

La tinta que deja huella: El impacto silencioso de los tatuajes

Ana Paula Martínez González



Resumen

El tatuaje es una práctica ancestral que ha evolucionado desde sus usos culturales y espirituales hasta convertirse en una forma de arte corporal ampliamente aceptada. Consiste en introducir tinta en la dermis mediante agujas, lo que provoca una respuesta del sistema inmunológico al reconocerla como un agente extraño. Los macrófagos intentan eliminar las partículas, aunque muchas permanecen encapsuladas, generando inflamación local o incluso sistémica. Las tintas modernas, en su mayoría diseñadas originalmente para otras industrias, contienen compuestos orgánicos y metales pesados que pueden producir reacciones adversas, desde granulomas hasta enfermedades autoinmunes. Además, la inflamación crónica asociada a los tatuajes puede contribuir al desarrollo de patologías como diabetes tipo 2, cáncer o problemas cardiovasculares. Paralelamente, la ciencia investiga nuevas alternativas, como tintas veganas, opciones biocompatibles y los llamados “tatuajes inteligentes”, que permiten monitorear enfermedades a través de cambios visibles en la piel. Así, el tatuaje se sitúa entre la expresión artística y la biotecnología emergente.

Introducción

El tatuaje dérmico consiste en una modificación corporal permanente en el que se introducen grandes cantidades de tinta debajo de la piel, específicamente en la dermis, a través del uso de agujas que perforan re-

petidamente la superficie, con la finalidad de crear un diseño con coloración permanente. Desde tiempos antiguos, los tatuajes han sido más que algo estético, en diferentes culturas, como la egipcia, se han encontrado momias tatuadas con fines protectores o curativos, así mismo, en tribus polinesias, los tatuajes se utilizaban para narrar historias o representar el estatus social, mientras que, en Japón, eran utilizados mayormente con fines espirituales (Figura 1).

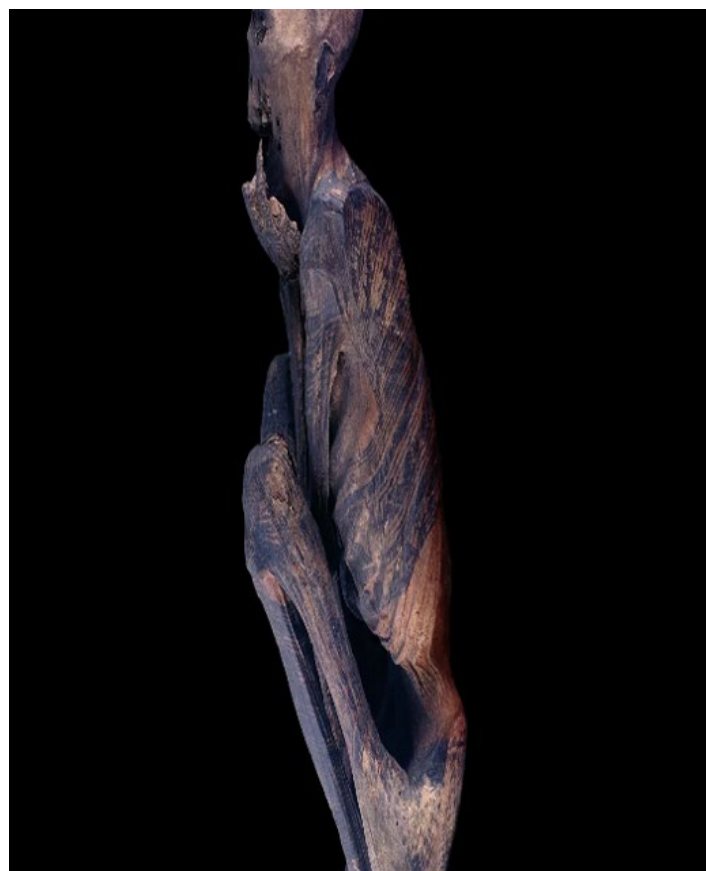


Figura 1. Restos del cuerpo tatuado de Apo Annu, antiguo líder tribal de la provincia de Benguet, Filipinas, quien murió hace más de 500 años. Los tatuajes, de patrones geométricos y animales, eran aplicados tradicionalmente como símbolo de valor en combate. Fotografía de Gunther Deichmann, publicada por National Geographic (2023).

A lo largo del tiempo, el uso de tatuajes ha formado parte de la historia humana como una forma de expresión corporal y cultural; sin embargo, en los últimos años, su popularidad ha aumentado notablemente a nivel global, ampliando su uso incluso a zonas más delicadas, como la mucosa oral y el globo ocular. Pero ¿Alguna vez te has preguntado qué ocurre en tu cuerpo después de que la tinta atraviesa la piel?

A la par de la evolución de los tatuajes, han evolucionado también las tintas que se emplean, las cuales, de igual forma, tienen su historia que va desde el uso de mezclas rudimentarias compuestas por pigmentos insolubles en agua o glicerina, a fórmulas modernas pero que originalmente fueron diseñadas para la industria automotriz o de impresión, en las que predominan en su mayoría componentes orgánicos, así como algunos metales: plomo, cadmio, vanadio, manganeso, antimonio y mercurio. Estas composiciones varían considerablemente según sea el color del pigmento, por ejemplo, el color rojo puede contener mercurio (sulfuro de mercurio), el amarillo cadmio, el azul cobalto y el verde, compuestos como cromo, de tal manera que nos referimos no solamente a una mezcla de colores, sino a sustancias con una variedad de solventes y aditivos que son introducidos directamente a la dermis.

Se estima que se inyectan alrededor de 14.36 mg de tinta por cm^2 de piel, a una profundidad de 1-3 mm, y una vez en la piel, es evidente que el cuerpo reconocerá a la tinta como un agente extraño. Cuando esto pasa, el sistema inmunológico se activa de manera inmediata ante la presencia de un microor-

ganismo patógeno o simplemente alguna partícula extraña y, como es su función, alerta al resto del cuerpo, intentando realizar un reclutamiento de células inmunes que impida posibles daños o la propagación de estos.

Aunque los tatuajes no significan infección de un microorganismo patógeno, la tinta que se inyecta, es reconocida como material extraño, por lo que, las células inmunitarias, especialmente los llamados macrófagos, que son como los “basureros” del cuerpo, hacen su trabajo, que es detectar agentes extraños que no deberían estar ahí y “comérselos” para evitar su propagación a otros sistemas y alertar a otras células del sistema inmunológico para obtener refuerzos de otros componentes como los neutrófilos y células dendríticas para poder, de manera conjunta, luchar contra lo extraño. En ciertos casos, el sistema inmunológico no logra eliminar las partículas de tinta, y en este intento fallido, forma pequeñas masas llamadas granulomas, estos granulomas son como “muros” celulares que se encargan de encapsular a las sustancias extrañas. En otros casos, puede desarrollarse una condición llamada sarcoidosis cutánea, en la cual, se forman nódulos inflamatorios en la piel o en órganos internos.

El grado de toxicidad de las tintas, puede ser muy variable; además de su color, también influye su composición química y concentración de compuestos, por ejemplo, la tinta negra en particular, suele contener un componente llamado negro de humo y otros como hidrocarburos aromáticos policíclicos, aminas aromáticas y fenoles, todos relacionados con efectos mutagénicos, así

como partículas resistentes a la degradación por enzimas o macrófagos, haciendo que puedan permanecer en la dermis durante muchos años y generar reacciones inflamatorias locales y sistémicas.

Cuando hablamos de inflamación sistémica, en el contexto de los tatuajes, nos referimos a una respuesta que no se queda únicamente en la zona de la piel donde se aplica la tinta, sino que puede extenderse viajando por todo el organismo, y generando una especie de “alarma general”, y, a diferencia de una inflamación aguda (como cuando te cortas, la piel se enrojece y duele mientras se cura), en este tipo de inflamación sistémica no hay siempre síntomas evidentes, pero internamente, el sistema inmunológico sigue reaccionando como si hubiera una amenaza constante (Figura 2).

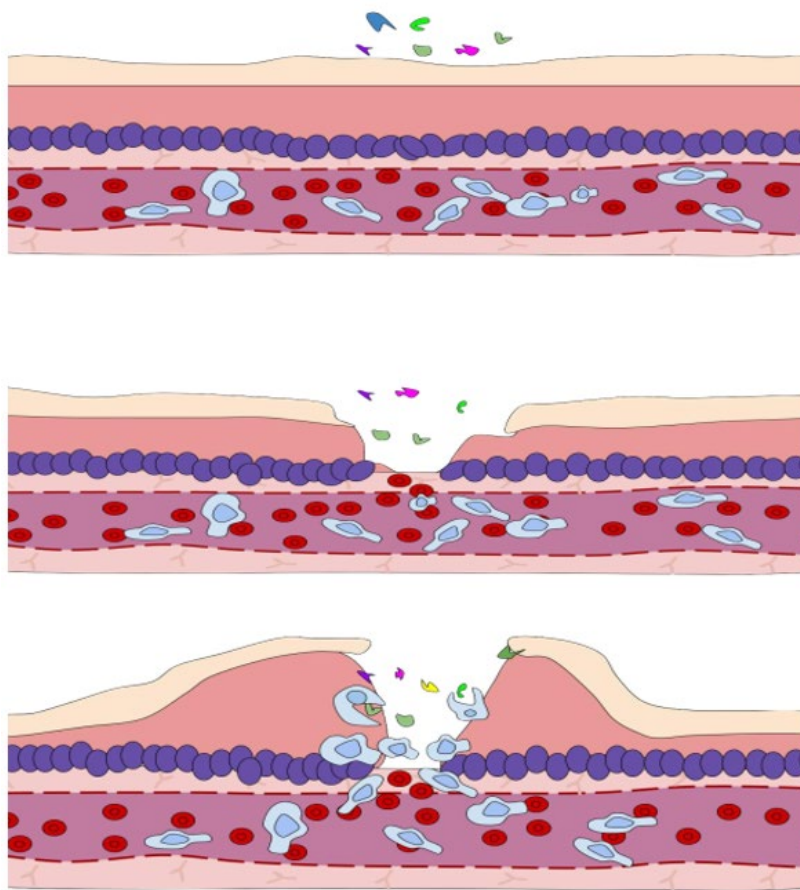


Figura 2. Representación esquemática de la respuesta inmunitaria innata. Durante el proceso inflamatorio, los glóbulos blancos reconocen y atacan cualquier agente extraño, como las partículas de tinta, generando una respuesta defensiva inespecífica. Este mismo mecanismo, cuando se activa de forma prolongada o sin una amenaza real, puede contribuir al desarrollo de enfermedades autoinmunes o inflamación crónica. Wikimedia Commons. (s.f.). Immune response. Recuperado de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Immune_response.svg

¿Qué sucede con esta inflamación?

Aunque los tatuajes hoy en día son vistos como una forma de arte corporal muy común, se ha documentado que generan en el cuerpo una serie de respuestas biológicas que pueden extenderse desde los primeros días después de realizarse, hasta muchos años después de su aplicación, generando una inflamación persistente o incluso crónica debido a que no deja de ser un agente extraño, este puede permanecer encapsulado en la piel durante décadas, estimulando el sistema inmune de forma continua y esto, no necesariamente puede observarse o sentirse, pero la inflamación sigue ahí, silenciosa, como una constante alarma dentro de tu cuerpo.

Si bien, aún no todo está comprobado completamente, cada vez hay más estudios que confirman este análisis, en donde se demuestra cómo los tatuajes pueden activar procesos inflamatorios desde el primer día y mantener este estado durante muchos años, y gracias al empleo de modelos de estudios en 3D de piel humana, hoy sabemos que el tatuaje puede no ser un proceso inocuo, sino que activa vías de señalización que se dedican a generar señales de inflamación, tanto local como sistémico.

Así mismo, aunque no es común, algunos estudios han asociado el tatuaje con la reactivación o aparición de diferentes tipos de enfermedades autoinmunes (Figura 3) como, por ejemplo, lupus, psoriasis o artritis reumatoide, considerando que, en personas que cuentan con cierta predisposición y mediante esta estimulación continua del sistema inmunológico, puede servir como un factor detonante del desarrollo de estas enfermedades.

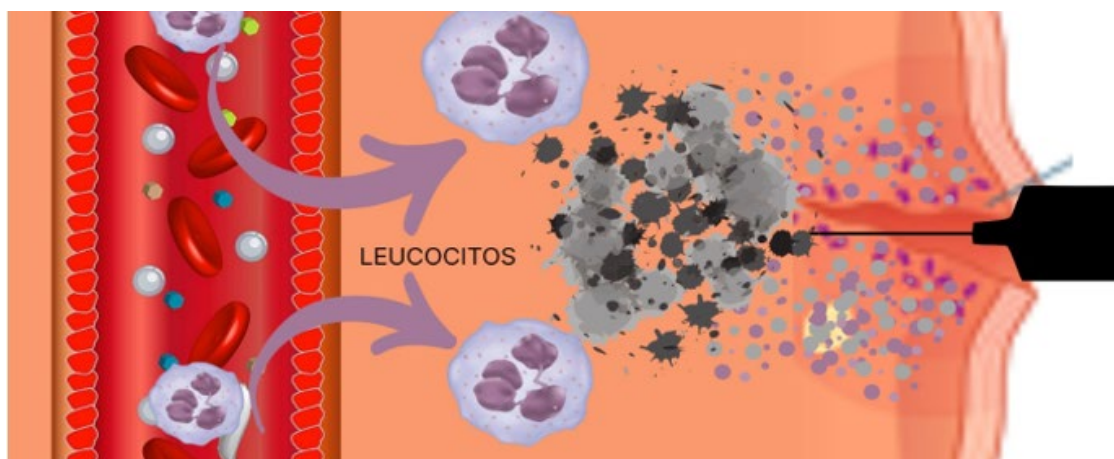


Figura 3. Representación esquemática de la activación del sistema inmunológico tras la introducción de tinta en la piel mediante un tatuaje. Al detectar los pigmentos como agentes extraños, los leucocitos (principalmente los neutrófilos y otros fagocitos) son reclutados desde el torrente sanguíneo hacia el sitio de entrada, iniciando una respuesta inflamatoria que busca contener y eliminar el material. Imagen elaborada por la autora.

¿Y por qué puede ser peligrosa una inflamación crónica?

El cuerpo, al verse de forma constante en este estado de alarma, se ha demostrado que puede generar un desgaste progresivo, afectando tejidos y órganos de forma silenciosa, y, largo plazo, este tipo de inflamación se ha relacionado con distintas enfermedades como el cáncer, la diabetes tipo 2, problemas cardiovasculares, trastornos autoinmunes y envejecimiento acelerado. Es como si tu cuerpo estuviera en constante guerra contra una amenaza clara, lo cual, puede terminar cansándolo y dañándolo.

Además, gracias a la tecnología, hoy en día es posible crear modelos tridimensionales de piel humana en el laboratorio, los cuales han permitido estudiar cómo se comporta la tinta sin necesidad de utilizar modelos en vivo, ayudando a evidenciar que incluso sin síntomas, la tinta puede activar genes que se relacionan con inflamación desde el primer día del tatuaje.

Por otra parte, el uso de tintas no reguladas, no solo pueden dañar al cuerpo humano. Los residuos que se producen durante el proceso, como las agujas, tintas o envases, también pueden representar un riesgo para el medio ambiente si no se manejan y desechan de forma correcta, ya que algunos pigmentos pueden liberar metales pesados al agua, afectando también a otro tipo de seres vivos.

Afortunadamente, cada vez más estudios y artistas buscan la implementación de opciones más seguras, como, por ejemplo, el uso de tintas veganas, libres de metales pesados o con certificaciones dermatológicas en donde se busca reducir al máximo todos los riesgos que se han citado durante este artículo, evolucionando hacia una mayor conciencia ecológica y una mejor biocompatibilidad.

Así mismo, en años más recientes, la ciencia ha comenzado a involucrar y a aprovechar el arte del tatuaje, combinándolo con un enfoque biotecnológico, dando lugar a los llamados “tatuajes inteligentes”, siendo uno de los desarrollos más prometedores en esta área, por ejemplo, tatuajes que tienen la capacidad de cambiar de color en respuesta a los diferentes niveles de glucosa en el organismo con el objetivo de permitir un monitoreo continuo y no invasivo en personas que sufren de diabetes.

Diferentes investigaciones, como por ejemplo la de Pazos et al. (2021), han demostrado la implementación de biosensores colorimétricos en la piel, que utilizan diferentes enzimas, como la glucosa oxidasa y peroxidasa, junto con otro tipo de reactivos, que permite generar un cambio visible de color en función a las concentraciones de glucosa. Aunque muchos de estos estudios aún se encuentran en fase experimental o han sido probados únicamente en tejidos artificiales o de animales, abren la puerta a un futuro en el que los tatuajes no solo se limiten a tener un valor estético, sino también, puedan convertirse en una herramienta útil para el mo-

nitoreo de diferentes tipos de enfermedades, generando avances hacia una medicina más integral, personalizada y accesible.

Todo esto no nos lleva a una certeza absoluta, pero invita a reflexionar y profundizar en los posibles riesgos asociados al uso de tatuajes, especialmente en lo que respecta a sus efectos a largo plazo; además, no se busca prohibir o juzgar la expresión artística del tatuaje, sino abrir investigación a nuevas formas de comprender tanto sus posibles efectos adversos, como sus posibles aplicaciones futuras, incluyendo el desarrollo de tintas más biocompatibles y métodos de aplicación menos invasivos, permitiendo conciliar el respeto por la libertad individual de expresión, con el cuidado de la salud a largo plazo, siendo importante resaltar que es posible cuidar de ambos aspectos, tanto la identidad que se busca expresar a través de la piel, como la preservación y el bienestar del sistema que nos sostiene desde adentro.

Conclusión

El tatuaje no es un proceso inocuo: implica respuestas inmunológicas que pueden prolongarse durante años. Sin embargo, con investigación y regulaciones adecuadas, puede transformarse en una herramienta biomédica innovadora y, al mismo tiempo, una expresión cultural segura.

Referencias

- Bose R, Sibley C, Fahim S. (2020). Granulomatous and systemic inflammatory reactions from tattoo ink: Case report and concise review. *SAGE Open Med Case Rep.* 28;8:2050313X20936036. Doi: 10.1177/2050313X20936036. PMID: 32782801; PMCID: PMC7388091
- Dodig S, Čepelak-Dodig D, Gretić D, Čepelak I. (2024). Tattooing: immediate and long-term adverse reactions and complications. *Arh Hig Rada Toksikol.* 29;75(4):219-227. Doi: 10.2478/aiht-2024-75-3921. PMID: 39718089; PMCID: PMC11739707.
- Muñoz-Ortiz J, Gómez-López MT, Echeverry-Hernández P, Ramos-Santodomingo MF, de-la-Torre A. Dermatological and Ophthalmological Inflammatory, Infectious, and Tumoral Tattoo-Related Reactions: A Systematic Review. *Perm J.* 2021 May 26;25:20.225. doi: 10.7812/TPP/20.225. PMID: 35348060; PMCID: PMC8817925.
- Negi S, Bala L, Shukla S, Chopra D. (2022). Tattoo inks are toxicological risks to human health: A systematic review of their ingredients, fate inside skin, toxicity due to polycyclic aromatic hydrocarbons, primary aromatic amines, metals, and overview of regulatory frameworks. *Toxicol Ind Health.* 38(7):417-434. Doi: 10.1177/07482337221100870. Epub 2022 May 19. PMID: 35592919.
- Pazos, M. D., Hu, Y., Elani, Y., & Yetisen, A. K. (2021). Tattoo inks for optical biosensing in interstitial fluid. *Advanced Healthcare Materials*, 10(21), 2101238. <https://doi.org/10.1002/adhm.202101238>.

- Reddersen K, Gregersen DM, Tittelbach J, Wiegand C. (2025). Tattooed human in vitro skin model for testing the biocompatibility of tattoo inks and healing progression after tattooing. *Sci Rep.* 17;15(1):2277. Doi: 10.1038/s41598-025-86813-2. PMID: 39833528; PMCID: PMC11747334.
- Sozer Karadagli S, Kaftan G, Cansever I, Armağan G, Sogut O. (2024). Tattoo inks: evaluation of cellular responses and analysis of some trace metals. *Biometals.* 37(2):495-505. Doi: 10.1007/s10534-023-00564-z. Epub 2023 Dec 1. PMID: 38038794.
- Valbuena MC, Franco VE, Sánchez L, Jiménez HD. (2017). Sarcoidal granulomatous reaction due to tattoos: report of two cases. *An Bras Dermatol.* 92(5 Suppl 1):138-141. Doi: 10.1590/abd1806-4841.20175860. PMID: 29267473; PMCID: PMC5726704.
- Van der Bent SAS, Rauwerdink D, Oyen EMM, Maijer KI, Rustemeyer T, Wolkerstorfer A. (2021). Complications of tattoos and permanent makeup: overview and analysis of 308 cases. *J Cosmet Dermatol.* 20(11):3630-3641. Doi: 10.1111/jocd.14498. Epub 2021 Oct 3. PMID: 34605159.

Sobre la autora

Ana Paula Martínez González, Química Farmacobióloga y estudiante de la Maestría en Ciencias de la Salud. Actualmente, se encuentra iniciando su línea de investigación centrada en el estudio de especies reactivas de oxígeno como factor de envejecimiento. Tiene un fuerte interés en la divulgación científica y en hacer accesible el conocimiento especializado al público general, colaborando en proyectos que buscan presentar el conocimiento científico de manera más clara y accesible. Email: 1608171b@umich.mx

