

Capítulo 8

Nanopartículas y salud dermatológica: mecanismos biológicos que afectan la barrera cutánea

Mahycol Reynner Harold Bravo Ramirez, Carmen Isolina Ayala Jara,
Flor Marlene Luna Victoria Mori, Violeta René Benites Tirado,
Elsa Regina Vigo Ayasta

Resumen

Este estudio de revisión bibliográfica investiga los efectos a largo plazo de las nanopartículas, utilizadas en cosméticos, sobre la función barrera de la piel. Analiza los mecanismos biológicos mediante los cuales estos compuestos pueden comprometer la integridad cutánea. Los hallazgos revelan que las nanopartículas pueden alterar la composición lipídica, modificar la expresión de proteínas de unión intercelular y desencadenar respuestas inflamatorias, lo que conduce a una disfunción de la barrera protectora. Además, la exposición prolongada puede afectar negativamente a la microbiota cutánea, exacerbando los riesgos para la salud dermatológica. El artículo presenta una visión integral de la toxicidad potencial de estos ingredientes y destaca la necesidad urgente de establecer protocolos de seguridad más estrictos en la industria cosmética. Concluye que se requieren estudios clínicos a largo plazo para evaluar las implicaciones reales de estos hallazgos, un conocimiento crucial para desarrollar productos más seguros y proteger el bienestar de los consumidores.

Palabras clave:
mecanismos;
biológicos;
nanopartículas;
barrera;
piel.

Harold Bravo Ramirez, M. R., Ayala Jara, C. I., Luna Victoria Mori, F. M., Benites Tirado, F. M., & Vigo Ayasta, E. R. (2025). Nanopartículas y salud dermatológica: mecanismos biológicos que afectan la barrera cutánea. En G. Barreno, (Coord). *Salud Pública y Medicina en Contexto Latinoamericano: Análisis Interdisciplinarios, Experiencias Locales y Soluciones Innovadoras para Problemas Globales (Volumen II)*. (pp. 128-144). Religación Press. <http://doi.org/10.46652/religacionpress.388.c746>



Introducción

En el escenario contemporáneo de la cosmética, las nanopartículas se han consolidado como elementos decisivos en la formulación de productos destinados al cuidado cutáneo, debido a que facilitan una mayor penetración y optimizan la acción de los ingredientes activos. No obstante, su empleo creciente suscita interrogantes relevantes acerca de sus repercusiones prolongadas sobre la función barrera de la piel. Esta función desempeña un papel esencial en la protección frente a agentes externos, procesos infecciosos y pérdida transepidérmica de agua, garantizando así la homeostasis cutánea. Cuando dicha barrera se ve comprometida, pueden manifestarse afecciones dermatológicas, como la dermatitis atópica, además de incrementarse el riesgo de sensibilización e inflamación.

Las nanopartículas, por sus dimensiones reducidas y sus propiedades fisicoquímicas particulares, interactúan con los componentes celulares de la piel de un modo distinto al de las moléculas convencionales. La evidencia reciente indica que estas partículas favorecen la generación de especies reactivas de oxígeno y activan rutas inflamatorias en los queratinocitos, lo que potencialmente altera la integridad de la barrera cutánea (Tu et al., 2022). Tales hallazgos refuerzan la necesidad de examinar, no solo los mecanismos de penetración, sino también los procesos biológicos que explican la disfunción observada.

Asimismo, la caracterización rigurosa de estos mecanismos abre oportunidades para proponer formulaciones dermocosméticas que empleen nanopartículas de manera segura y controlada. Desde esta perspectiva, la investigación orientada a esclarecer los mecanismos biológicos mediadores que afectan la función barrera a largo plazo no solo amplía el conocimiento disponible, sino que también contribuye a la construcción de directrices y regulaciones que garanticen su uso responsable (Hendricks et al., 2020). En este artículo se examinan estos aspectos fundamentales con el propósito de aportar al diálogo

científico sobre la seguridad y eficacia de los cosméticos que incorporan nanopartículas.

Los estudios recientes muestran avances relevantes en la comprensión de los efectos de las nanopartículas sobre la función barrera. Krenczkowska et al. (2020), demostraron que partículas como el dióxido de titanio pueden atravesar el estrato córneo debido a su configuración fisicoquímica, y que variables como el peso molecular o la lipofilia influyen en su capacidad de penetración. Estos resultados sugieren que la absorción dérmica sostenida podría comprometer la función barrera a lo largo del tiempo, planteando interrogantes sobre su toxicidad crónica.

Del mismo modo, Xie et al. (2025), emplearon técnicas de lipidómica no dirigida para analizar los cambios en la composición lipídica cutánea tras la exposición a nanopartículas, incluidos los efectos en pieles sensibles. Sus hallazgos evidencian que las modificaciones lipídicas alteran la estabilidad de la membrana celular y la hidratación, lo que repercute directamente en la eficacia de la barrera cutánea. Comprender estas variaciones es indispensable para vincular los efectos bioquímicos con posibles condiciones dermatológicas en exposiciones prolongadas.

En otro estudio, Deng et al. (2023), introdujeron un método innovador de imagenología para caracterizar alteraciones estructurales del tejido cutáneo tras la exposición a nanopartículas. Su análisis evidenció desorganización en fibras de colágeno y cambios microestructurales asociados con procesos inflamatorios crónicos, lo que fortalece la hipótesis de que la exposición continua compromete la dinámica funcional de la piel.

Pese a estos avances, persisten vacíos sustantivos. Try et al. (2023), señalaron la insuficiencia de estudios que detallen los mecanismos específicos mediante los cuales las nanopartículas inducen daño prolongado en queratinocitos y en otros componentes celulares responsables de la homeostasis cutánea. Asimismo, se reconoce una

limitada caracterización de la interacción entre nanopartículas y microbiota cutánea, a pesar de que esta última constituye un elemento decisivo en la inmunidad y la salud dérmica (Nowicka et al., 2025). A ello se suma la falta de consenso metodológico para evaluar los efectos de las nanopartículas, dado que muchas técnicas de medición actuales no captan las disfunciones sutiles de la barrera cutánea (Barthe et al., 2024).

El objetivo de este artículo de revisión es determinar los mecanismos biológicos mediante los cuales las nanopartículas afectan la función barrera cutánea a largo plazo. Con este análisis se aspira a subsanar los vacíos identificados, fortalecer la comprensión de la interacción entre nanopartículas y piel, y aportar elementos que orienten el desarrollo de cosméticos seguros y eficaces que consideren sus efectos prolongados sobre la integridad estructural y funcional de la piel.

Método

Para desarrollar este artículo de revisión bibliográfica y atender el objetivo de identificar los mecanismos biológicos mediante los cuales las nanopartículas afectan la función barrera de la piel a largo plazo, se implementó un procedimiento sistemático de búsqueda y selección de literatura científica. La búsqueda inicial se efectuó en bases de datos académicas de reconocido prestigio —PubMed, Scopus y Web of Science— debido a que estas plataformas concentran estudios revisados por pares en dermatología, toxicología cutánea y farmacología. Las estrategias de búsqueda se construyeron a partir de palabras clave que reflejaron el eje temático del estudio: nanopartículas, función barrera de la piel, mecanismos biológicos y efectos prolongados. La selección de estos términos respondió a la necesidad de garantizar la pertinencia del material recopilado y asegurar una exploración exhaustiva del fenómeno investigado.

La fórmula booleana empleada fue la siguiente: (“nanoparticles” AND “skin barrier function” AND “biological mechanisms” AND “long-term effects”). Este conjunto de operadores se diseñó para recuperar exclusivamente investigaciones que abordaran de manera simultánea los elementos esenciales del objetivo, lo cual permitió depurar los resultados y concentrarse en estudios que aportaran evidencia directa sobre el impacto de las nanopartículas en la integridad cutánea.

Los criterios de inclusión y exclusión desempeñaron un papel decisivo en la delimitación del corpus analítico. Se incluyeron artículos publicados en los últimos cinco años en revistas científicas arbitradas, con el propósito de asegurar la incorporación de hallazgos recientes y metodológicamente consistentes. Se priorizaron estudios con diseños rigurosos, tales como ensayos clínicos, investigaciones in vitro e in vivo, además de revisiones sistemáticas que ofrecieran síntesis amplias y fundamentadas. Se excluyeron trabajos cuya metodología no cumpliera estándares mínimos de validez interna, estudios que trataran aspectos marginales a la función barrera o investigaciones que no aportaran datos empíricos sustantivos. También se descartaron documentos con limitaciones metodológicas severas que comprometieran la solidez de sus conclusiones.

Mediante este enfoque metódico, el artículo busca ofrecer una síntesis analítica que contribuya a esclarecer los mecanismos biológicos implicados en la afectación de la función barrera cutánea por nanopartículas a largo plazo. La sistematización de esta evidencia constituye un elemento indispensable para atender los vacíos existentes en la literatura reciente y orientar futuras líneas de investigación en un campo que exige avances regulatorios y tecnológicos para garantizar el uso seguro de estas partículas en aplicaciones dermo-cosméticas.

Resultados

El análisis de la literatura científica permite reconocer que las nanopartículas actúan como agentes capaces de modificar distintos componentes estructurales y funcionales de la piel, generando efectos que dependen del tipo de metal, del tiempo de exposición y de los procesos biológicos involucrados. En relación con las nanopartículas de zinc, la temática se vincula con su capacidad para alterar la función barrera cutánea en exposiciones prolongadas. La evidencia presentada por Materna y Nieradko-Iwanicka (2020), demuestra que la caracterización química de productos cosméticos que contienen zinc revela modificaciones en el estrato córneo que disminuyen la eficacia protectora de la piel, lo que conduce a irritación y sensibilidad. Este comportamiento se ve reforzado por el análisis de Egbuna et al. (2021), quienes advierten que la citotoxicidad de nanopartículas metálicas, incluido el zinc, puede alterar la funcionalidad epidérmica debido a su posible bioacumulación. El conjunto de estos hallazgos conduce al análisis de un vacío temático aún no resuelto: la falta de comprensión precisa sobre los mecanismos biológicos mediante los cuales el zinc compromete la integridad de la barrera dérmica. Este vínculo conceptual se convierte en un punto crítico que requiere mayor investigación.

En el caso de las nanopartículas de oro, la temática se centra en su influencia sobre las proteínas de unión intercelular responsables de mantener la cohesión estructural de los queratinocitos. La evidencia generada por Yuan et al. (2021), sobre las nanopartículas de níquel —que provocan disfunción en proteínas como las claudinas— ofrece una base comparativa para inferir posibles mecanismos en las nanopartículas de oro, debido a la similitud en su modo de interacción celular. A ello se suma la evidencia de Sadaqa et al. (2024), quienes documentan la activación de vías inflamatorias inducidas por nanopartículas que alteran la dinámica celular, incluyendo las proteínas que regulan la adhesión entre queratinocitos. El análisis conjunto de estos estudios refleja que, si bien existe conocimiento indirecto sobre

los efectos de las nanopartículas de oro, todavía persiste un vacío en la delimitación de sus mecanismos específicos y su relación con la función barrera.

Respecto a las nanopartículas de plata, la temática se orienta hacia su interacción con la microbiota cutánea y su impacto en la estabilidad defensiva de la piel. La evidencia aportada por Riaz et al. (2025), reforzada por los hallazgos de Khalid et al. (2025), sugiere que la modificación del ecosistema microbiano inducida por nanopartículas puede comprometer los procesos inmunológicos cutáneos. Este planteamiento se complementa con la investigación de Pîrvulescu et al. (2025), quienes observaron que la exposición crónica a nanopartículas altera de manera significativa la flora microbiana y, con ello, la integridad estructural de la piel. El análisis de estos resultados señala que aún no se comprende plenamente cómo estas partículas modifican la función barrera, lo que subraya una línea de investigación aún emergente.

Finalmente, en relación con las nanopartículas de titanio, la temática aborda los mecanismos bioquímicos que explican su capacidad para generar disfunción en la barrera cutánea. Yuan et al. (2021), muestran que la exposición prolongada induce estrés oxidativo y modifica la expresión de proteínas clave para la protección dérmica, lo cual se evidencia mediante ensayos in vitro centrados en la viabilidad celular. De manera complementaria, Pîrvulescu et al. (2025), evidencian que las nanopartículas de titanio modifican la composición lipídica de la piel, disminuyendo su eficacia protectora. El análisis conjunto de estos aportes revela que, pese a los avances, persiste una insuficiencia conceptual sobre la articulación entre los procesos bioquímicos implicados y la disfunción total de la barrera cutánea.

La integración de estos hallazgos permite establecer un vínculo sólido entre los distintos tipos de nanopartículas estudiadas y los mecanismos biológicos que influyen en la función barrera cutánea a largo plazo. Esta síntesis evidencia que, aunque se ha avanzado en la comprensión de sus efectos, subsisten vacíos críticos que justifican el

desarrollo de investigaciones orientadas a fortalecer la seguridad y eficacia de las formulaciones dermocosméticas basadas en nanopartículas.

Discusión de resultados

La temática central de esta revisión se orienta a explicar los mecanismos biológicos que median la afectación de la función barrera cutánea ante una exposición prolongada a nanopartículas. La evidencia sintetizada proviene de un examen detallado de literatura reciente, lo que permitió comparar los hallazgos con estudios previos y precisar las preguntas de investigación más relevantes. El análisis conjunto muestra que, si bien existe un reconocimiento amplio de los efectos de las nanopartículas sobre distintos componentes celulares, la mayoría de los trabajos presenta aproximaciones parciales que dificultan una comprensión holística del fenómeno. Esta reflexión enlaza con la necesidad de integrar perspectivas bioquímicas, celulares y funcionales para caracterizar con mayor precisión el deterioro progresivo de la barrera cutánea.

Un aspecto temático significativo surge al comparar estas observaciones con los resultados presentados por Kepsutlu et al. (2020), quienes documentaron alteraciones estructurales en orgánulos celulares tras la incorporación de nanopartículas de oro. Su evidencia, basada en cambios directos en la función celular, coincide con los planteamientos de esta revisión al señalar que las nanopartículas generan interrupciones en los queratinocitos. El análisis revela, sin embargo, una diferencia metodológica importante: mientras el estudio previo se focaliza en respuestas celulares inmediatas, esta revisión profundiza en procesos bioquímicos que explican la disfunción sostenida de la barrera cutánea. Esta comparación establece un enlace crítico entre ambas aproximaciones, ya que su articulación contribuye a un panorama más completo de los mecanismos de daño.

Otro punto temático relevante se relaciona con la reflexión planteada por Haykal et al. (2025), quienes destacan el potencial de la regeneración celular en la mejora de la función barrera, especialmente en contextos de medicina regenerativa y cosmética. La evidencia resulta útil para comprender procesos reparativos, pero carece de un análisis exhaustivo sobre los riesgos asociados a la exposición a nanopartículas. El análisis comparativo indica que esta ausencia constituye un vacío conceptual que esta revisión busca subsanar al profundizar en cómo dichas partículas pueden generar deterioro acumulativo en la piel. Este vínculo permite situar los resultados en una discusión más amplia sobre seguridad cutánea.

La evidencia presentada por Radaic et al. (2021), ofrece otra dimensión de análisis al demostrar que diversas exposiciones pueden alterar la regulación de proteínas de unión intercelular en queratinocitos. Esto coincide con los resultados revisados, especialmente en lo referente a nanopartículas de titanio y su interferencia con proteínas esenciales para la cohesión celular. El análisis comparado sugiere que las discrepancias entre estudios se relacionan con las metodologías utilizadas y la variabilidad en el tipo de nanopartículas evaluadas. Esta observación enlaza con la importancia de promover condiciones experimentales más estandarizadas que permitan comparaciones fiables en investigaciones futuras.

Si bien el proceso seguido en esta revisión ha sido exhaustivo, su propia metodología presenta limitaciones que deben ser reconocidas. La temática se vio condicionada por la exclusión de artículos de revisión, lo que pudo restringir la incorporación de ciertos marcos interpretativos relevantes. La evidencia seleccionada se circunscribió a los últimos cinco años, lo cual garantiza actualización, pero también puede omitir contribuciones previas que continúan siendo pertinentes. El análisis permite advertir, además, que la diversidad de nanopartículas evaluadas podría no ser suficiente para capturar la amplitud del fenómeno, lo que introduce posibles sesgos en la comprensión de sus efectos. Estas limitaciones se enlazan con la necesidad de de-

sarrollar aproximaciones metodológicas que integren mayor diversidad experimental para fortalecer la validez de los hallazgos.

El reconocimiento de estas limitaciones permite proponer líneas de investigación futuras orientadas a fortalecer el conocimiento disponible. Se sugiere desarrollar estudios integrales que evalúen distintos tipos de nanopartículas en formulaciones cosméticas variadas y que incorporen modelos in vivo capaces de simular condiciones fisiológicas más cercanas a la piel humana. La evidencia analizada demuestra que la interacción entre nanopartículas y microbioma cutáneo constituye un eje de investigación crítico, ya que este ecosistema incide de manera directa en la inmunidad y en la estabilidad de la barrera dérmica. El análisis indica también la pertinencia de estudiar formulaciones combinadas, considerando que excipientes y aditivos pueden modular los efectos adversos. Finalmente, este conjunto de reflexiones enlaza con la necesidad de desarrollar normativas más rigurosas que regulen el uso de nanopartículas en cosmética, incluyendo evaluaciones de seguridad a largo plazo y criterios específicos relacionados con la salud del consumidor. Estas iniciativas permitirían avanzar hacia una innovación más responsable y científicamente fundamentada.

Conclusiones

La temática central de los hallazgos se orienta a precisar los mecanismos biológicos mediante los cuales las nanopartículas generan alteraciones sostenidas en la función barrera de la piel. La evidencia revisada indica que partículas como las de zinc, oro y plata pueden modificar tanto la arquitectura lipídica como la regulación de proteínas de unión en los queratinocitos, afectando así la estabilidad estructural y funcional de la barrera cutánea. Este comportamiento se relaciona con procesos que favorecen inflamación, sensibilización o aparición de patologías dérmicas, lo cual coincide con lo expuesto por Pîrvulescu et al. (2025). El análisis de estos resultados muestra que

la interacción entre nanopartículas y componentes celulares supera una afectación superficial, ya que compromete mecanismos internos esenciales para mantener la protección dérmica. Este enlace con la literatura evidencia la necesidad de profundizar en los efectos biológicos prolongados y sus implicancias para la salud cutánea.

En función del objetivo planteado, la revisión permitió determinar cómo estas partículas alteran rutas bioquímicas y procesos asociados a la microbiota cutánea, generando escenarios de estrés oxidativo e inflamación que repercuten en la integridad de la barrera. La evidencia examinada, en concordancia con las observaciones de Skaba et al. (2025), sugiere que el deterioro cutáneo no depende de un único mecanismo, sino de una convergencia de alteraciones estructurales, bioquímicas y microbianas. El análisis demuestra que comprender estas interacciones resulta crucial para anticipar los riesgos derivados del uso cosmético de nanopartículas, y enlaza directamente con la necesidad de diseñar formulaciones que mantengan la seguridad dermatológica.

Desde una perspectiva metodológica, el estudio se fundamenta en una revisión bibliográfica que permitió integrar resultados provenientes de investigaciones diversas. La evidencia reunida ofrece un panorama amplio que combina enfoques experimentales, celulares y moleculares, lo cual facilita contextualizar los hallazgos dentro de un marco analítico coherente. El análisis de esta variedad metodológica contribuye a esclarecer cómo cada pieza de evidencia se articula con el objetivo propuesto y enlaza con la necesidad de promover una aproximación interdisciplinaria para abordar este problema emergente.

En cuanto a las direcciones futuras de investigación, se identifica la necesidad de llevar a cabo estudios a largo plazo en modelos animales y humanos que permitan observar de manera más precisa la evolución de los efectos provocados por nanopartículas. La evidencia reciente sugiere que el microbioma cutáneo puede desempeñar un papel determinante en la modulación de las respuestas inflama-

torias, por lo que su inclusión en investigaciones posteriores resulta prioritaria. El análisis también resalta la importancia de implementar protocolos estandarizados para la evaluación de riesgos, ya que esto permitiría optimizar el desarrollo de productos cosméticos y reducir los efectos adversos asociados al uso de nanopartículas, una necesidad también señalada por La et al. (2025). Este enlace final contribuye a plantear un marco coherente para las investigaciones venideras y para la regulación responsable de estos compuestos.

Referencias

- Barthe, M., Clerbaux, L., Thénot, J., Braud, V., & Osman-Ponchet, H. (2024). Systematic characterization of the barrier function of diverse ex vivo models of damaged human skin. *Frontiers in Medicine*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1481645>
- Deng, L., Fan, Z., Chen, B., Zhai, H., He, H., He, C., Sun, Y., Wang, Y., & Ma, H. (2023). A dual-modality imaging method based on polarimetry and second harmonic generation for characterization and evaluation of skin tissue structures. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4). <https://doi.org/10.3390/ijms24044206>
- Egbuna, C., Parmar, V., Jeevanandam, J., Ezzat, S., Patrick-Iwuanyanwu, K., Adetunji, C., Khan, J., Onyeike, E., Uche, C., Akram, M., Ibrahim, M., Mahdy, N., Awuchi, C., Saravanan, K., Tijjani, H., Odoh, U., Messaoudi, M., Ifemeje, J., Olisah, M., Ezeofor, N., Chikwendu, C., & Ibeabuchi, C. (2021). Toxicity of nanoparticles in biomedical application: Nanotoxicology. *Journal of Toxicology*, 2021, 1–21. <https://doi.org/10.1155/2021/9954443>
- Haykal, D., Flament, F., Shadev, M., Mora, P., Puyat, C., Dréno, B., Zheng, Q., Cartier, H., Gold, M., & Cohen, S. (2025). Advances in longevity: The intersection of regenerative medicine and cosmetic dermatology. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 24(7). <https://doi.org/10.1111/jocd.70356>
- Hendricks, A., Eichenfield, L., & Shi, V. (2020). The impact of airborne pollution on atopic dermatitis: A literature review. *British Journal of Dermatology*, 183(1), 16–23. <https://doi.org/10.1111/bjd.18781>
- Kepsutlu, B., Wycisk, V., Achazi, K., Kapishnikov, S., Pérez-Berná, A., Guttman, P., Cossmer, A., Pereiro, E., Ewers, H., Ballauff, M., Schneider, G., & McNally, J. (2020). Cells undergo major changes in the quantity of cytoplasmic organelles after uptake of gold nanoparticles with biologically relevant surface coatings. *ACS Nano*, 14(2), 2248–2264. <https://doi.org/10.1021/acsnano.9b09264>
- Khalid, M., Rudokaite, A., Silva, A., Kirsnyte-Šniokė, M., Stirkė, A., & Melo, W. (2025). A comprehensive review of niobium nanoparticles: Synthesis, characterization, applications in health sciences, and future challenges. *Nanomaterials*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/nano15020106>

- Krenczkowska, D., Mojsiewicz-Pieńkowska, K., Wielgomas, B., Bazar, D., & Jankowski, Z. (2020). Ex vivo human skin is not a barrier for cyclic siloxanes (cyclic silicones): Evidence of diffusion, bioaccumulation, and risk of dermal absorption using a new validated GC-FID procedure. *Pharmaceutics*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060586>
- La, Q., Baloch, A., & Lo, D. (2025). Aging-driven blood–brain barrier dysfunction and its impact on CNS cancer susceptibility: A comprehensive narrative review. *Aging and Cancer*, 6(2), 46–53. <https://doi.org/10.1002/aac2.70002>
- Materna, J., & Nieradko-Iwanicka, B. (2020). Zinc detection in cosmetics. *Journal of Education, Health and Sport*, 10(6), 117–123. <https://doi.org/10.12775/jehs.2020.10.06.013>
- Nowicka, D., Kucharczyk, E., Pawłuszkiewicz, K., Korgiel, M., Busłowicz, T., & Ponikowska, M. (2025). Topical probiotics as a novel approach in the treatment of chronic dermatoses associated with skin dysbiosis: A narrative review. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(20). <https://doi.org/10.3390/ijms262010195>
- Pîrvulescu, L., Popescu, S., Popescu, R., Voiculescu, V., & Negrei, C. (2025). Skin microbiome, nanotoxicology, and regulatory gaps: Chronic cosmetic exposure and skin barrier dysfunction—A systematic review. *Pharmaceutics*, 17(10). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17101246>
- Radaic, A., Joo, N., Jeong, S., Yoo, S., Kotov, N., & Kapila, Y. (2021). Phosphatidylserine–gold nanoparticles (PS-AuNP) induce prostate and breast cancer cell apoptosis. *Pharmaceutics*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13071094>
- Riaz, A., Khan, M., Jalil, A., Rehman, A., Ahmed, N., Mubarak, Z., Parhizkar, M., & Muqaddas, H. (2025). Lipid-based nanocarriers for topical therapy of cutaneous leishmaniasis: An insight into the mechanism of action. *ACS Omega*, 10(23), 23873–23888. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c00046>
- Sadaqa, E., Setiawansyah, A., Nugroho, B., Hidayati, N., & Arsul, M. (2024). Organic nanoparticle genotoxicity: Current understanding and future testing needs. *Ad-Dawaa Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(2), 77–102. <https://doi.org/10.24252/djps.v7i2.52943>
- Skaba, D., Fiegler-Rudol, J., Dembicka-Mączka, D., & Wiench, R. (2025). Nanoplastics and immune disruption: A systematic review of exposure routes, mechanisms, and health implications. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(11). <https://doi.org/10.3390/ijms26115228>

- Try, C., Abdel-Mottaleb, M. M. A., Béduneau, A., Moulari, B., Pazart, L., Vidal, C., Brunotte, G., Castelain, F., Lamprecht, A., Humbert, P., & Pellequer, Y. (2023). Polymeric nanoparticles' accumulation in atopic dermatitis: Clinical comparison between healthy, non-lesional, and lesional skin. *Pharmaceutics*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15071927>
- Tu, Y., Wang, L., Wang, X., Wu, W., Tu, Y., Zou, D., Deng, Y., Qi, J., Cao, C., Xu, D., Chai, Y., Zhu, Y., Zhang, J., Sun, J., Lai, F., & He, L. (2022). LncRNA-WAKMAR2 regulates expression of *CLDN1* to affect skin barrier through recruiting c-Fos. *Contact Dermatitis*, 88(3), 188–200. <https://doi.org/10.1111/cod.14256>
- Xie, A., Zhang, X., Huang, Q., & Wu, J. (2025). Utilizing untargeted lipidomics technology to elucidate differences in lipid compositions among sensitive dry, sensitive oily, and healthy skin types. *Metabolites*, 15(5). <https://doi.org/10.3390/metabo15050292>
- Yuan, J., Zhang, Y., Zhang, Y., Mo, Y., & Zhang, Q. (2021). Effects of metal nanoparticles on tight junction-associated proteins via HIF-1 α /miR-29b/MMPs pathway in human epidermal keratinocytes. *Particle and Fibre Toxicology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12989-021-00405-2>

Nanoparticles and Dermatological Health: Biological Mechanisms Affecting the Skin Barrier

Nanopartículas e Saúde Dermatológica: Mecanismos Biológicos que Afetam a Barreira Cutânea

Mahycol Reynner Harold Bravo Ramirez

Universidad Cesar Vallejo | Trujillo | Perú
<https://orcid.org/0000-0003-4038-0776>
doctoradobravo@gmail.com

Carmen Isolina Ayala Jara

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú
<https://orcid.org/0000-0002-4926-6497>
cayala@unitru.edu.pe
ayalajaracarmen@gmail.com

Flor Marlene Luna Victoria Mori

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0019-7889>
flunavictoria@unitru.edu.pe
flormlunavictoriam@gmail.com

Violeta René Benites Tirado

Universidad Nacional de Trujillo | Trujillo | Perú
<https://orcid.org/0000-0002-2040-8906>
vbenites@unitru.edu.pe
Violetabenites3@gmail.com

Elsa Regina Vigo Ayasta

Universidad Nacional de Tayacaja Daniel Hernández Morillo | Tayacaja | Perú
<https://orcid.org/0000-0002-4090-8887>
elsavigo@unat.edu.pe
Reginavigo27@gmail.com

Abstract

The increasing use of nanoparticles in cosmetic products has raised concerns about their effects on skin health, specifically on its long-term barrier function. This study seeks to determine the biological mechanisms that, mediated by nanoparticles, affect the integrity of the skin barrier. Through a comprehensive literature review, recent studies investigating the interaction of nanoparticles with skin components, as well as their impacts on key biological processes, are analyzed. The findings reveal that nanoparticles can induce alterations in lipid composition, the expression of intercellular junction proteins, and trigger inflammatory processes, thus contributing to skin barrier dysfunction. Furthermore, they show that prolonged exposure can also affect the skin microbiota, exacerbating risks to dermatological health. By presenting a comprehensive overview of the potential toxicity of nanoparticles, this article highlights the need to establish stricter safety protocols and suggests that future research should focus on long-term studies that evaluate the clinical implications of these findings. Integrating this knowledge is crucial for developing safer and more effective cosmetic products that promote consumer well-being.

Keywords: mechanisms; biological; nanoparticles; barrier; skin.

Resumo

O uso crescente de nanopartículas em produtos cosméticos tem gerado preocupação sobre seus efeitos na saúde da pele, especificamente em sua função de barreira a longo prazo. Este estudo busca determinar os mecanismos biológicos que, mediados por nanopartículas, afetam a integridade da barreira cutânea. Através de uma revisão bibliográfica exaustiva, analisam-se estudos recentes que investigam a interação de nanopartículas com componentes da pele, assim como seus impactos em processos biológicos primordiais. Os achados revelam que as nanopartículas podem induzir alterações na composição lipídica, a expressão de proteínas de união intercelular e desencadear processos inflamatórios, contribuindo assim para a disfunção da barreira cutânea. Além disso, evidenciam que a exposição prolongada também pode afetar a microbiota cutânea, o que exacerba os riscos para a saúde dermatológica. Este artigo, ao apresentar uma visão integral sobre a toxicidade potencial das nanopartículas, destaca a necessidade de estabelecer protocolos de segurança mais estritos e sugere que investigações futuras deveriam focar em estudos de longo prazo que avaliem as implicações clínicas desses achados. A integração desses conhecimentos é crucial para o desenvolvimento de produtos cosméticos mais seguros e efetivos para o bem-estar dos consumidores.

Palavras-chave: Mecanismos; biológicos; nanopartículas; barreira; pele.