



Exopolisácaridos bacterianos: la revolución natural en biomateriales

Bacterial exopolysaccharides: the natural revolution in biomaterials

Joseph Guevara-Luna , María Soledad Vásquez-Murrieta ,
Ivan Arroyo-Herrera* 

Laboratorio de Biotecnología Microbiana, y Laboratorio de Microbiología Industrial, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, 11340, Alcaldía Miguel Hidalgo, CDMX, México.

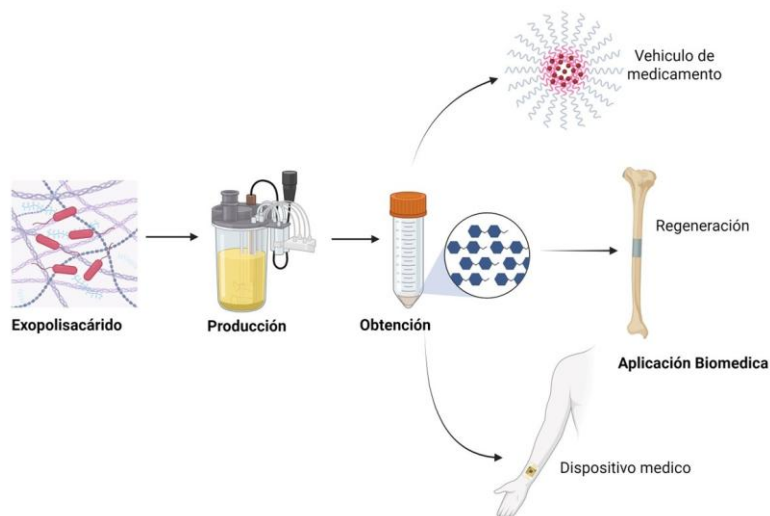
*Autor para correspondencia

Correo electrónico: iarroyoh@ipn.mx (I. Arroyo-Herrera)

Historial del artículo:

Recibido: 21 Febrero 2026 / Recibido en forma revisada: 19 Marzo 2026 / Aceptado: 1 Abril 2026 /

Publicado online: 15 Abril 2026.



“Los exopolisacáridos bacterianos están transformando la medicina regenerativa al permitir el desarrollo de biomateriales naturales capaces de reparar y mejorar el cuerpo humano”

Resumen

Los biomateriales son materiales diseñados para ayudar a reparar o reemplazar tejidos del cuerpo, guiando el crecimiento y organización de las células. Para lograrlo, se utilizan estructuras tridimensionales que sirven como soporte para que las células se desarrollen adecuadamente. Aunque muchos de estos materiales son sintéticos, recientemente ha crecido el interés por los exopolisacáridos bacterianos, sustancias naturales producidas por bacterias, cuya función principal es proteger a las bacterias y facilitar su adhesión a superficies. Debido a sus propiedades, los exopolisacáridos bacterianos pueden emplearse en la medicina para apoyar la regeneración de tejidos como hueso, cartílago y vasos sanguíneos. Además, también pueden utilizarse para transportar y liberar medicamentos de manera controlada. Por estas razones, los exopolisacáridos representan una alternativa innovadora, accesible y con gran potencial en el desarrollo de nuevas soluciones médicas.

La esperanza de vida de la humanidad ha aumentado en los últimos años debido a los avances generados en la medicina, la tecnología y el desarrollo de materiales innovadores que han mejorado la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades. En este contexto, el sector salud enfrenta una creciente demanda por desarrollar alternativas que permitan una atención más especializada y personalizada para los pacientes. Por ello, la medicina ha buscado nuevas estrategias terapéuticas que sean menos invasivas, más eficientes y eficaces, explorando fuentes naturales que no siempre son evidentes.

Palabras clave: Bacteria, biomedicina, regeneración, tejido.

Abstract

Biomaterials are materials designed to help repair or replace body tissues by guiding cell growth and organization. To achieve this, three-dimensional structures are used as supports where cells can grow properly. Although many of these materials are synthetic, there is growing interest in bacterial exopolysaccharides, which are natural substances produced by bacteria. Their main function is to protect and help them attach to surfaces. Based on their properties, these compounds can be used in medicine to support the regeneration of tissues such as bone, cartilage, and blood vessels. In addition, they can be used to deliver and release drugs in a controlled way. For these reasons, exopolysaccharides are an innovative and accessible alternative with great potential in the development of new medical solutions.

Keywords: Bacteria, biomedicine, regeneration, tissue.

Estas estrategias no solo se limitan a plantas y animales, sino que incluyen también a los microorganismos, lo que ha impulsado un aumento significativo en la investigación científica. Así, han surgido innovaciones que antes parecían propias de la ciencia ficción: el desarrollo de biomateriales basados en compuestos producidos por bacterias, entre ellos los exopolisacáridos (EPS), los cuales representan una prometedora alternativa en aplicaciones biomédicas en la actualidad.

El papel de los biomateriales en la regeneración de tejidos

La regeneración de tejidos como piel, cartílagos, huesos y órganos es un área crucial en la medicina regenerativa y la atención médica moderna. Los biomateriales han surgido como herramientas prometedoras en este campo ya que son materiales diseñados específicamente para recrear, reemplazar o promover la formación de tejidos funcionales. Algunos ejemplos de la aplicación que pueden tener estos biomateriales son en el tratamiento de enfermedades como artritis, Parkinson, osteoporosis o reconstrucción de tejidos como en quemaduras, periodontitis y en general, enfermedades que dañen de manera irreversible los tejidos. Dichos biomateriales están compuestos por soportes biológicos, estructuras artificiales tridimensionales diseñadas para resguardar y favorecer el desarrollo de células formadoras de tejidos. A su vez, tienen la capacidad de interactuar con las células y los tejidos, fomentando su crecimiento, diferenciación y organización en una matriz funcional, mediante señales químicas.

Los soportes biológicos se pueden elaborar a partir de una variedad de materiales, incluyendo polímeros naturales y sintéticos, hidrogeles, cerámicas, nanopartículas, materiales sostenibles (como la cáscara de huevo y conchas) y metales. Algunos ejemplos que se destacan son el quitosano (proveniente de caparzones de crustáceos y hongos) o el ácido poliláctico, producido a partir de almidón de maíz que se transforma en ácido láctico mediante fermentación y luego se polimeriza. La elección del biomaterial adecuado depende del tipo de tejido que se pretende regenerar y de las propiedades requeridas. Para ello, se deben considerar características como la biodegradabilidad, la resistencia mecánica, la porosidad, la química superficial, la biocompatibilidad y la capacidad para promover la vascularización (Amini *et al.*, 2021).

A pesar de que los soportes sintéticos poseen ventajas como la capacidad de instalarse en una región celular precisa o promover la producción de tejidos de elevada densidad celular, también presentan algunas desventajas. Su principal inconveniente es que, en ocasiones, las células muestran poca interacción entre ellas, además de que no se puede garantizar la completa funcionalidad de los tejidos. En contraste, los soportes naturales poseen buena biodegradabilidad (desaparición del material una vez cumplida su función) y biocompatibilidad (no se presente rechazo por parte del cuerpo). Además de que, en

caso de ser necesario, se pueden mejorar sus propiedades con la incorporación de aditivos (factores de crecimiento, vitaminas y hormonas), lo que contribuye a la mejora de la interacción celular (Figura 1).

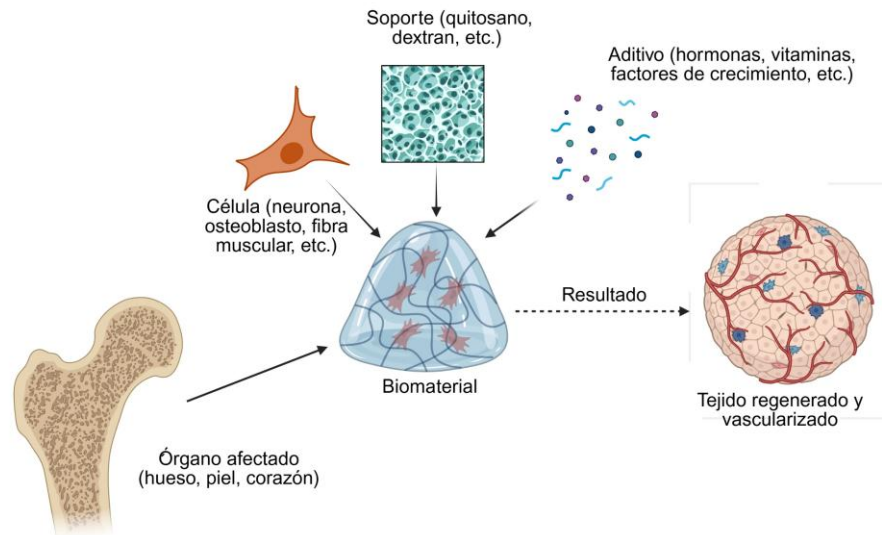


Figura 1. Componentes estructurales de un biomaterial. Los componentes principales de un biomaterial son el soporte, la célula y los aditivos. Estos componentes ayudan a la regeneración del tejido u órgano afectado.

Figure 1. Structural components of a biomaterial. The main components of a biomaterial are the scaffold, the cell, and the additives. These components aid in the regeneration of the affected tissue or organ.

Esta tecnología tiene como objetivo generar un microambiente que optimice el potencial regenerativo tanto de las células hospederas como de las células trasplantadas. En el ámbito médico, esto se traduce en una reducción del uso de analgésicos para aliviar el dolor asociado a procesos inflamatorios y/o lesiones. Un ejemplo de este beneficio es el uso de quitosano para el encapsulamiento de ketamina, la cual se puede mantener en circulación postoperatoria hasta siete días sin llegar a dosis tóxicas en el organismo. Los biomateriales al tener tantos beneficios se han puesto en la mira de diversas investigaciones que se centran en la búsqueda de nuevos biomateriales de origen natural resaltando los biopolímeros producidos por bacterias conocidos como exopolisacáridos.

Exopolisacáridos bacterianos como fuente natural para los biomateriales

Los EPS bacterianos son compuestos pertenecientes a las sustancias poliméricas extracelulares (compuestos de alto peso molecular que pueden estar constituidos por un solo tipo de molécula o diferentes moléculas que pueden ser carbohidratos, proteínas,

lípidos o ácidos nucleicos), estas sustancias generalmente se encuentran en el medio de cultivo donde crece la bacteria como producto de su metabolismo o su liberación por la ruptura de las bacterias. Estos compuestos se caracterizan por ser cadenas repetidas de monosacáridos (azúcares simples), que se pueden localizar fuera de la célula (solubles en medio de cultivo) y otros pueden estar unidos a la membrana o pared celular de las bacterias. Ya sea soluble o unido a la bacteria, los EPS bacterianos presentan las mismas funciones biológicas: ayudar a las bacterias a sobrevivir en su ambiente protegiéndolas de factores estresantes (pH, temperatura y desecación), propiciar la colonización de superficies con la formación de biopelícula (unión de las células sobre la matriz del EPS) y proporcionar nutrientes (Figura 2).

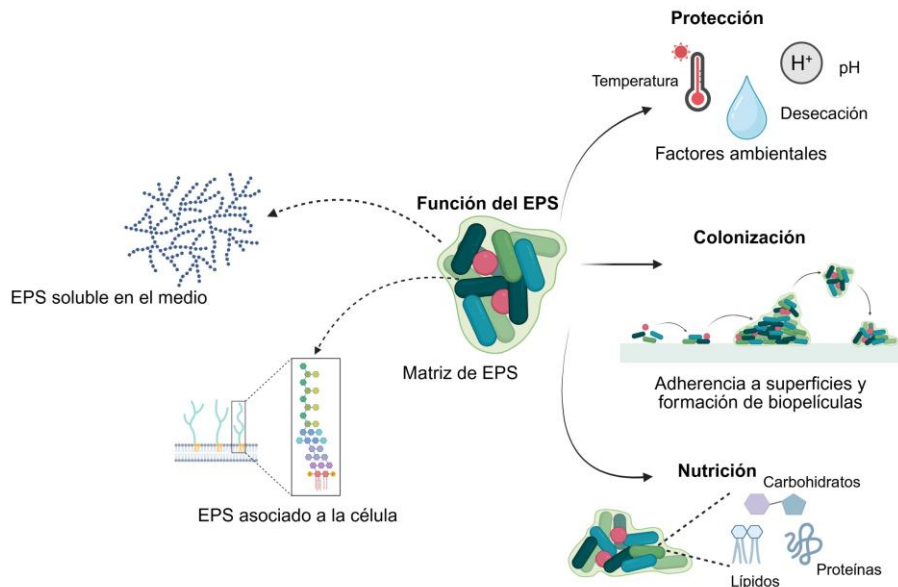


Figura 2. Función biológica de los exopolisacáridos bacterianos en el ambiente.
Figure 2. Biological function of bacterial exopolysaccharides in the environment.

El uso de EPS bacteriano presenta varias ventajas frente a otros polímeros: su abundancia en la naturaleza, su biodegradabilidad, y la posibilidad de obtener altos rendimientos de producción (7.2 a 140 g/L) con un procedimiento de extracción más sencillo que los polímeros de síntesis; es decir, son sostenibles para la producción a gran escala (algunos se producen a partir de desechos agroindustriales como jugo de frutas, desechos de caña de azúcar, etc.) (Liu *et al.*, 2025).

Dentro del enfoque biomédico, estos polímeros presentan biocompatibilidad con el hospedero provocando que nuestro cuerpo lo reconozca como propio; además son fáciles de fabricar y a bajo costo, lo que los convierte en materiales versátiles en la ingeniería de tejidos y la bioimpresión. Es decir, el uso de las impresoras 3D no solo se destinarán para la creación de objetos comunes sino para llegar a crear órganos o tejidos, desde cartílagos con goma gellan hasta huesos, narices y orejas de celulosa.

La producción de EPS se ha estudiado en diversos géneros bacterianos. La industria alimentaria, farmacéutica y biomédica han centrado su atención en las bacterias ácido-lácticas (LAB, por su nombre en inglés), las cuales se pueden encontrar en el yogurt, kéfir y kombucha, derivado de su gran capacidad para producir EPS. Además, las LAB se consideran seguras y capaces de sobrevivir a los jugos gástricos, bilis, pH del estómago y colonizar en la capa epitelial del tracto gastrointestinal. Los géneros de LAB más empleados para la producción de EPS son *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Weissella*. Sin embargo, se han reportado otros géneros bacterianos diferentes a las LAB para la producción de EPS, como *Acetobacter*, *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Brenneria*, *Geobacillus*, *Gluconacetobacter*, *Halomonas*, *Rhizobium*, *Sarcina*, *Xanthomonas* y *Zymomonas* (Mohd *et al.*, 2021). Estos géneros bacterianos se encuentran en suelo, plantas, agua de mar y productos fermentados como el vinagre. Este panorama permite ampliar el estudio de nuevos géneros bacterianos productores de EPS.

Producción industrial de los exopolisacáridos bacterianos

La producción natural de los EPS bacterianos está mediada por factores ambientales que tiene un efecto sobre la bacteria: cuando se encuentra bajo condiciones de estrés (deseccación, temperaturas elevadas, presencia de metales pesados) y/o falta de nutrientes (fuente de carbono, limitación de fuente de nitrógeno y relación carbono/nitrógeno). La influencia de los factores ambientales se basa frecuentemente en provocar estrés en las bacterias para aumentar su densidad poblacional y llevar a cabo la síntesis de EPS. Sin embargo, en ocasiones un solo factor no es suficiente para inducir la producción del EPS, se requiere la combinación, monitoreo y control constante de varios factores.

A nivel industrial, el uso de biorreactores ha contribuido al desarrollo de alternativas prometedoras para la producción de biopolímeros. En ese sentido, la optimización de la producción de EPS mediante el uso de biorreactores resulta en dos metas importantes: la reducción del costo del medio de fermentación, el cual puede llegar a ser de hasta un 30%; y el aumento de la cantidad de EPS producido al mejorar y controlar las condiciones de producción (Flores-Maciel *et al.*, 2024).

El objetivo para la producción industrial de EPS bacteriano es buscar estrategias de optimización en los rendimientos de la fermentación, ya que estos dependen de múltiples factores como la especie o cepa empleada y la concentración del inóculo para iniciar la fermentación; así como de factores asociados al medio de cultivo (fuente carbono, nitrógeno y sales inorgánicas) y factores asociados al proceso de fermentación (pH,

temperatura, concentración de oxígeno y tiempo de fermentación). Además, otras etapas de la producción del EPS pueden influir en su optimización como es su obtención y en algunas ocasiones su purificación (Figura 3). En las etapas de obtención y purificación, la cantidad de EPS recuperado depende de la eficiencia de los procesos de precipitación (utilización de etanol u otro solvente), centrifugación, purificación (si se utilizó diálisis o cromatografía), debido a la pérdida del EPS como consecuencia de su amplia manipulación.

Específicamente, la mayoría de los EPS producidos por las LAB corresponden a heteropolisacáridos (HePS), los cuales se sintetizan de manera intracelular, lo que incrementa el costo del bioproceso. En contraste, algunas especies o cepas de LAB producen homopolisacáridos (HoPS) por la acción de enzimas extracelulares, lo que facilita su obtención. Los HoPS producidos por LAB pueden clasificarse en glucanos, fructanos o galactanos, constituidos por D-glucosa, D-fructosa o D-galactosa, respectivamente. Por otro lado, los HePS presentan una estructura más compleja en comparación con los HoPS, destacando ejemplos como la goma xantana y el kefirán, que corresponden generalmente a polisacáridos ramificados.

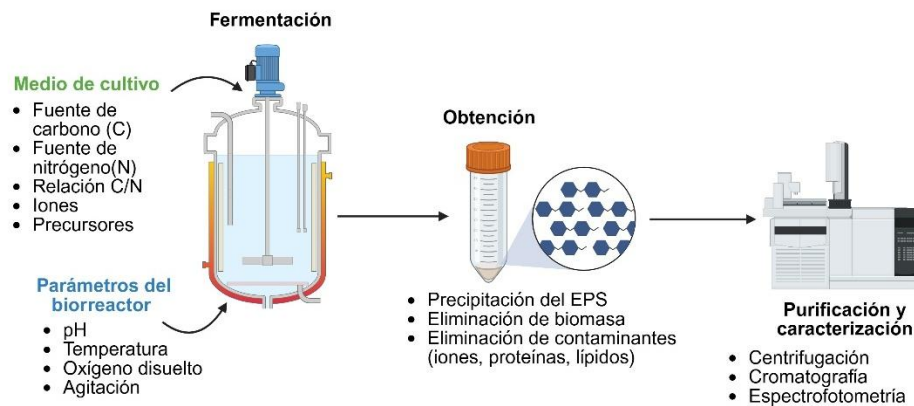


Figura 3. Etapas de producción industrial de los exopolisacáridos bacterianos.

Figure 3. Stages of industrial production of bacterial exopolysaccharides.

Aún en la actualidad se requiere de más investigaciones para la producción industrial de EPS como la identificación de nuevas cepas productoras, caracterización estructural (de qué está compuesto), fisicoquímica (retención de agua, viscosidad y calorimetría) y biológica (saber si es dañino para el ser humano), con la finalidad de encontrar una aplicación más certera de estos. Así mismo, las investigaciones se han centrado en la optimización y escalamiento para aumentar los rendimientos de producción, formular mejores medios de cultivo y, sobre todo, buscar desechos agroindustriales que se puedan emplear y disminuir la contaminación que puede generar el bioproceso.

Aplicaciones de los exopolisacáridos bacterianos

Las aplicaciones que tienen los EPS bacterianos son diversas debido a los grupos funcionales que están presentes en su composición (hidroxil, carboxil, carbonil y acetato) (Figura 4). Los EPS pueden funcionar como biofloculantes, los cuales son una especie de material polimérico extracelular que se consideran superiores a los floculantes químicos debido que no son tóxicos y son biodegradables, con los cuales se pueden elaborar bioadhesivos y biopelículas (Méndez-Díaz *et al.*, 2023), ya que pueden formar varias capas que ayudan a la adhesión de las células a las superficies y entre ellas mismas. Es por estas características que muchos de los EPS bacterianos (quitosano y dextrano) se han propuesto como selladores quirúrgicos para evitar hemorragias en las operaciones.

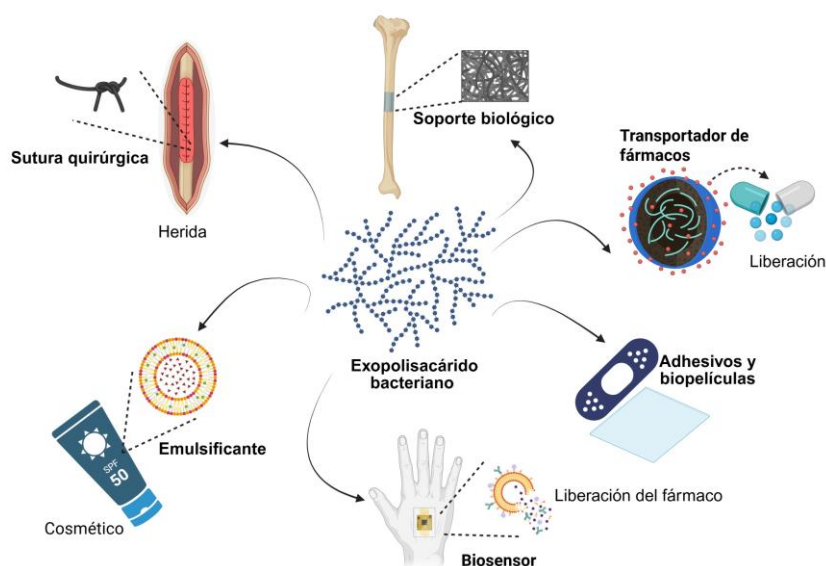


Figura 4. Aplicaciones de los exopolisacáridos bacterianos en el área de la salud.
Figure 4. Applications of bacterial exopolysaccharides in the health field.

Además, los EPS bacterianos han ganado importancia como posibles candidatos para los sistemas de administración de fármacos debido a su función bioactiva (pueden interactuar con el cuerpo) y a su capacidad como transportadores de estas moléculas. Debido a su compatibilidad con las mucosas, su solubilidad en agua, y su sensibilidad al pH y a la temperatura corporal, estas moléculas son ideales para encapsular algunos principios activos de los medicamentos. Esta capacidad permite proteger al fármaco de la degradación al ingresar al organismo y favorecer una liberación gradual, prolongando así su efecto terapéutico. Además, pueden mejorar el reconocimiento entre el fármaco y el órgano sobre el que actúa, facilitando su ingreso al interior de la célula y generando una respuesta más eficiente.

Pueden servir como biosurfactantes, con uso potencial en productos cosméticos para funciones tales como control de aceite y agentes antibacterianos. O bien, pueden formar la base de los soportes para usarlos como biomateriales en la regeneración de diversos tejidos como huesos, cartílagos, tejido cardiovascular, siendo un éxito en los tratamientos de regeneración de tejido óseo y mucosas para el caso de las periodontitis. Además, en algunos otros casos pueden funcionar como sustitutos de algunos tejidos o elementos de la sangre como es el plasma sanguíneo, el cual se ha llegado a sustituir por dextrano (Mohd *et al.*, 2021).

Actualmente algunas investigaciones se han enfocado en la creación de biosensores, utilizando como materia prima la unión del EPS más un fármaco. Algunos de los biosensores se han centrado en disminuir el dolor de algún padecimiento (infección y dolor postoperatorio), tal es el caso del biosensor elaborado con pululano más dexametasona propuesto para mitigar el dolor de ojos después de una cirugía mostrando una liberación del 50% directamente en el ojo y dos días después se liberó gradualmente el resto sin causar toxicidad. La ventaja de los biosensores es que se pueden controlar fácilmente y son ultrasensibles para la detección de moléculas específicas.

Se han desarrollado proyectos donde se proponen los EPS para la elaboración de telas o suturas de curación a base de celulosa, debido a la estructura de microfibras que presenta y a la baja probabilidad de rechazo del cuerpo. La gran mayoría de estos biosensores aún se encuentran en estudios de laboratorio; sin embargo, no se duda que en algunos años sean una realidad y de uso muy común en nuestra sociedad.

Conclusión

Los exopolisacáridos bacterianos se han consolidado como una alternativa innovadora y sostenible en el desarrollo de biomateriales para aplicaciones biomédicas, gracias a su biocompatibilidad, biodegradabilidad y capacidad bioactiva. El avance en el conocimiento de su biosíntesis, así como de los microorganismos productores de EPS, ha permitido impulsar el diseño de materiales con potencial en medicina regenerativa, incluyendo la reparación de piel y hueso, el tratamiento de quemaduras y la liberación controlada de fármacos. Además, el aprovechamiento de bacterias como biofábricas y el uso de sustratos agroindustriales fortalecen su producción a nivel industrial desde una perspectiva biotecnológica y sostenible. En conjunto, los EPS bacterianos representan una verdadera revolución natural en biomateriales, con el potencial de transformar el futuro de la medicina hacia tratamientos más seguros, accesibles y personalizados.

Referencias

Amini, S., Salehi, H., Setayeshmehr, M., & Ghorbani, M. (2021). Natural and synthetic polymeric scaffolds used in peripheral nerve tissue engineering: Advantages and disadvantages. *Polymers for Advanced Technologies*, 32(6), 2267-2289. <https://doi.org/10.1002/pat.5263>

Flores-Maciel, H. A., Cordero-Soto, I. N., Martínez-Herrera, R. E., Ochoa-Martínez, L. A., & Rutiaga-Quiñones, O. M. (2024). Importancia de las bacterias ácido lácticas como productoras de exopolisacáridos. *Agraria*, 21(2), 5-11. <https://doi.org/10.59741/agraria.v21i2.3>

Liu, L., Zhang, X., Yin, L., Zhang, H., Li, J., & Ma, Y. (2025). Advances and challenges in bioproduction of microbial exopolysaccharides: Synthesis mechanisms, engineering strategies, and future perspectives. *Carbohydrate Polymers*, 367, 124010. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.124010>

Méndez-Díaz, D. P., Gutiérrez-Miceli, F. A., Ventura-Canseco, L. M. C., Abud-Archila, M., Valdez-Salas, B., Morales-Ruiz, M. C., & Luján-Hidalgo, M. C. (2023). Caracterización estructural y funcional de nanopartículas de ZnO-EPS sintetizadas a partir de exopolisacáridos producidos por *Lactiplantibacillus fabifermentans* BAL-27-ITTG. *Biotecnia*, 25(3), 55-64. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v25i3.1950>

Mohd Nadzir, M., Nurhayati, R. W., Idris, F. N., & Nguyen, M. H. (2021). Biomedical applications of bacterial exopolysaccharides: a review. *Polymers*, 13(4), 530. <https://doi.org/10.3390/polym13040530>

Información de los autores



Joseph Guevara-Luna (Primer autor)

Doctor en Ciencias Quimicobiológicas por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN. Miembro del SNII nivel 1. Es profesor de Asignatura A en la ENCB impartiendo la materia de Biotecnología Microbiana. El Dr. Guevara se centra en la identificación y caracterización (mecanismos de adaptación) de microorganismos aislados de ambientes extremos. Además, de estudiar la aplicación biotecnológica e industrial de los metabolitos que pueden producir. Por otro lado, también participa en la descripción de nuevas especies bacterianas utilizando un enfoque polifásico.



Ivan Arroyo Herrera (Autor para correspondencia)

Doctor en Ciencias Quimicobiológicas por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN. Miembro del SNII nivel 1. Es profesor de Asignatura A en la ENCB impartiendo la materia de Biología Molecular. El Dr. Arroyo se especializa en el estudio biotecnológico y taxonómico de bacterias aisladas de ambientes contaminados principalmente con metales tóxicos. Además, estudia la aplicación de los metabolitos en sectores agroindustriales y farmacéuticos.