



Artículo de divulgación

<https://doi.org/10.61767/mjte.002.3.0411>

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

Recibido: 04-12-2023

Revisado: 06-12-2023

Aceptado: 19-12-2023

Publicado: 22-12-2023

APLICACIÓN DE LOS BIOSURFACTANTES EN LA VIDA DIARIA

APPLICATION OF BIOSURFACTANTS IN DAILY LIFE

A. Domínguez-Rivera^{1,*} y G. Saucedo-Castañeda¹

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Iztapalapa. Departamento de Biotecnología. San Rafael Atlixco No. 186. Col. Vicentina. Iztapalapa, Ciudad de México. C.P. 09310.

Correspondencia: angydom15@gmail.com

Resumen

Los surfactantes microbianos, son metabolitos secundarios producidos por bacterias, levaduras y hongos filamentosos. Debido a las propiedades funcionales conferidas por su naturaleza anfipática y su disposición estructural, exhiben una variedad de propiedades fisicoquímicas, que incluyen una excelente actividad superficial, una concentración micelar crítica eficiente, propiedades humectantes, capacidades de formación de espuma y microemulsiones, además de presentar actividades biológicas como antibacterianos, antifúngicos, antipelículas, anticancerígenos, inmunomoduladores y neurológicos, lo que los convierte en productos valiosos para posibles aplicaciones biomédicas y farmacéuticas y en una realidad comercial en productos cosméticos y de cuidado personal.

Palabras clave: biosurfactantes, aplicaciones médicas, cuidado personal, cosméticos.

Abstract

Microbial surfactants are secondary metabolites produced by bacteria, yeasts, and filamentous fungi. Due to the functional properties conferred by their amphipathic nature and structural arrangement, they exhibit a variety of physicochemical properties, including excellent surface activity, efficient critical micelle concentration, wetting properties, foaming and microemulsifying capabilities, in addition to exhibiting biological activities such as antibacterial, antifungal, antifilm, anticancer, immunomodulatory and neurological, which makes them valuable products for possible biomedical and pharmaceutical applications and a commercial reality in cosmetic and personal care products.

Keywords: biosurfactants, medical applications, personal care, cosmetics.



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

1. Introducción

Los surfactantes microbianos o biosurfactantes (BS), son metabolitos secundarios producidos por bacterias, levaduras y hongos filamentosos (Fenibo et al., 2019). Estructuralmente están compuestos por una cabeza hidrofílica y una cola hidrofóbica. Gracias a su estructura anfifílica tienen la capacidad de reducir la tensión superficial entre interfaces con polaridades diferentes (líquido-aire, líquido-líquido o líquido-sólido) y formar micelas en soluciones acuosas (Figura 1).

Los BS son típicamente clasificados con base a su origen microbiano y estructura química como glicolípidos, lipopéptidos, ácidos grasos, surfactantes poliméricos y surfactantes particulados. Los glicolípidos son los más estudiados, entre ellos se encuentran los ramnolípidos, trehalolípidos, soforolípidos y lípidos de manosileritritol y entre los lipopeptidos, la surfactina es la más estudiada.

Debido a las propiedades funcionales conferidas por su naturaleza anfipática y su disposición estructural, los BS exhiben una variedad de

propiedades fisicoquímicas, que incluyen una excelente actividad superficial, una concentración micelar crítica (CMC) eficiente, propiedades humectantes, capacidades de formación de espuma y microemulsiones (Banat et al., 2010), además de ofrecer ventajas adicionales como alta biodegradabilidad, baja toxicidad, ser selectivos y activos bajo condiciones extremas de pH, temperatura y salinidad. Así mismo, su composición química se puede modificar mediante ingeniería genética, y pueden ser producidos a base de materias primas renovables. Hoy en día, los BS están presentes en el estilo de vida de los humanos, como cosméticos, aditivos alimentarios y detergentes. También se utilizan ampliamente en los sectores petrolero, médico, farmacéutico, agrícola y medioambiental (Figura 2). En este artículo se abordarán algunas características prometedoras de los BS en el campo de la medicina y farmacéutica; así como avances para mejorar productos cosméticos y de cuidado personal.

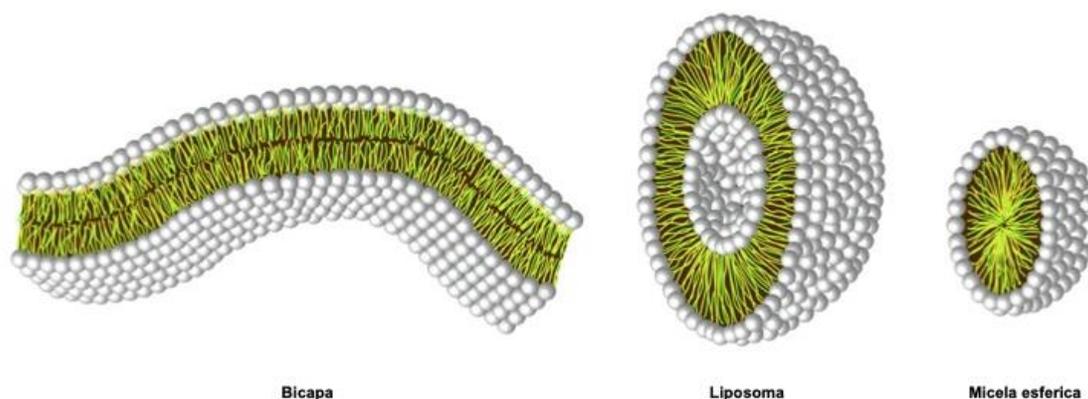


Figura 1. Sección transversal de formas micelares.



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

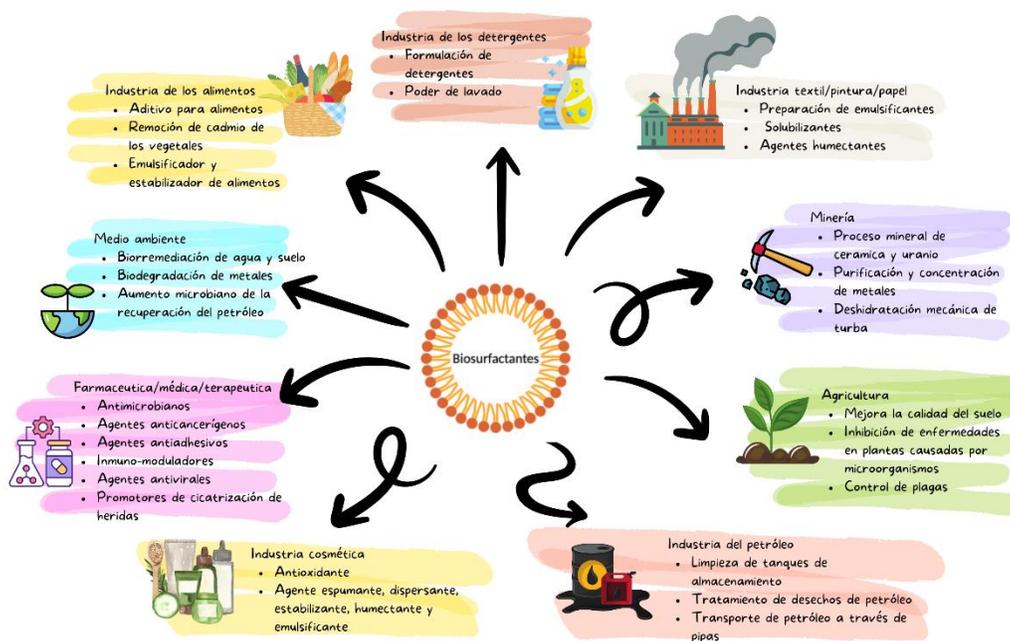


Figura 2. Algunas aplicaciones potenciales de los biosurfactantes en distintos campos industriales (figura adaptada de Pardhi et al., 2022), con ciertas modificaciones.

2. Aplicaciones de los biosurfactantes

Debido a sus propiedades multifuncionales, sostenibilidad y biodegradabilidad, numerosos estudios han explorado las posibles aplicaciones de los BS en diversos campos industriales.

2.1. Medicina y farmacéutica

Gracias a sus características anfífilas, los BS ingresan a la membrana lipídica a través de interacciones hidrofóbicas, resultando en cambios físicos en la membrana o alteraciones en las conformaciones de las proteínas de la membrana, afectando así funciones importantes como el transporte y la producción de energía, e incrementando la permeabilidad de la membrana, lo que provoca fugas metabólicas y su deterioro (Inès & Dhouha, 2015). Dicha propiedad resulta en diferentes actividades biológicas de los BS, incluidas actividades antibacterianas y antifúngicas (Sharma et al.,

2021), así mismo ayudan a prevenir la formación de películas (Adu et al., 2020), además de tener propiedades anticancerígenas, inmunológicas y neurológicas (Ceresa et al., 2021), lo que convierte a los BS en productos muy valiosos para posibles aplicaciones biomédicas.

Los BS actúan como factores de virulencia y moléculas quorum-sensing, regulando la expresión de otros factores de virulencia, tales como la formación, mantenimiento y dispersión de biopelículas. Asimismo, son cruciales para mantener canales para el intercambio de gases y nutrientes a través de la superficie y estructura de las biopelículas. Impiden la capacidad de las células para adherirse a las superficies afectando la naturaleza hidrófila de la membrana celular, perforando las membranas y limitando el paso de la cadena de transporte electrones, disminuyendo así la necesidad energética de las células (Satputea et al., 2016). Implantes médicos como los catéteres urinarios y los implantes



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

óseos pueden recubrirse con BS para prevenir la formación de biopelículas.

Los lipopéptidos y los glicolípidos, son de interés particular, ya que además de las propiedades biológicas descritas anteriormente, también pueden aumentar la conductancia eléctrica de las membranas lipídicas bimoleculares e inhibir la formación de coágulos de fibrina. Además, con su capacidad para disminuir las tensiones superficiales aumentan las interacciones hidrófilas/hidrófobas pudiéndose usar como agentes antiadhesivos/antibiopelículas en dispositivos médicos y aplicaciones en trasplantes (Marqués et al., 2021). Mediante ingeniería genética a partir del mecanismo de biosíntesis del lipopéptido surfactina, se produjo un lipopéptido con un aumento en la inhibición del crecimiento de células bacterianas y actividad hemolítica reducida, surgiendo con ello la posibilidad de mejorar sus aplicaciones terapéuticas asociadas con la formación de biopelículas que se adhieren a la superficie del biomaterial, reduciendo así su formación en catéteres venosos centrales, catéteres urinarios, prótesis valvulares cardíacas, prótesis fonatorias y dispositivos ortopédicos (Symmank et al., 2002). Así mismo se ha demostrado la eficacia antimicrobiana de los soforolípidos ácidos contra agentes infecciosos nosocomiales Gram negativos como *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* a una concentración tan baja como 5 mg/ml, planteando así la hipótesis de una sinergia de los BS con antibióticos convencionales para aumentar la tasa de permeabilidad de los antibióticos a través de la membrana de células microbianas, logrando así un mayor efecto antimicrobiano (Lydon et al., 2017).

Debido también a sus propiedades anfifílicas, ha sido demostrado que los BS son capaces de mediar la interacción con el dominio hidrofóbico dentro de la membrana lipídica de los virus envueltos, promoviendo el rompimiento de la membrana (Rodrigues et al., 2006).

Diferentes aplicaciones basadas en BS han sido reportadas, incluidos portadores de fármacos de

base micro/nano, microesferas, micro/nano emulsiones, liposomas, nanopartículas lipídicas sólidas y sistemas de administración de fármacos autoemulsionantes, hidrogeles y micelas poliméricas (Silverman & Boehm, 2021).

También, los BS han demostrado potencial para el tratamiento del cáncer, al regular ciertas funciones en las células de los mamíferos que resultan en la inhibición de la proliferación, viabilidad y migración celular (Gudiña et al., 2013). Un estudio demostró que glicolípidos del tipo monoramnolípidos y soforolípidos tienen un efecto citotóxico significativo sobre las células de melanoma maligno (SK-MEL-28) en piel humana y la capacidad de inhibir la proliferación y supervivencia de las células tumorales, además de inducir la muerte celular en las células de melanoma mediante necrosis e inhibir significativamente la migración de las células de melanoma, lo que indica su potencial como agentes antimetastásicos, sugiriendo así el uso potencial para nuevas terapias contra el cáncer de piel y su uso como reemplazo de los surfactantes sintéticos en la fabricación de protectores solares (Adu et al., 2023). Otros estudios han corroborado su uso como moléculas alternativas para el tratamiento de diversos tipos de cáncer, incluidos los de páncreas, mama, cuello uterino, oral, colon, pulmón e hígado (Dan et al., 2021).

Asimismo, los BS han mostrado actividad inmunomoduladora, pudiendo actuar como ligandos, uniéndose a las células inmunitarias e influyendo en su activación y función. Se ha reportado que los ramnolípidos pueden actuar como inmunomoduladores y regular la respuesta inmune humoral y celular, lo que lleva a la liberación de citocinas proinflamatorias (Thakur et al., 2021). También los soforolípidos han exhibido propiedad inmunomoduladora al reducir las citocinas inflamatorias y aumentar las citocinas antiinflamatorias en modelos animales (Daverey et al., 2021). Derivado de sus diversas actividades biológicas los BS tienen un gran potencial para el desarrollo de inmunoterapias, adyuvantes de vacunas y otras aplicaciones terapéuticas en el campo de la inmunología.



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

2.2. Cuidado personal y cosméticos

Los cosméticos y productos de cuidado personal están presentes en la vida diaria de las personas en forma de jabón, pasta de dientes, champú, cremas, maquillaje y bloqueadores solares, entre otros. Debido a la propiedad anfifílica de los BS, se producen cambios de tensión superficial, que tienen efecto sobre el comportamiento de la espuma o la solubilización de aceites y grasas en soluciones, lo que hace que los BS desempeñen un papel importante en las formulaciones cosméticas, ya que sirven como agentes humectantes, solubilizantes, dispersantes, espumantes y formadores de emulsiones. La función emulsificante, es probablemente la propiedad más importante en la formulación de cosméticos, porque las emulsiones tienen ventajas considerables sobre otro tipo de preparaciones debido a su fácil aplicación, y utilización simultánea de sustancias liposolubles e hidrosolubles (Banat et al., 2010). Los productos cosméticos y de cuidado personal están formulados para proporcionar nutrientes y protección de la piel, mejorar las funciones de barrera, inhibir el crecimiento de patógenos, e hidratar la superficie de la piel (Heinrich et al., 2014). Los BS tienen importantes propiedades fisicoquímicas potenciales valiosas para el mantenimiento de la salud de la piel, por ejemplo, sus puntas de ácidos grasos son eficaces para hidratar las pieles ásperas y superficies de la piel seca. Además, la hidrólisis de los triglicéridos en la cadena de ácidos grasos de los BS podría ayudar a mantener el pH ácido de la piel, favoreciendo así la adherencia de la microbiota cutánea residente y desalentando el crecimiento de microbios patógenos de la piel para mantener un microbioma cutáneo saludable. Además, los ácidos podrían actuar como antioxidantes para prevenir la generación de radicales libres por la luz ultravioleta (Banat et al., 2010; Timm et al., 2020). La propiedad antimicrobiana de los BS en su efecto anti-biopelícula, es también importante ya que las infecciones cutáneas asociadas a biopelículas incluyen dermatitis atópica, acné común, heridas crónicas e impétigo. Se ha demostrado que los soforolípidos tienen efecto

bactericida contra patógenos de la piel como *Staphylococcus aureus* y *Cutibacterium acnes*, lo que los ha hecho deseables para su incorporación en formulaciones para el tratamiento del acné común y olor corporal (Varvaresou y Iakovou, 2015). También se han reportado mejoras en las propiedades de champú anticasca con el uso de BS (Mawani et al., 2023), productos anti acné (Filipe et al., 2022), efectos anticancerígenos sobre células de piel (Adu et al., 2022), hidratantes y antimicrobianos de piel (Ceresa et al., 2020; Liu et al., 2022), entre otras aplicaciones.

Hoy en día, glicolípidos como los ramnolípidos y soforolípidos están siendo comercializados en productos cosméticos y de cuidado de la salud. Algunos de los productos comercializados en la actualidad son: Sopholiance®S, un desodorante, limpiador facial, gel de ducha y desmaquillante formulado con soforolípidos y comercializado por Givaudan, también ACS y BASF ofrecen BioToLife™, un producto con actividad antimicrobiana y cuidado del cuero cabelludo y piel, Kao Co. Ltd., Japón, comercializa soforolípidos como humectante en labiales e hidratantes de cabello y piel, Locus Ingredients, de Ohio EE. UU. ofrece Ferma®S, soforolípidos de alta pureza para formulaciones de productos cosméticos y de cuidado personal, Kanebo skincare produce un hidratante, limpiador y filtro UV con lípidos de manosileritrol, AGAE Technologies, EE. UU. comercializa ramnolípidos para aplicación en el campo cosmético y cuidado personal, entre otros y Dessert essence comercializa un limpiador facial con el lipopéptido surfactina. Además, algunas firmas de cosmética en EE. UU. han desarrollado y comercializado productos a base de lipopéptidos que muestran un efecto directo sobre la estimulación de la producción de colágeno y elastina (Mandal et al., 2013) y la empresa química alemana Evonik, está desarrollando tecnologías para la producción de ramnolípidos para su aplicación como promotores de espuma en productos cosméticos.



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

3. Conclusiones

Sin lugar a duda, los BS representan una alternativa potencial para sustituir a los surfactantes sintéticos en formulaciones para el cuidado de la piel y la industria farmacéutica. Como agentes multifuncionales y ambientalmente amigables, los BS representan una alternativa sustentable en la producción a gran escala. Aunque ya sea una realidad la comercialización de algunos productos para el cuidado de la salud y productos cosméticos a base de BS, aún queda un largo camino de investigación para comprender en su totalidad los mecanismos de acción de los BS en la piel y cuerpo humano, para poder ampliar la comercialización de productos a base de surfactantes microbianos y en un futuro comercializar también productos farmacéuticos, que además de ser más efectivos, estén mejor adaptados a las necesidades individuales.

4. Referencias

1. Adu, S. A., Naughton, P. J., Marchant, R., & Banat, I. M. (2020). Microbial biosurfactants in cosmetic and personal skincare pharmaceutical formulations. *Pharmaceutics*, 12(11), 1–21. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12111099>
2. Adu, S. A., Twigg, M. S., Naughton, P. J., Marchant, R., & Banat, I. M. (2022). Biosurfactants as Anticancer Agents: Glycolipids Affect Skin Cells in a Differential Manner Dependent on Chemical Structure. *Pharmaceutics*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14020360>
3. Adu, S. A., Twigg, M. S., Naughton, P. J., Marchant, R., & Banat, I. M. (2023). Characterisation of cytotoxicity and immunomodulatory effects of glycolipid biosurfactants on human keratinocytes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 107(1), 137–152. <https://doi.org/10.1007/s00253-022-12302-5>
4. Banat, I. M., Franzetti, A., Gandolfi, I., Bestetti, G., Martinotti, M. G., Fracchia, L., Smyth, T. J., & Marchant, R. (2010). Microbial biosurfactants production, applications and future potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(2), 427–444. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2589-0>
5. Ceresa, C., Fracchia, L., Fedeli, E., Porta, C., & Banat, I. M. (2021). Recent Advances in Biomedical, Therapeutic and Pharmaceutical Applications of Microbial Surfactants. *Pharmaceutics*, 13(4), 466. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13040466>
6. Ceresa, C., Hutton, S., Lajarin-Cuesta, M., Heaton, R., Hargreaves, I., Fracchia, L., & De Rienzo, M. A. D. (2020). Production of Mannosylerythritol Lipids (MELs) to be Used as Antimicrobial Agents Against *S. aureus* ATCC 6538. *Current Microbiology*, 77(8), 1373–1380. <https://doi.org/10.1007/s00284-020-01927-2>
7. Dan, A. K., Manna, A., Ghosh, S., Sikdar, S., Sahu, R., Parhi, P. K., & Parida, S. (2021). Molecular mechanisms of the lipopeptides from *Bacillus subtilis* in the apoptosis of cancer cells - A review on its Current Status in different cancer cell lines. *Advances in Cancer Biology - Metastasis*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.adcanc.2021.100019>
8. Daverey, A., Dutta, K., Joshi, S., & Daverey, A. (2021). Sophorolipid: a glycolipid biosurfactant as a potential therapeutic agent against COVID-19. *Bioengineered*, 12(2), 9550–9560. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1997261>



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

9. Fenibo, E. O., Ijoma, G. N., Selvarajan, R., & Chikere, C. B. (2019). Microbial surfactants: The next generation multifunctional biomolecules for applications in the petroleum industry and its associated environmental remediation. *Microorganisms*, 7(11). <https://doi.org/10.3390/microorganisms7110581>
10. Filipe G. A., Bigotto B. G., Baldo M.C., Gonçalves M.C., Kobayashi R. K. T., Lonni A.A. S. G., & Celligoi M. A. P. C. (2022). Development of a multifunctional and self-preserving cosmetic formulation using sophorolipids and palmarosa essential oil against acne-causing bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 133(3), 1534–1548.
11. Gudiña, E. J., Rangarajan, V., Sen, R., & Rodrigues, L. R. (2013). Potential therapeutic applications of biosurfactants. *Trends in Pharmacological Sciences*, 34(12), 667–675. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2013.10.002>
12. Heinrich, K., Heinrich, U., & Tronnier, H. (2014). Influence of different cosmetic formulations on the human skin barrier. *Skin Pharmacology and Physiology*, 27(3), 141–147. <https://doi.org/10.1159/000354919>
13. Inès, M., & Dhouha, G. (2015). Lipopeptide surfactants: Production, recovery and pore forming capacity. *Peptides*, 71, 100–112. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2015.07.006>
14. K. Satputea, S., G. Banpurkar, A., M. Banat, I., N. Sangshetti, J., H. Patil, R., & N. Gade, W. (2016). Multiple Roles of Biosurfactants in Biofilms. *Current Pharmaceutical Design*, 22(11), 1429–1448. <https://doi.org/10.2174/1381612822666160120152704>
15. Liu, P., Hu, T., Kang, C., Liu, J., Zhang, J., Ran, H., Zeng, X., & Qiu, S. (2022). Research Advances in the Treatment of Allergic Rhinitis by Probiotics. *Journal of Asthma and Allergy*, 15, 1413–1428. <https://doi.org/10.2147/JAA.S382978>
16. Lydon, H. L., Baccile, N., Callaghan, B., Marchant, R., Mitchell, C. A., & Banat, I. M. (2017). Adjuvant antibiotic activity of acidic sophorolipids with potential for facilitating wound healing. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 61(5). <https://doi.org/10.1128/AAC.02547-16>
17. Mandal, S. M., Barbosa, A. E. A. D., & Franco, O. L. (2013). Lipopeptides in microbial infection control: Scope and reality for industry. *Biotechnology Advances*, 31(2), 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.01.004>
18. Marqués, A. M., Pérez, L., Farfán, M., Pinazo, A., Sarma, H., & Prasad, M. N. V. (2021). Green Surfactants: Production, Properties, and Application in Advanced Medical Technologies. In H. Sarma & M. N. V. Prasad (Eds.), *Biosurfactants for a Sustainable Future: Production and Applications in the Environment and Biomedicine* (pp. 207–243).
19. Mawani J.S., Mali S.N., & Pratap A.P. (2023). Formulation and evaluation of antidandruff shampoo using mannosylerythritol lipid (MEL) as a bio-surfactant. *Tenside Surfactants Detergents*, 60(1), 44–53.
20. Pardhi, D. S., Panchal, R. R., Raval, V. H., Joshi, R. G., Poczai, P., Almalki, W. H., & Rajput, K. N. (2022). Microbial surfactants: A journey from fundamentals to recent advances. *Frontiers in Microbiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.982603>
21. Rodrigues, L., Banat, I. M., Teixeira, J., & Oliveira, R. (2006). Biosurfactants: Potential applications in medicine. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 57(4), 609–618. <https://doi.org/10.1093/jac/dkl024>



Artículo de divulgación

Domínguez-Rivera y Saucedo-Castañeda, 2023

22. Sharma, J., Sundar, D., & Srivastava, P. (2021). Biosurfactants: Potential Agents for Controlling Cellular Communication, Motility, and Antagonism. *Frontiers in Molecular Biosciences*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmolb.2021.727070>
23. Silverman, A. I., & Boehm, A. B. (2021). Systematic Review and Meta-Analysis of the Persistence of Enveloped Viruses in Environmental Waters and Wastewater in the Absence of Disinfectants. *Environmental Science and Technology*, 55(21), 14480–14493. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c03977>
24. Symmank, H., Franke, P., Saenger, W., & Bernhard, F. (2002). Modification of biologically active peptides: production of a novel lipohexapeptide after engineering of *Bacillus subtilis* surfactin synthetase. *Protein Engineering*, 15(11), 913–921. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/protein/15.11.913>
25. Thakur, P., Saini, N. K., Thakur, V. K., Gupta, V. K., Saini, R. V., & Saini, A. K. (2021). Rhamnolipid the Glycolipid Biosurfactant: Emerging trends and promising strategies in the field of biotechnology and biomedicine. *Microbial Cell Factories*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01497-9>
26. Timm, C. M., Loomis, K., Stone, W., Mehoke, T., Brensinger, B., Pellicore, M., Staniczenko, P. P. A., Charles, C., Nayak, S., & Karig, D. K. (2020). Isolation and characterization of diverse microbial representatives from the human skin microbiome. *Microbiome*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40168-020-00831-y>
27. Varvaresou, A., & Iakovou, K. (2015). Biosurfactants in cosmetics and biopharmaceuticals. *Letters in Applied Microbiology*, 61(3), 214–223. <https://doi.org/10.1111/lam.12440>