de todos estos conocimientos, se experimentará con la idea de conseguir diferentes resultados en los materiales y de esta manera dar alternativas al packaging de e-commerce.

3. Resultados: Propuesta de nuevos materiales para packaging

Científicos como Lynn Margulis, Janine Benyus o Stefano Mancuso, nos han demostrado la variedad de materiales y procesos de reproducción en los ecosistemas naturales, y la relación de dependencia entre ellos. Esto quiere decir que unos se alimentan de otros sin generar residuos y construyendo juntos modelos resilientes, colaborativos, creativos y sensoriales (Mancuso, 2017).

Nuestra pregunta entonces es, ¿por qué no aplicamos estos sistemas naturales en la producción de packaging para e-commerce aportando variedad de materiales, así como diferentes procesos de producción para adaptarse a cada tipología de producto, sin la necesidad de crear overpackaging? Para ello se estudiarán y presentarán diferentes propuestas de materiales basados en celulosa proveniente de los vegetales (Mancuso, 2017) como también proveniente de las bacterias (Margulis and Sagan, 1996). Y, ¿por qué se escoge la celulosa cómo material base

para este packaging? Porque la celulosa es uno de los materiales más copiosos en la tierra y de los más renovables, por lo tanto respetuoso con el medio ambiente (Escursell et al., 2021).

3.1. Celulosa de fibra vegetal

Las plantas se desarrollaron a partir de las algas y con ello concluyó la evolución biológica. El desarrollo de la lignina aportó la verticalidad en la biosfera, al ser una sustancia que une a las fibras y les permite crecer en una nueva dimensión con fuerza y rigidez. Además de aportarnos una belleza incalculable gracias a sus colores, texturas, aromas y sabores, no somos conscientes de la cantidad de productos, alimentos y materiales que nos rodean producidos a partir de plantas así como la ropa de algodón, muebles, chicle, chocolate, carbón, pigmentos, morfina, codeína, aspirina (ácido salicílico), antifúngicos, pesticidas, repelentes de insectos, perfumes, entre otros (Margulis and Sagan, 1996).

Como humanos nos sentimos superiores al resto de seres vivos, pero aunque no tengan cerebro, estos saben beneficiarse de nuestra inteligencia para desarrollarse (Mancuso, 2017; Margulis and Sagan, 1996). Por esta razón es interesante continuar experimentando y colaborando con las plantas en beneficios de todos y en este sentido para desarrollar packaging sostenible. En el laboratorio de Celbiotech hemos experimentado con diferentes materias primas en base celulosa para conseguir materiales más resistentes así como otros más flexibles y se han seleccionado los tres con unas características muy particulares, que detallaremos a continuación.

Material núm. 1

En la Figura 1 se muestra los ingredientes y los utensilios utilizados para obtener el material núm. 1, así como una imagen del resultado final.


Ingredientes	Utensilios	Resultado material
5 g pasta eucalipto 162 ml agua destilada 0,5 ml jabón lavavajillas 167 g solución CNC (3 % sequedad)	Recipiente Batidora Espátula Tamizador	

Figura 1. Ingredientes, utensilios utilizados y resultado del material núm. 1

Metodología y resultados:

Mezcla de los ingredientes y secado sobre una malla de rejilla en una sala acondicionada a 23 °C y 50 %HR, durante ocho días. Tiene una gran flexibilidad y a la vez una elevada resistencia. Alta dureza, y su rotura es difícil, aunque se deshace bien en agua. En los extremos es más translúcido que en el centro que es más opaco. Tiene una textura granulada en el centro aunque en las zonas laterales es más lisa y suave, según la zona de concentración del material. El color es blanco. Sin olor.

Material núm. 2

En la Figura 2 se muestra los ingredientes y los utensilios utilizados para obtener el material núm. 2, así como una imagen del resultado final.


Ingredientes	Utensilios	Resultado material
25 g pasta eucalipto 100 ml agua destilada 10 ml CMC 41,7 g solución CNC (3 % sequedad)	Jeringa (para extrusionar) Recipiente Batidora Espátula Agitador	

Figura 2. Ingredientes, utensilios utilizados y resultado del material núm. 2

Metodología y resultados:

Mezcla de los ingredientes y secado sobre una malla de rejilla en una sala acondicionada a 23 °C y 50 %HR durante ocho días. Los hilos han quedado flexibles y se adaptan bien a la forma cuando se efectúa presión sobre ellos. Mantienen la forma que se le da. Según la dirección del extrusionado cuesta romper más en unos lados u en otros. No es altamente duro ni muy resistente pero sí realmente flexible, adaptable y se puede extrusionar fácilmente. Textura suave. Color blanco. Sin olor.

Material núm. 3

En la Figura 3 se muestra los ingredientes y los utensilios utilizados para obtener el material núm. 3, así como una imagen del resultado final.

Ingredientes	Utensilios	Resultado material
100 g. pasta reciclada de periódico 100 g. cañamiza (residuo del cañamo) 200 ml agua destilada 14 g. fécula de patata	Recipiente Batidora Espátula Agitador	

Figura 3. Ingredientes, utensilios utilizados y resultado del material núm. 3

Metodología y resultados:

Mezcla de los ingredientes y secado sobre una malla de rejilla en una sala acondicionada a 23°C y 50%HR durante quince días. Ha quedado una estructura muy bien compactada. Es muy duro y muy resistente. Textura rugosa y compresible al tacto. Color marronoso. Sin olor.

Estos tres materiales nos demuestran, que por un lado añadiendo nanocelulosa a la pasta de eucalipto se consiguen mejores propiedades de resistencia, dureza y también flexibilidad para poder aplicarlos en nuevos sistemas de producción aditiva como es la extrusión. Pero la aplicación de nanocelulosa, en la actualidad, puede resultar bastante caro por lo que su destino se limitaría a productos de alto valor añadido. Por ello se ha buscado también una alternativa más sostenible y económica a partir del reciclado de fibras de papel y del reciclado de fibras vegetales,

obteniendo resultados interesantes por su compactación y dureza a la hora de pensar en productos más frágiles.

3.2. Celulosa bacteriana (CB)

En la industria actual, la mayoría de la producción realizada con celulosa, proviene de fibras de origen vegetal. Aunque últimamente ha incrementado el interés por la celulosa bacteriana, al ser altamente pura y de alta cristalinidad (un 80 % a diferencia del 40-80 % de la celulosa vegetal) y con alta resistencia mecánica (Carreño Pineda et al., 2012; Fernández, 2016; Wang et al., 2019). Además de estas características, también se destaca por su alta capacidad de retención de líquidos, por su biocompatibilidad, por ser natural y por su flexibilidad.

Aunque existen diferentes bacterias para sintetizar la celulosa, en los laboratorios se utiliza mayoritariamente el género *Acetobacter*, por su gran eficiencia productiva (Carreño Pineda et al., 2012). De hecho, esta bacteria ya fue detectada en 1886 por J. Brown, a través de su observación de una mucosa viscosa en una superficie fermentada de vinagre, aunque su hábitat también puede ser en la descomposición de frutas y hortalizas (Fernández, 2016). A partir de los años 50 se retomó el estudio para evolucionar el medio de cultivo de la bacteria y su biosíntesis. En la década de los 90 y hasta la actualidad se han sumado más investigaciones para la búsqueda de una escalabilidad industrial a este proceso de producción.

Podemos decir que nos encontramos en un momento único, para investigar cómo implementar este material flexible y regenerativo en el packaging de e-commerce aportando unas propiedades tan especiales.

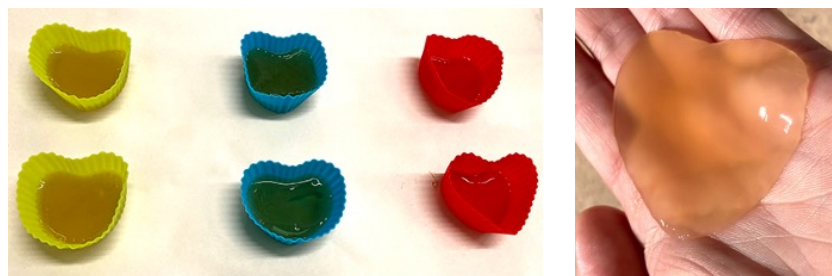
En el laboratorio de CELBIOTECH se ha comprado la cepa *K. Xylinus* en placa, en el CECT 7351 (colección de cultivos tipo): CIP 102107. También se ha desarrollado el medio estándar de cultivo H-S (Hestrin y Schramm, 1954) en estático. En la tabla 1 se muestran las

medidas utilizadas tanto en medio líquido como sólido. La bacteria se ha inoculado en el medio líquido para que se generara la CB.

1 litro de Medio líquido	400 ml de Medio sólido
20 g/l de glucosa	8 g/l de glucosa
5 g/l de peptona	2 g/l de peptona
5 g/l de extracto de levadura	2 g/l de extracto de levadura
2.7 g/l de fosfato disódico	1.08 g/l de fosfato disódico
1.15 g/l de ácido cítrico	0.46 g/l de ácido cítrico
	6 g/l de agar

Tabla 1. Ingredientes utilizados para la preparación de medios de cultivo para la producción de CB

En la Figura 4 se muestran diferentes ejemplos de la celulosa bacteriana obtenida.



(a)

(b)

Figura 4. (a) Celulosa bacteriana, pruebas en moldes de silicona.

(b) Celulosa bacteriana, resultado del molde

Metodología de secado y resultados:

Después de una semana, la CB se ha lavado según el método álcali, dentro de un recipiente con agua destilada (500ml) y NaOH (5g de sosa

cáustica) agitándose overnight. Una vez limpia, se deja secar durante una semana dentro de placas Petri y en moldes de silicona en un lugar seco y a temperatura ambiente. Se obtiene como resultado una membrana muy fina y flexible. Se aprecia que la CB se adapta a la forma del molde e incluso quedan marcadas las estrías del molde de silicona dejando una textura interesante. De hecho, se ha observado que el cultivo en moldes de silicona permiten crecer a la bacteria con más holgura que no el vidrio o plástico. Como alternativa a la glucosa, se han realizado pruebas con residuos de mermelada y de panela, para economizar el material, ya que la glucosa es cara. Los resultados conseguidos con estas alternativas en el medio han sido satisfactorios, consiguiendo los mismos resultados que con glucosa pura.

Para conseguir mayor grosor en el resultado final, se ha experimentado con CB a partir de la Kombucha SCOBY (Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast). Una vez más, la experimentación se ha realizado con glucosa así como el líquido de remolacha una vez hervida, para obtener mayor circularidad y economización del material. En la tabla 2 se muestran los ingredientes utilizados para obtener las muestras de CB de la Figura 5.

Se puede observar en la Figura 6 que el grosor de la CB Kombucha es mayor y más resistente que la conseguida con la *K. Xylinus*. Normalmente en los laboratorios científicos la Kombucha SCOBY no es tan utilizada, aunque se ha observado que existen indicios de su uso a nivel científico para caracterizarla y encontrar alternativas a la CB a partir del genero *Acetobacter* (Amarasekara et al., 2020).



(a)

(b)

Figura 5. (a) Celulosa bacteriana a partir de la Kombucha SCOBY antes del lavado. (b) Celulosa bacteriana a partir de la Kombucha SCOBY después del lavado con NaOH overnight

Kombucha con glucosa	Kombucha con remolacha
560 ml de agua destilada	240 ml de agua destilada
5.6 g de té verde	2.4 g de té verde
10 g/l glucosa	20 ml de líquido de remolacha
50 g Kombucha SCOBY	50 g Kombucha SCOBY

Tabla 2. Ingredientes utilizados en la CB



Figura 6. Comparativa de la CB K. Xylinus con la CB Kombucha una vez secas

4. Conclusiones

Se ha conseguido una interesante variedad de materiales con diferentes características:

- Flexibilidad y elevada resistencia. Materias primas vírgenes y alto coste.
- Flexibilidad y adaptable a la forma. Materias primas vírgenes y alto coste.
- Compactado, duro y muy resistente. Materias primas recicladas y bajo coste.
- Membrana fina, resistente y flexible. Materias primas vírgenes y recicladas, como consecuencia alto y medio coste. Interesantes los procesos de cuidado y seguimiento, al ser un organismo vivo.

De esta manera nos aportan posibles aplicaciones en diferentes productos que se venden por e-commerce, en función de su fragilidad, resistencia, forma, etc. Se concluye también que existen otras alternativas que pueden abordarse, como la mezcla de CB, entre ellas y/o con fibra vegetal. En todo caso, se abre un gran abanico de posibilidades que pueden contemplarse según el producto final y el proceso de fabricación.

Agradecimientos

Esta publicación forma parte del proyecto PID2020-114070RB-I00 (CELLECOPROD), financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033.

Referencias

- Amarasekara, A.S., Wang, D., & Grady, T.L. (2020). A comparison of kombucha SCOBY bacterial cellulose purification methods. *SN Appl. Sci.*, 2, 1–7. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1982-2>
- Antonelli, P., & Burckhardt, A. (2020). *Neri Oxman Material Ecology*. The Museum of Modern Art, New York, New York.
- Carreño Pineda, L.D., Caicedo Mesa, L.A.C.M., & Martínez Riascos, C.A. (2012). Técnicas de fermentación y aplicaciones de la celulosa bacteriana: una revisión. *Ing. y Cienc.*, 8, 307–335. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.8.16.12>
- Chemarts (2018). *Chemarts*. Summer School.
- Cusola, O., Kivistö, S., Vierros, S., Batys, P., Ago, M., Tardy, B.L. et al. (2018). Particulate Coatings via Evaporation-Induced Self-Assembly of Polydisperse Colloidal Lignin on Solid Interfaces. *Langmuir*, 34, 5759–5771. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b00650>
- Cusola, O., Valls, C., Vidal, T., & Roncero, M.B. (2014). Rapid functionalisation of cellulose-based materials using a mixture containing laccase activated lauryl gallate and sulfonated lignin. *Holzforschung*, 68, 631–639. <https://doi.org/10.1515/hf-2013-0128>
- Droste, M. (2019). *Baubaus; Bauhaus Archiv 1919 - 1933*. Benedikt Taschen, Berlin.
- Escursell, S., Llorach-Massana, P., & Roncero, M.B. (2021). Sustainability in e-commerce packaging: A review. *J. Clean. Prod.*, 280, 124314. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124314>
- Fernández, J. (2016). *Producción y Caracterización de Celulosa Bacteriana: Nuevos Aislamientos y Medios de Cultivo*.
- Habib, A., Sathish, V., Mallik, S., & Khoda, B. (2018). 3D printability of alginate-carboxymethyl cellulose hydrogel. *Materials (Basel)*, 11. <https://doi.org/10.3390/ma11030454>
- Hara, K. (2010). *Senseware Tokyo Fiber*. Design Museum Holon, Holon. Israel.
- Ito, J. (2016). Design and Science. *J. Des. Sci.* <https://doi.org/10.21428/f4c68887>
- Kääriäinen, P., Tervinen, L., Vuorinen, T., & Riutta, N. (2020). *The Chemarts Cookbook*. Aalto University publications.
- Lindberg, A., Riutta, N., Vuorinen, T., Kääriäinen, P., Ivanova, A., & Dou, J. (2017). *Chemarts_SummerSchool2017*. Finland.
- Mancuso, S. (2017). *El Futuro es vegetal*. Stefano Mancuso; traducción de David Paradelo López. Galaxia Gutenberg, Barcelona.
- Margolin, V. (2005). *Altruism as Design Methodology David Stairs*. Spring 21.
- Margulis, L., & Sagan, D. (1996). *¿Qué es la vida?* Tusquets editores, Barcelona.
- McLuhan, M. (1962). *La Galaxia de Gutenberg. Génesis del "homo typographicus"*. Círculo de lectores, Barcelona.

- Mediavilla, C. (2005). *Caligrafía*. Campgrafic, Valencia.
- Osong, S.H., Norgren, S., & Engstrand, P. (2016). Processing of wood-based microfibrillated cellulose and nanofibrillated cellulose, and applications relating to papermaking: a review. *Cellulose*, 23, 93–123. <https://doi.org/10.1007/s10570-015-0798-5>
- Oxman, N., 2015. *Design at the intersection of Technology and biology*. https://www.ted.com/talks/neri_oxman_design_at_the_intersection_of_technology_and_biology?language=es
- Oxman, N., Ortiz, C., Gramazio, F., & Kohler Prof, M. (2015). Material ecology. *CAD Comput. Aided Des.*, 60, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2014.05.009>
- Ramesh, M. (2017). Plant fibre based bio-composites: Sustainable and renewable green materials. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 79, 558.
- Sennett, R. (2009). *El artesano*. Editorial Anagrama, Barcelona.
- Sofía, C. de A.R. (1988). *Utopías de la Bauhaus*. Madrid.
- Urbina, L., Corcuera, M.Á., Gabilondo, N., Eceiza, A., & Retegi, A. (2021). A review of bacterial cellulose: sustainable production from agricultural waste and applications in various fields. *Cellulose*, 28, 8229–8253. <https://doi.org/10.1007/s10570-021-04020-4>
- Vallejo, I. (2020). *El infinito en un junco. La invención de los libros en el mundo antiguo*. Ediciones Siruela, Madrid.
- Wang, J., Tavakoli, J., & Tang, Y. (2019). Bacterial cellulose production, properties and applications with different culture methods – A review. *Carbohydr. Polym.*, 219, 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.008>
- Watson, P. (2002). *Historia intelectual del Siglo XX*. Editorial Crítica, Barcelona.
- Yang, N., Zhang, W., Ye, C., Chen, X., & Ling, S. (2019). Nanobiopolymers Fabrication and Their Life Cycle Assessments. *Biotechnol. J.* <https://doi.org/10.1002/biot.201700754>