



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:  
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16  
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,  
COLOMBIA



Encuentro Internacional de  
Educación en Ingeniería ACOFI

# **Análisis mediante revisión bibliográfica sobre las opciones de biopolímeros que podrían utilizarse en la fabricación de tapabocas**

**Ingrid Carolina Duarte Carrillo, Gabriel Alexander Farfán Torres, Angie Carolina Pachón Urrego**

**Universidad Cooperativa de Colombia  
Colombia**

## **Resumen**

La presente investigación se basa en un análisis sistemático de literatura, la idea surge a partir del impacto ambiental negativo que se está evidenciando a nivel mundial, derivado en parte, por el consumo desmesurado, pero necesario de tapabocas quirúrgicos, que son utilizados como elemento de protección personal (EPP) a consecuencia de la situación actual causada por la pandemia del COVID – 19. Debido a que el principal componente de los tapabocas es el polipropileno, la inadecuada disposición final que se le da a estos elementos y su tardía degradación ocasionan que estos desechos plásticos se acumulen generando así contaminación a diferentes ecosistemas. A partir de dicha problemática, se evidencia la necesidad de sustituir el plástico convencional derivado del petróleo, por un material con las mismas propiedades, pero que sea amigable con el medio ambiente, por lo cual, se analizaron los biopolímeros que podrían utilizarse en la fabricación de tapa bocas; se identificaron los tipos de Biopolímeros susceptibles para tal fin, comparándolos a partir de sus propiedades físicas, químicas e impacto ambiental, así mismo, se dio importancia a su viabilidad económica, tecnológica e industrial.

Los Biopolímeros a tener en cuenta fueron: el PHA (polihidroxicanoatos), PLA (ácido poliláctico), PHB (Poly-3-hydroxybutyrate), La Quitina y la PA-11 (poliamida 11) de manera que se descartó la Quitina por su efecto corrosivo y la poliamida 11 debido a su propiedad de absorción de humedad, estas características dejaron a estos dos biopolímeros en gran desventaja frente a los otros tres. La principal característica del PHA, PLA y PHB es su tasa de degradación relativamente baja en comparación con el plástico convencional; el PHB cuenta con propiedades muy similares a las del polipropileno, pero se descarta debido a que su costo de producción es muy alto y su utilización en la industria se limita a productos envasados; el PHA cuenta con gran versatilidad esta es una

gran ventaja ya que puede ajustarse a las propiedades del polipropileno, además, es resistente al agua y no tóxico. De acuerdo a la información recopilada, entre el PHA y el PLA se concluye que cualquiera de los dos puede ser apto para la sustitución del polipropileno en la fabricación de tapabocas quirúrgicos, teniendo en cuenta sus propiedades físicas y químicas, sin embargo, el hecho de que el PLA tiene mayor viabilidad económica hace que su uso en la industria sea cada vez mayor y eso genera la reducción de su precio en el mercado, dándonos la noción que dicho bioplástico es la mejor opción.

**Palabras clave:** biodegradable; biopolímeros; quitina; poliamida 11; polihidroxicanoatos; polipropileno; ácido poliláctico; poly-3-hydroxybutyrate; EPP

### **Abstract**

*The present investigation is based on a systematic analysis of the literature. The idea arises from the negative environmental impact that has been in constant growth worldwide, derived partly from the excessive but necessary consumption of surgical masks, which are used as an element of personal protection (PPE) and as a direct result of the current situation caused by the COVID-19 pandemic. Owing to the fact that the main component of face masks is polypropylene, the inadequate final disposal given to these elements and their late degradation cause this plastic waste to accumulate and thus contaminate different ecosystems. Considering this problem, the need of replacing the conventional plastic derived from petroleum is made evident by a material with the same properties, but also friendly to the environment, so biopolymers that could be used in the manufacture were analysed such as the ones used in the face mask. The types of susceptible biopolymers for this purpose were identified, comparing them based on their physical, chemical, and environmental impact properties and as an equivalent, importance was given to their economic, technological, and industrial viability.*

*The Biopolymers taken into account were: PHA (polyhydroxyalkanoates), PLA (polylactic acid), PHB (Poly-3-hydroxybutyrate), Chitin and PA-11 (polyamide 11) After a more in-depth research, Chitin was discarded due to its corrosive effect and polyamide 11 due to its moisture absorption property; these characteristics left these two biopolymers at a great disadvantage compared to the other three. The main characteristic of PHA, PLA and PHB is their relatively low degradation rate compared to conventional plastic; PHB has got properties very similar to those of polypropylene, but it is discarded because its production cost is very high and its use in industry is limited to packaged products. On the other hand, the PHA has got great versatility, and this is a great advantage since it can be adjusted to the properties of polypropylene and comes to be resistant to water and non-toxic. According to the information collected, between the PHA and the PLA, it is concluded that either of the two shall be suitable for the substitution of polypropylene in the manufacture of surgical masks, considering their physical and chemical properties. However, the fact that that PLA has got greater economic viability means that its use in the industry is increasing, and this generates a reduction in its price in the market which consequently give us the notion that the mentioned bioplastic appears to be the best option.*



**Keywords:** *biodegradable; biopolymers; chitrin; polyamide 11; polyhydroxyalkanoates; polypropylene; polylactic acid; poly-3-hydroxybutyrate; EPP*

## 1. Introducción

Una problemática ambiental que al paso de los años es cada vez más preocupante, los plásticos de un solo uso, actualmente y a consecuencia de la crisis sanitaria del COVID-19 esta problemática aumentó, porque todos nos vimos en la obligación de empezar a implementar en nuestro día a día el uso de tapabocas como medida de protección personal, en especial los tapabocas quirúrgicos, según Resolución 777 de 2021 emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social “El tapabocas se puede usar durante 8 horas de manera continua, siempre y cuando no esté roto, sucio o húmedo, en cualquiera de esas condiciones debe retirarse, eliminarse y colocar uno nuevo.” teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, podemos evidenciar que estos EPP son de un solo uso y “Se ha estimado que con el paso de dicha pandemia cada mes, se espera el uso de 200 mil millones de piezas de mascarillas y guantes de un solo uso.” (Siwal, S. et al., 2021)

Estos tapabocas quirúrgicos se componen de polipropileno, por esto son catalogados como plásticos de un solo uso, siendo “un material que no se descompone rápidamente, donde la mayor parte de sus desechos son arrojados al mar y a vertederos, contaminando el medio ambiente” (Correa, 2020, P 3). Según Mejía, J. et al., (2021) en la revista ReCienTec “una mascarilla higiénica común, abandonada en un entorno natural, puede tardar en degradarse entre 300 y 400 años” (P. 2). Se sabe que “cada colombiano usa dos kilos de plástico al mes, 24 kilos al año, lo que equivale a un millón de toneladas de año de plásticos del que solo se recicla un 7 por ciento” (Cámara de Comercio de Bogotá, 2019), por lo cual se deriva la necesidad de sustituir este material por uno más amigable con el medio ambiente y el cual cuente con las características físicas y químicas del polipropileno para la fabricación de tapabocas, la investigación se desarrollara mediante una revisión de literatura comparando las características de diferentes biopolímeros, primero se evidenciará la metodología de investigación y posteriormente se verán los resultados obtenidos donde se profundizará en definiciones y propiedades de los biopolímeros y del polipropileno, para así concluir con el biopolímero que mejor se ajusta a dicha problemática.

## 2. Metodología

En la presente investigación se implementará la recolección de datos mediante la búsqueda en fuentes externas de datos secundarios, en específico 7 bases de datos, 10 repositorios, 2 libros, 17 páginas oficiales y 7 revistas; enfocándonos en artículos científicos, libros y tesis o trabajos de grado; las bases de datos consultadas fueron: ScienceDirect, Dialnet, Scopus y Google Académico; la cantidad de artículos encontrados fueron 135, los artículos consultados fueron 80, y los que se utilizaron fueron 18, esta información se evidencia a continuación mediante la ilustración 1. De los 135 artículos encontrados, consultamos 80 teniendo en consideración el título, ya que este se ajustaba a la búsqueda y se relacionaban con el tema a investigar, de estos 80 solo tuvimos en cuenta 18 dado que estos contenían datos puntuales de lo que requería nuestra investigación.



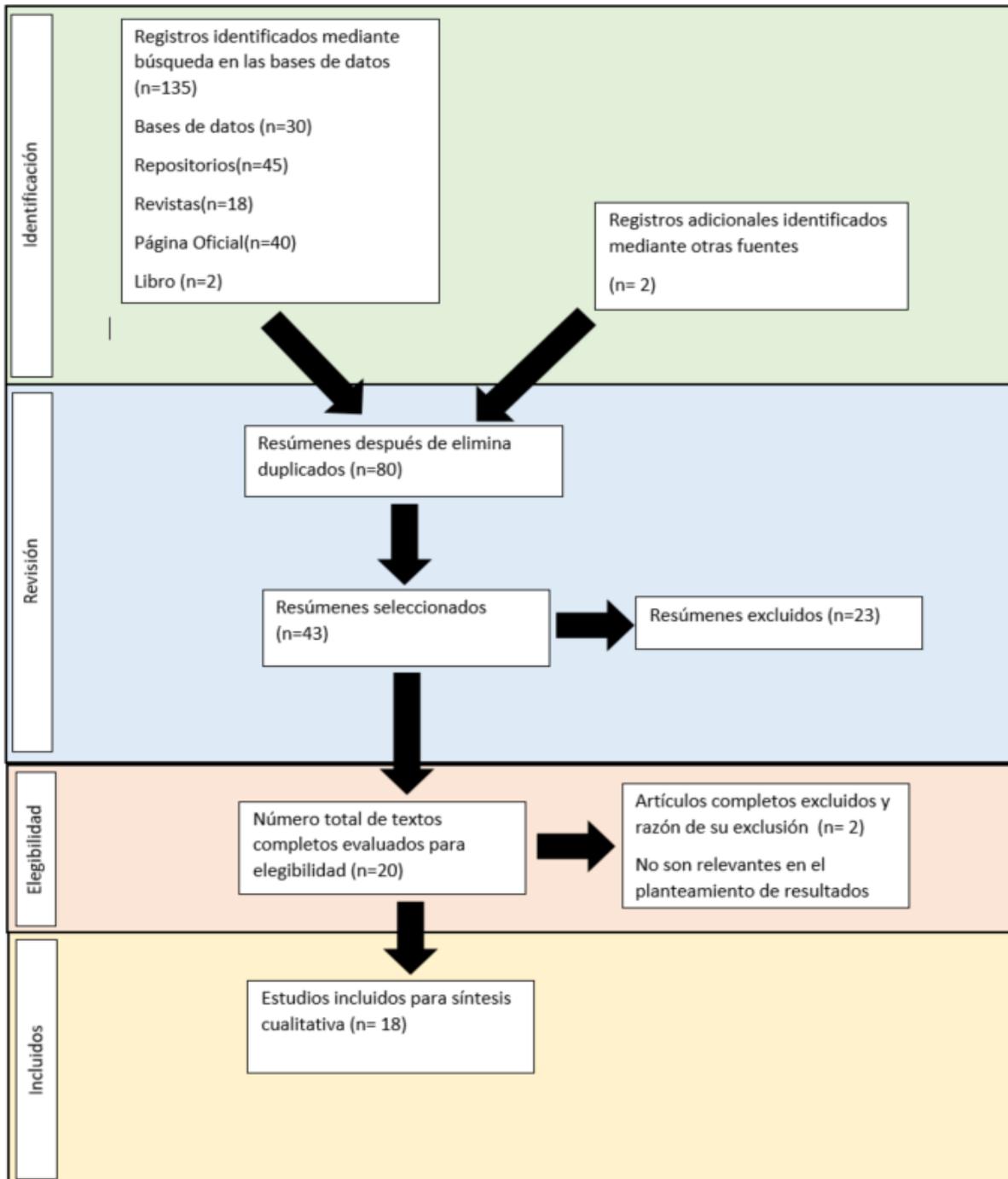


Ilustración 1. Metodología Prisma

### 3. Resultados

#### 3.1 Biopolímeros de origen natural

En el momento de indagar acerca de los biopolímeros susceptibles para tener en cuenta, descartamos dos de los cinco que se tuvieron en cuenta inicialmente, a pesar de que su obtención surge de procesos y bases biológicas, las características no cumplen con las especificaciones para la elaboración de un tapabocas:

**3.1.1 La Quitina:** Es una “Sustancia presente en el exoesqueleto de los insectos y en los crustáceos, por métodos químicos a partir de conchas de crustáceos que incluyen tratamientos con álcalis y ácidos, con modificación de condiciones como la temperatura, tiempo de reacción, concentración de álcalis y ácidos, entre otros” (Quiroga, L. 2019). Sin embargo, la principal desventaja es que “La obtención de la quitina genera desechos corrosivos y presenta dificultad para recuperar proteínas y pigmentos” (Curbelo, C., & Palacio, Y. 2021), por su efecto corrosivo este biopolímero será descartado, es decir que no se tendrá en cuenta para una posible solución al problema.

**3.1.2 La poliamida:** Este biopolímero “se obtiene a partir del aceite de ricino.” (Villar, M. Et al. 2019), es empleado en “diversas industrias, tales como la automoción, electricidad y electrónica, edificación y construcción” (Herrero, M., Et al. 2019). En cuanto a sus propiedades “la absorción de humedad es una de las principales desventajas que poseen las poliamidas para su utilización en ciertas aplicaciones” (Quiles, L. 2021). Esta característica es una desventaja frente a los otros biopolímeros, por esta razón no se tendrá en cuenta para una posible solución al problema.

#### 3.2 Propiedades de los Biopolímeros PHA, PLA Y PHB

Realizando una síntesis de los Biopolímeros a investigar e identificando los que son susceptibles para la fabricación de EPP, los cuales son el PHA, el PLA y el PHB; producto de esta identificación generamos como resultado la tabla 1, donde se realizó un comparativo entre las ventajas, desventajas y características de cada Biopolímero. Partiendo de la principal ventaja de estos materiales y es que son amigables con el medio ambiente, asimismo “son más versátiles que los plásticos derivados del petróleo debido a que su tasa de degradación es relativamente baja” (Fajardo, et al., 2020),



	<b>PHA (Polihidroxicanoatos)</b>	<b>PLA (ácido poliláctico)</b>	<b>PHB (Poly-3-hydroxybutyrate)</b>
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiene Propiedades como baja difusividad de oxígeno y resistente al agua</li> <li>- El biopolímero obtenido no es toxico.</li> <li>- puede remplazar al polipropileno, poliestireno y polietileno, debido a sus propiedades. (Fajardo, et al., 2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No produce efectos tóxicos</li> <li>- Tiene mejor procesabilidad térmica en comparación con otros biopolímeros, como el PHA, polietilenglicol (PEG), policaprolactona (PCL), etc.</li> <li>- La producción de PLA requiere del 25-55% menos de energía que los polímeros derivados del petróleo. (Escobar, et al., 2021)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- puede resistir las radiaciones ultravioletas y es estable en condiciones adversas o limitantes a contaminación plástica</li> <li>- son el tipo de biopolímero más común en demanda y también actúa como un material de envasado de alimentos eficaz. (Sirohi, R., et al., 2021).</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altos costos de producción a comparación con los plásticos derivados del petróleo. (Fajardo, et al., 2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es un material muy frágil.</li> <li>- Baja tasa de degradación: la tasa de degradación depende de la cristalinidad, peso molecular, distribución del peso molecular, morfología, tasa de difusión del agua en el polímero y contenido estereoisomérico</li> <li>- El PLA puede presentar un comportamiento hidrofóbico. (Escobar, et al., 2021)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El costo de producción de PHB es alto. (Sirohi, R., et al., 2021).</li> </ul>
<b>Características del material</b>	<p>Los polímeros de cadena corta se caracterizan por ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Termoplásticos</li> <li>- Rígidos</li> <li>- Cristalinos</li> <li>- Cuentan con altas temperaturas de fusión (180 °C).</li> </ul> <p>Los polímeros de cadena media son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Termoplásticos</li> <li>- Biodegradables</li> <li>- Elastoméricos</li> <li>- Insolubles en agua</li> <li>- Impermeables a gases</li> <li>- Baja difusividad de oxígeno</li> <li>- Resistente al agua</li> <li>- No tóxicos. (Fajardo, et al., 2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistente</li> <li>- Biodegradable</li> <li>- Elástico</li> <li>- Su temperatura de transición vítrea es alta</li> <li>- Temperatura de fusión baja comparada con otros termoplásticos</li> <li>- Presenta rigidez a temperatura ambiente. (Gómez, R. 2021)</li> <li>- Un buen solvente para el PLA, es el cloroformo.</li> <li>- El PLA puede ser producido de una forma 100% amorfa o hasta un 40% cristalina</li> <li>- Cuando el PLA está por encima de su temperatura de transición vítrea, <math>T_g \approx 58 \text{ }^\circ\text{C}</math>, es elástico, mientras que cuando está por debajo de <math>T_g \approx 45 \text{ }^\circ\text{C}</math>, se comporta como un polímero frágil. (Escobar, et al., 2021)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puede resistir las radiaciones ultravioletas y es estable en condiciones adversas o limitantes. (Sirohi, R., et al., 2021).</li> </ul>

Tabla 1. Comparativo de los Bioplásticos



De acuerdo con esta información recopilada, y teniendo en cuenta que el "PLA y el PHA presentan gran versatilidad, ya que se pueden combinar con otros materiales para modificar sus propiedades" (García, L. et al. 2015) y de esta manera que sean más similares a la del polipropileno, son las mejores opciones para tener en cuenta en la posible solución al problema.

### 3.3 Propiedades del polipropileno

La principal desventaja es que "su uso indiscriminado ha generado un grave problema ambiental, debido a su acumulación y largos periodos de degradación, aproximadamente 100 años". (Hernandez, O, & Gomez, R. 2017), este material debido a su bajo costo y propiedades como:

- Baja densidad.
- Alta dureza y resistente a la abrasión.
- Alta rigidez.
- Buena resistencia al calor.
- Excelente resistencia química.
- Excelente versatilidad.
- Alta resistencia al impacto
- Es un material fácil de reciclar
- Tiene una excelente compatibilidad con el medio
- Posee una gran capacidad de recuperación elástica
- permite la fabricación de productos ligeros ya que su densidad es muy baja, comprendida entre 0.90 y 0.93 gr/cm<sup>3</sup>.

Es uno de los termoplásticos más utilizado en el mundo. (Perca, G. 2017)

## 4. Conclusiones

- En el desarrollo de esta revisión de literatura, encontramos información valiosa, ayudándonos a conocer más sobre el mundo de los plásticos, con el propósito de encontrar polímeros biodegradables susceptibles a ser utilizados en la fabricación de elementos de protección personal, más específicamente mascarillas o tapabocas. Gracias a ello se identificaron algunos biopolímeros dando relevancia a su propiedad específica en comparación con el polipropileno, se definieron esencialmente tres polímeros biodegradables ya que destacaron por sus cualidades de degradación, que se determinó como un gran punto a considerar polihidroxialcanoato (PHA), ácido poliláctico (PLA), Poly-3-hydroxybutyrate (PHB).

- El PHB al igual que los demás plásticos biodegradables tiene ciertas características que ayudarían con el remplazo de plástico convencional en tapa bocas, pero se descarta debido a que su utilización se enfoca en envasados con otras condiciones.

- El PHA denota Altos costos de producción, su versatilidad y sus convenientes características ayudan a la rápida degradación del material, genera un potencial para el remplazo del algunos componentes en las mascarillas de protección personal, aunque al realizar la comparativa vemos que este junto al PLA destacaríamos que tiene cierta resistencia, y al ser un elemento expuestos a



líquidos tiene condiciones adecuadas para la sustitución del polipropileno con la ventaja de que día a día se “producen polímeros con mejores propiedades y un gran aumento de la demanda de PLA en la sociedad actual.” (Moreno Escribano, E. 2020). Se ve que dicho biopolímero reducirá una de sus mayores desventajas que es el precio, donde el PHA y el PLA de la manera correcta pueden ser aptos para la sustitución del polipropileno, pero el hecho de que el PLA tienda a reducir su precio en el mercado ya que es utilizado en más productos, da la noción que dicho plástico biodegradable es la mejor opción.

## 5. Referencias

### Artículos de revistas

- Correa, L. (2020). Estudio descriptivo sobre el impacto del consumo de plásticos de un solo uso durante la pandemia COVID-19 en la ciudad de Medellín. [Tesis de grado, Universidad de Antioquia]. Repositorio institucional.
- Curbelo, C., & Palacio, Y. (2021). Tratamiento químico de residuos de camarón para la obtención de quitina. *Centro Azúcar*, 48(2), 103-116. Recuperado el 17 de diciembre de 2021
- Escobar Ramírez, C. D., & Naranjo Tinoco, C. A. (2021). Diseño y construcción de un reactor de polimerización para la síntesis de ácido poliláctico (Bachelor's thesis, Quito: UCE). <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/24484>
- Fajardo, D., & Londoño, A. (2020). Desarrollo de un biorreactor de bajo costo para la disminución de los requerimientos de oxígeno externo en un consorcio alga-bacteria para la producción de Polihidroxicanoatos (PHA) (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América).
- García, L., Betancur, J., Ramírez, A., & Arboleda, L. (2015). Estudio de la síntesis de biopolímeros de origen microbiano. *QUID: Investigación, Ciencia y Tecnología*, (25), 6.
- Gómez, R. (2021). Efecto de la isosorbida sobre los cambios estructurales de películas de almidón termoplástico de yuca y ácido poliláctico. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80090>
- Herrero, M., Asensio, M., Núñez, K., Merino, J. C., & Pastor, J. M. (2019). Influencia del proceso de obtención en las propiedades de nanocompuestos de bio-poliamida. *Materiales Compuestos*, 3(1), 76-79.
- Mejía J, Blanchard J, Rudsvell H, Karla D. (2021). la mascarilla quirúrgica como nuevo contaminante biológico de nuestro medio ambiente. *Ciencias Agrícolas, Tecnología y salud, revista científica* vol. 4 (numero 1), Pag 6. recuperado de: <https://revistarecientec.unan.edu.ni/index.php/recientec/article/view/59/83>
- Moreno Escribano, E. (2020). Viabilidad técnica y económica del reciclado mecánico de poli (ácido láctico) (PLA) para impresión 3D. <https://oa.upm.es/65095/>
- Perca, G. (2017). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades del concreto F'C 210 KG/CM2. Recuperado 16 de febrero de 2022, de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3842>
- Quiles, L. (2021). Desarrollo y optimización de nuevos materiales poliméricos, mezclas y compuestos de alto rendimiento medioambiental a partir de poliésteres y poliamidas procedentes de recursos renovables de interés en el sector envase y embalaje (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/147479>



- Quiroga, L. (2019). Evaluación de biopolímeros (Quitina y Quitosano) extraídos a partir del caparazón de cangrejo *procambarus clarkii* - Girard 1852 (crustacea:cambaridae), Paipa-Boyacá. (Trabajo de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3802>
- Sirohi, R., Gaur, VK, Pandey, AK, Sim, SJ y Kumar, S. (2021). Aprovechamiento de los desechos de frutas para la producción de poli-3-hidroxibutirato: una revisión. *Tecnología de fuentes biológicas*, 124734. <https://bbibliograficas.ucc.edu.co:2160/10.1016/j.biortech.2021.124734>
- Siwal, S., Chaudhary, G., Saini, A., Kaur, H., Saini, V., Mokhta, S., Chand, R., Chandel, U., Christie, G., & Thakur, V. (2021, 1 octubre). Key ingredients and recycling strategy of personal protective equipment (PPE): Towards sustainable solution for the COVID-19 like pandemics. *ScienceDirect*. Consultado el 15 de agosto de 2021, en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343721012616>
- Villar, M. H., Núñez, K. C., Cañibano, E., Merino, J. C., & Pastor, J. M. (2019). Bio-Nanocomposites de Poliamida/sepiolita para aplicación en procesos de Fabricación Aditiva. *Materiales Compuestos*, 3(4), 59-64.

### Fuentes electrónicas

- Cámara de Comercio de Bogotá. (2019, julio). Custer - Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar. Consultado el 16 de julio de 2021 en: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Julio-2019/Colombia-entierra-anualmente-2-billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar>
- Hernandez, O, & Gomez, R. (2017). Tratamiento biológico-ultrasónico nueva alternativa en la degradación de polipropileno. Consultado el 17 de febrero de 2022 de: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/68873>
- Resolución 777 de 2021 Ministerio de Salud y Protección Social - EVA - Función Pública. (2021, 25 agosto). El servicio público es de todos. Consultado el 23 de septiembre de 2021 en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=163987>

### Sobre los autores

- **Ingrid Carolina Duarte Carrillo:** Estudiante de décimo semestre del programa de Ingeniería industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia. [ingrid.duartec@campusucc.edu.co](mailto:ingrid.duartec@campusucc.edu.co)
- **Gabriel Alexander Farfán Torres:** Estudiante de décimo semestre del programa de Ingeniería industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia. [gabriel.farfantor@campusucc.edu.co](mailto:gabriel.farfantor@campusucc.edu.co)
- **Angie Carolina Pachón Urrego:** Estudiante de décimo semestre del programa de Ingeniería industrial de la Universidad Cooperativa de Colombia. [angie.pachonu@campusucc.edu.co](mailto:angie.pachonu@campusucc.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

