



Nanopartículas en protección solar

infantil y pieles sensibles: ¿riesgo real o mito moderno?

OPINIÓN



Rossie Inelle Meneses-Arguelles*

ORCID: 0009-0003-2347-3652

Cesar Uriel Rodríguez-Fuentes*

ORCID: 0009-0003-3690-1257

Cynthia Cano-Sarmiento*

ORCID: 0000-0002-9079-6748

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl29.138-2>

* Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México.

Contacto: inellemeneses@hotmail.com, cesarrodriguef@hotmail.com, cynthia.cs@veracruz.tecnm.mx

La piel es el órgano más extenso del cuerpo humano y actúa como barrera natural frente a diversos factores ambientales, entre ellos la radiación ultravioleta (UV) proveniente del sol. Esta forma de radiación, presente incluso en días nublados, puede provocar alteraciones inmediatas (quemaduras, eritema) y a largo plazo (envejecimiento prematuro o fotocarcinogénesis), donde uno de los principales mecanismos mediante los cuales causa daño es la generación de radicales libres (moléculas inestables capaces de reaccionar con lípidos, proteínas y ADN, provocando estrés oxidativo y consecuencias biológicas directas) (Jung *et al.*, 2008; Lyon *et al.*, 2020). Por ello, la integridad de la barrera cutánea y la eficacia de los protectores solares son fundamentales para minimizar los efectos nocivos de estos radicales (Nasir *et al.*, 2011).

Durante la infancia y adolescencia, el impacto de permanecer mucho tiempo a la intemperie es particularmente relevante; de acuerdo con estudios epidemiológicos, entre el 25 y el 50% de la exposición acumulada hasta los 60 años ocurre antes de los 20 (Gilaberte y Carrascosa, 2011). Esta alta exposición en etapas tempranas es crítica, debido a que la piel en la población infantil presenta características estructurales más sensibles (menor grosor de capa dérmica y capacidad antioxidante inferior), haciéndolos más vulnerables al daño de los rayos UV, siendo necesario el uso de protectores solares para prevenirlo, reducir la exposición y la aparición de cáncer cutáneo en la adultez.

Los protectores solares son formulaciones que tienen compuestos orgánicos que pueden atenuar la radiación UV mediante mecanismos de absorción; o inorgánicos, que actúan por reflexión, dispersión o incluso una mezcla de ambos. No obstante, aunque los filtros orgánicos como el octinoxato, la avobenzona y el ensulizol han demostrado buena eficacia, suelen estar asociados con reacciones alérgicas en población sensible, especialmente entre los seis meses y los 15 años (Cox, Diffey y Farr, 1992; Hegde *et al.*, 2024).

A diferencia de los protectores para adultos, que pueden contener filtros orgánicos más eficientes, pero con mayor potencial irritante, en pieles delicadas o con dermatitis atópica y en la edad pediátrica se prefieren los inorgánicos, con el fin de minimizar la exposición a compuestos con posibles reacciones adversas (Valdivielso *et al.*, 2009). De esta manera, para dichas poblaciones las formulaciones solares priorizan el uso de los filtros inorgánicos

como el dióxido de titanio y el óxido de zinc, los cuales, en su forma micrométrica (>1000 nm), ofrecen protección eficaz frente a la radiación UV al depositarse sólo en la epidermis, reduciendo la posibilidad de reacciones alérgicas. Sin embargo, su uso presenta características estéticas y sensoriales que generalmente no son agradables, siendo una de las principales el efecto blanquecino que deja su aplicación sobre la piel, en conjunto con una sensación arenosa y posible mala cobertura (Tanner, 2006).

Formulaciones recientes han logrado subsanar tales retos mediante la reducción de estas partículas a escala nanométrica. De acuerdo con Osmond y McCall (2010), las nanopartículas de óxido de zinc presentan una distribución más uniforme, mejorando tanto la eficacia como la apariencia del protector, sin embargo, su incorporación también ha generado inquietudes respecto a su absorción a través de la piel, sus efectos a nivel celular y su seguridad en poblaciones con especial sensibilidad a formulaciones tóxicas.

¿QUÉ SON LAS NANOPARTÍCULAS Y PARA QUÉ SE USAN?

Para entender a qué nos referimos con nanopartículas de óxido de zinc, tenemos que definir qué son las nanopartículas en primer lugar: son estructuras diminutas que miden entre 1 y 100 nanómetros (nm), cada uno de los cuales equivale a la millonésima parte de un milímetro y que por su escala manifiestan un aumento de su área superficial y modifican sus propiedades físicas, químicas y ópticas, lo que puede otorgar beneficios adicionales o aspectos negativos como toxicidad, dependiendo de su uso.

Para el óxido de zinc (compuesto fotoprotector utilizado en formulaciones infantiles por presentar baja toxicidad) las partículas en el rango de 40-100 nm no sólo absorben y dispersan la luz UV, sino que también captan, en gran medida, longitudes de onda visibles, característica que hace que los protectores solares no sean percibidos sobre la piel. Además, debido a su naturaleza semiconductor, puede absorber y disipar la energía excitada en forma de calor, fenómeno que, en conjunto con su alta área superficial, explica su amplia defensa, especialmente en la región UVA (Popov *et al.*, 2005; Schneider y Lim, 2016). Asimismo, destacan por su fotoestabilidad, conservando su eficacia incluso tras exposiciones prolongadas sin degradarse ni perder capacidad protectora (Irede *et al.*, 2024). No obstante, se mantiene una postura de precaución en formulaciones en aerosol debido al potencial carcinogénico asociado con la inhalación de nanopartículas, prefiriendo aplicaciones tópicas (Schneider y Lim, 2016).

¿LAS NANOPARTÍCULAS PENETRAN LA PIEL?

La principal preocupación sobre el uso de nanopartículas de óxido de zinc en bloqueadores solares infantiles es la posibilidad de que atraviesen la barrera cutánea y alcancen la circulación sistémica. Para entender por qué esto es poco probable, es necesario conocer primero el papel del estrato córneo: la capa más externa de la epidermis que está compuesta por corneocitos (células muertas) y lípidos intercelulares, los cuales forman una barrera altamente efectiva contra el ingreso de partículas y sustancias, atrapando las nanopartículas y evitando que lleguen a zonas más internas, incluso en presencia de poros o secciones exfoliadas. Existen reportes toxicológicos que apo-

yan esta información, confirmando que la penetración de nanopartículas está limitada a regiones externas de folículos capilares y capas superficiales del estrato córneo (Hashempour *et al.*, 2018).

Entre los estudios que respaldan su uso se encuentra el realizado por Mohammed *et al.* (2019), quienes evaluaron la aplicación repetida de nanopartículas de óxido de zinc en personas voluntarias por cinco días; encontraron que no existe una absorción sistémica y confirmaron su perfil de seguridad en población infantil. Por otra parte, Gulson *et al.* (2010) llevaron a cabo un ensayo en condiciones reales de uso al aire libre, en el que participaron 20 sujetos con edades en el rango de 20-30 años (11 en el grupo "nano", con partículas de aproximadamente 19 nm, y nueve en el "bulk", con partículas mayores a 100 nm), sus resultados mostraron que casi todo del óxido de zinc permaneció en la superficie de la piel, detectándose que sólo una milésima parte de la dosis aplicada fue absorbida y no representa relevancia clínica ni tóxica.

También existe una rigurosa evidencia científica en la bibliografía señalando que la piel sana e intacta constituye una barrera eficaz frente al peligro de nanopartículas (Liang *et al.*, 2013). En particular, estudios con óxido de zinc han mostrado que no se detecta penetración hacia la epidermis viable, ni siquiera en individuos con psoriasis, una condición caracterizada por mayor sensibilidad cutánea, lo cual descarta la absorción significativa de nanopartículas (Lin *et al.*, 2013; Pinheiro *et al.*, 2013). De igual forma, estudios dermatológicos, mediante rastreo en modelos con cuero porcino dañado, confirman baja absorción más allá del estrato córneo, sugiriendo que es seguro su uso aun en personas con lesiones (Schneider y Lim, 2019).

Adicionalmente, una estrategia para minimizar las preocupaciones asociadas al uso de óxido de zinc es el recubrimiento de estas con materiales

compatibles con la piel: biopolímeros, siliconas, lípidos, entre otros, con múltiples ventajas como evitar la formación de radicales al exponerse a la luz, reducir el potencial irritante y prevenir su oxidación, manteniendo la eficacia fotoprotectora a largo plazo (Schneider y Lim, 2019).

Los hallazgos de Mohammed *et al.* (2019) refuerzan esta evidencia, al evaluar en su estudio la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc, tanto recubiertas como sin recubrimiento, en voluntarios con piel intacta y con barrera cutánea comprometida bajo condiciones normales de uso, donde no se detectó penetración significativa hacia la epidermis viable, ni alteraciones metabólicas indicativas de toxicidad, reforzando la confianza del uso de nanopartículas con y sin recubrimiento incluso en piel vulnerable.

En cuanto a regulaciones, la seguridad de estas formulaciones está respaldada por diferentes marcos normativos; en Europa, el Comité Científico en Seguridad del Consumidor (SCCS) concluye que las nanopartículas de ZnO superiores a 100 nm no presentan riesgos para la salud humana cuando se aplican de manera tópica, siempre que se respeten las concentraciones máximas y no se utilicen en productos en aerosol que puedan ser inhalados.

De acuerdo con el reglamento europeo (CE) No 1223/2009, los cosméticos que contienen nanopartículas deben notificar su uso antes de su comercialización y ser etiquetados de forma clara con la palabra "nano" (Vieira *et al.*, 2024). En México, la Cofepris supervisa la seguridad mediante la NOM-141-SSA1/SCFI-2012 y la NOM-259-SSA1-2022, que garantizan su calidad e inocuidad. Aunque todavía no existen regulaciones específicas para nanopartículas, este marco nacional es una especie de filtro preventivo, evitando la introducción de ingredientes sin la debida evaluación y reforzando la confianza en la seguridad de los productos.

CONSIDERACIONES FINALES

La protección solar en población vulnerable, como niños y personas con piel sensible, requiere especial atención debido a características fisiológicas particulares. En los infantes, la barrera cutánea es más delgada e inmadura, lo que facilita la absorción de sustancias tóxicas. Por su parte, las pieles sensibles en adultos suelen presentar mayor tendencia a irritaciones o reacciones alérgicas. En ambos escenarios, se vuelve fundamental utilizar filtros solares estables, eficaces y con bajo potencial alergénico (Phadungsaksawasdi y Sirithanabadeekul, 2020).

Si bien la percepción pública puede generar inquietudes sobre la seguridad de las nanopartículas, la evidencia científica acumulada indica que si se emplean correctamente en formulaciones controladas, los riesgos son mínimos y ampliamente gestionables (Leite-Silva *et al.*, 2013). Las nanopartículas de óxido de zinc son una herramienta confiable y eficaz en la protección contra la radiación ultravioleta, cuando están recubiertas, ofrecen una capa extra de seguridad, lo que las hace especialmente adecuadas para la piel delicada de los niños y las personas con piel sensible.

Es importante recordar que no son las nanopartículas en sí las que representan un riesgo, sino la manera en que se formulan los productos: una base bien diseñada asegura que los filtros funcionen correctamente, sin irritaciones ni consecuencias adversas. Aunque la investigación sigue avanzando y se necesitan más estudios a largo plazo, la evidencia actual permite confiar en que los bloqueadores solares con nanopartículas ofrecen una protección efectiva y segura.

REFERENCIAS

Cox, Neil, Diffey, Brian, Farr, Peter. (1992). The relationship between chronological age and the erythral response to ultraviolet B radiation, *The British Journal of Dermatology*, 126(4), 315-319.

Gilaberte, Yolanda, Carrascosa, José M. (2014). Realidades y retos de la fotoprotección en la infancia, *Actas Dermo-Sifiligráficas*, 105(3), 253-262.

Gulson, Brian, McCall, Maxine, Korsch, Michael, *et al.* (2010). Small amounts of zinc from zinc oxide particles in sunscreens applied outdoors are absorbed through human skin, *Toxicological Sciences*, 118(1), 140-149.

Hashempour, Sara, Ghanbarzadeh, Saeed, Maibach, Howard, *et al.* (2019). Skin toxicity of topically applied nanoparticles, *Therapeutic Delivery*, 10(6), 383-396, <https://doi.org/10.4155/tde-2018-0060>

Hegde, Aswathi R., Kunder, Manisha U., Narayanaswamy, M., *et al.* (2024). Advancements in sunscreen formulations: integrating polyphenolic nanocarriers and nanotechnology for enhanced UV protection, *Environ Sci Pollut Res*, 31, 38061-38082, <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33712-0>

Irede, Egwonon L., Awoyemi, Raymond F., Owolabi, Babatunde, *et al.* (2024). Cutting-edge developments in zinc oxide nanoparticles: synthesis and applications for enhanced antimicrobial and UV protection in healthcare solutions, *RSC Advances*, 14(29), 20992-21034.

Jung, Katinka, Seifert, Marietta, Herrling, Thomas, *et al.* (2008). UV-generated free radicals (FR) in skin: their prevention by sunscreens and their induction by self-tanning agents, *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 69(5), 1423-1428.

Leite-Silva, Vânia R., Le Lamer, Marina, Sánchez, Washington Y., *et al.* (2013). The effect of formu-

lation on the penetration of coated and uncoated zinc oxide nanoparticles into the viable epidermis of human skin in vivo, *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 84(2), 297-308.

Liang, Xiao W., Xu, Zhi P., Grice, Jeffrey, *et al.* (2013). Penetration of nanoparticles into human skin, *Current Pharmaceutical Design*, 19(35), 6353-6366.

Lin, Lynlee L., Grice, Jeffrey E., Butler, Margaret K., *et al.* (2011). Time-correlated single photon counting for simultaneous monitoring of zinc oxide nanoparticles and NAD(P)H in intact and barrier-disrupted volunteer skin, *Pharmaceutical Research*, 28(11), 2920-2930.

Lyons, Alexis B., Trullas, Carles, Kohli, Indermeet, *et al.* (2020). Photoprotection beyond ultraviolet radiation: A review of tinted sunscreens, *Journal of the American Academy of Dermatology*, advance online publication, <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.04.079>

Mohammed, Yousuf, Holmes, Amy, Haridass, Isha N., *et al.* (2019). Support for the safe use of zinc oxide nanoparticle sunscreens: lack of skin penetration or cellular toxicity after repeated application in volunteers, *Journal of Investigative Dermatology*, 139(2), 308-315.

Nasir, Adnan, Wang, Steven, Friedman, Adam. (2011). The emerging role of nanotechnology in sunscreens: an update, *Expert Review of Dermatology*, 6(5), 437-439.

Osmond, Megan, McCall, Maxine. (2010). Zinc oxide nanoparticles in modern sunscreens: an analysis of potential exposure and hazard, *Nanotoxicology*, 4(1), 15-41.

Phadungsaksawasdi, Pawit, Sirithanabadeekul, Punyaphat. (2020). Ultraviolet filters in sunscreen products labeled for use in children and for sensitive skin, *Pediatric Dermatology*, 37(4), 632-636.

Pinheiro, Teresa, Pallon, Jan, Alves, L. *et al.* (2007). The influence of corneocyte structure on the interpretation of permeation profiles of nanoparticles across skin, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B*, 260(1), 119-123.

Popov, Alexey, Priezzhev, Alexander, Lademann, Jürgen, *et al.* (2005). TiO₂ nanoparticles as an effective UV-B radiation skin-protective compound in sunscreens, *Journal of Physics D: Applied Physics*, 38, 2564-2570.

Schneider, Samantha, Lim, Henry. (2019). A review of inorganic UV filters zinc oxide and titanium dioxide, *Photodermatology, Photoimmunology y Photomedicine*, 35(6), 442-446, <https://doi.org/10.1111/phpp.12439>

Tanner, Paul. (2006). Sunscreen product formulation, *Dermatologic Clinics*, 24(1), 53-62.

Valdivielso-Ramos, Martha, Mauleón-Fernández, Cristina, Balbín-Carrero, Eva, *et al.* (2009). Fotoprotección en la infancia, *Revista Pediatría de Atención Primaria*, 11(42), 313-324.

Vieira, Daniela, Duarte, Joana, Vieira, Pedro, *et al.* (2024). Regulation and safety of cosmetics: pre- and post- market considerations for adverse events and environmental impacts, *Cosmetics*, 11(6), 184.

Zvyagin, Andrei, Zhao, Xin, Gierden, Audrey, *et al.* (2008). Imaging of zinc oxide nanoparticle penetration in human skin in vitro and in vivo, *Journal of Biomedical Optics*, 13(6), 064031-064031.

Recibido: 7/10/2025
Aceptado: 9/12/2025

Descarga aquí nuestra versión digital.



Nanopartículas en protección solar infantil y pieles sensibles: ¿riesgo real o mito moderno?

RESUMEN

La piel es la primera barrera del cuerpo frente a la radiación ultravioleta, cuya exposición excesiva puede causar envejecimiento prematuro y cáncer; en niños, este riesgo aumenta, haciendo esencial usar protectores solares, prefiriendo aquellos con filtros inorgánicos. Actualmente, las nanopartículas de óxido de zinc representan una alternativa eficaz, ya que ofrecen una defensa alta sin dejar residuos visibles, no obstante, su uso ha generado inquietudes respecto a la posible absorción, efectos a nivel celular y seguridad. Diversos estudios confirman que no penetran capas profundas cutáneas ni generan toxicidad, consolidándose como una opción para proteger la piel infantil y sensible.

Palabras clave: nanopartículas, fotoprotección, piel, radiación UV, seguridad.

Nanoparticles in sunscreens for children and sensitive skin: real risk or modern myth?

ABSTRACT

Skin constitutes the primary barrier of the human body against ultraviolet radiation, whose excessive exposure may cause premature aging and cancer. In children, this risk is higher, making sunscreens usage essential, preferably those containing inorganic filters. Zinc oxide nanoparticles currently represent an effective alternative, as they provide high protection without leaving visible residues on the skin. However, their use has raised concerns regarding potential absorption, cellular effects, and safety. Several studies confirm that these nanoparticles do not penetrate the deeper layers of the skin or cause toxicity, establishing them as a suitable option for protecting sensitive and pediatric skin.

Keywords: nanoparticles, photoprotection, skin, UV radiation, safety.

