



“Toxicidad de los tatuajes”

1° Cátedra de Toxicología

Universidad de Buenos Aires

Argentina

2017

Director: Profesor Titular Regular Doctor Carlos Fabián Damín

Subdirector: Profesor Consulto Julio Orlando Garay

Tutora: Profesora Titular Regular Magister María Rosa Gonzalez Negri

Natalia Cairone

Médica Pediatra Toxicóloga

Índice	2
Historia	3
Introducción	6
Aspectos legales	7
Situación regulatoria actual en el mercado de la Unión Europea	8
Control de calidad de los pigmentos en la fabricación de tintas para tatuajes	9
Impurezas y aspectos toxicológicos	9
Descripción general de los pigmentos utilizados	11
Pigmentos de colores	12
Colorantes negros	13
Colorantes en la piel	13
Blackwork o blackout tattoo	15
Toxicidad	16
Metabolismo y Carcinogenicidad	16
Complicaciones	17
Transporte de los colorantes de tatuajes a otros sitios anatómicos	18
Tatuajes temporales con Henna	20
Eliminación de tatuajes y perspectivas técnicas	23
Conclusiones	24
Reflexión	26
Cuadro 1	27
Bibliografía	28

Historia

La palabra *tatuaje* posiblemente proviene del samoano «tátau», que significa *marcar o golpear dos veces*, en referencia al tradicional método de aplicar los diseños o plantillas sobre la piel. Los marineros que viajaban por el océano Pacífico, al encontrarse con los Samoanos, quedaron fascinados por sus tatuajes, y equivocadamente tradujeron la palabra «tatau» como tatuaje. Este vocablo se incorpora luego al español a través del francés *tatouage*.

El arte figurativo es una expresión inherente a la cultura humana, y el arte corporal del tatuaje (en inglés, *tattoo body art*) es una técnica muy antigua utilizada para marcar la piel de las personas, y ha estado presente en la humanidad al menos desde finales del Neolítico o Edad de Piedra, con ejemplares encontrados a partir de 3300 a. C.

Ötzi, es el nombre de la momia de un hombre que falleció hacia el año 3255 a. C. a los 46 años de edad aproximadamente. La momia fue descubierta en septiembre de 1991 por dos alpinistas alemanes en los Alpes de Ötztal, cerca de Hauslabjoch, en la frontera de Austria e Italia, a una altitud de 3200 msnm. Su apodo proviene de Ötztal (Valle de Ötz), tramo de los Alpes italianos en el que fue descubierto. Es la momia humana natural más antigua de Europa, y ha ofrecido una visión sin precedentes de los europeos del Calcolítico o Edad de Cobre. Su cuerpo y pertenencias están expuestos en el Museo de Arqueología del Tirol del Sur de Bolzano, Italia. La causa de la momificación del cadáver fue el frío extremo y perpetuo de la región donde el individuo falleció. El cuerpo presenta 61 tatuajes en la muñeca izquierda, dos en la región lumbar, cinco en la pierna derecha y dos en la izquierda. Se trata de pequeños grupos de tres o cuatro rayas paralelas que no forman ningún dibujo reconocible. Los científicos, utilizando rayos X, han determinado que Ötzi pudo haber sufrido artritis en esas zonas, y se ha especulado por lo tanto que los tatuajes podrían haber sido realizados con una función terapéutica, similar a la acupuntura. Estos son los tatuajes más antiguos que se conocen en la historia de la humanidad.

Históricamente, las tribus Polinesias llamadas Maorís, utilizaban a los tatuajes como una ornamentación corporal, con diversos significados tales como distintivos importantes para la jerarquía social y símbolos espirituales de la religión. Esta región del mundo es la que posee la tradición tatuadora más destacada. El tatuaje comenzaba a muy temprana edad y se prolongaba hasta que no quedase región del cuerpo virgen de pigmentos. Más allá de su sentido estético, el tatuaje confería jerarquía social y propiciaba el respeto comunal a quien los llevaba en su piel: cuanto más tatuado estaba alguien, mayor *status* social alcanzaba, y por ende, mayor respeto merecía. Los dibujos que llevaban en la piel contribuían a su famosa estrategia de asustar a sus enemigos, convirtiendo así a los tatuajes en armas fundamentales para el combate.

A lo largo de los años, las distintas culturas utilizaron al tatuaje de diversas maneras. Por ejemplo, en el Antiguo Egipto, representaba al arte, a la creación de significados rituales o simbólicos, y se le conferían funciones protectoras, mágicas y omnipotentes. Las mujeres eran las que más se tatuaban.

Pero el carácter sobrenatural del tatuaje no fue exclusividad de Egipto: muchas culturas le otorgaron este poder. En América del Norte, los indígenas utilizaban los tatuajes como parte del ritual de paso de una etapa a la otra. Cuando una persona transitaba de la pubertad a la adultez se la tatuaba con el fin de proteger su alma. En América Central, los Aztecas se realizaban tatuajes desde la niñez, los utilizaban como símbolo de devoción a sus Dioses y para conmemorar a los caídos en batalla. Los tatuajes también indicaban la clase social del individuo y la tribu a la que éste pertenecía.

En cambio, la civilización Greco Romana, utilizaba los tatuajes para marcar o señalar a los criminales y como castigo para aquellos que cometían sacrilegio. Al extenderse el Imperio Romano, poco a poco comenzó a abandonarse esta práctica en esclavos y criminales, y fue el emperador Constantino quien durante su gobierno emitió un decreto en contra de esta actividad. Se cree que a raíz de esto se le dio una impronta negativa al tatuaje, y años más tarde, médicos griegos y romanos comenzaron a practicar la remoción de los mismos. Por su parte, en la Edad Media, el Catolicismo prohibió los tatuajes, concebidos como una mutilación al cuerpo heredado de Dios.

En América del Sur, las tribus indígenas también pintaban sus cuerpos, pero no de manera permanente. Creaban pigmentos de diversos colores con flores, aceites vegetales y grasas de animales, y con ellos llevaban a cabo sus ceremonias rituales decorándose el cuerpo de manera temporal pero con significados igual de profundos y espirituales. Los Yaganes, aborígenes de Tierra del Fuego, también usaban pinturas para sus ritos; por ejemplo, el *chiejaus*, era una ceremonia de iniciación para jóvenes en la que se les entregaban los valores, normas y conocimientos necesarios para la convivencia y vida canoera, y durante el cortejo, debían pintarse el cuerpo y la cara con barro y otras mezclas hechas con aceites y tierra roja, cambiando a menudo el diseño. También se pintaban para celebrar casamientos y durante el duelo tras un fallecimiento.

En Asia, el tatuaje comenzó a tener entrada en las rutas comerciales de India, Japón y China aproximadamente en el año 1000 a. C. El *irezumi* (入れ墨) o “insertar tinta” en japonés, es un arte milenario que se practica desde el Paleolítico, donde se tatuaban figuras de barro mientras acompañaban a los difuntos en su camino al paraíso. Siglos más tarde, comenzó a ser utilizado como forma de marcar a los criminales quienes eran aislados por sus familias, lo que constituía para ellos el peor de los castigos. Hoy en día en Japón, los tatuajes no están culturalmente aceptados, ya que se asocia a la *yakuza* (ヤクザ) o mafia japonesa, donde se utiliza al tatuaje como forma de expresar valentía y lealtad. A partir de la Revolución Meiji en el año 1868, se lo asoció a la delincuencia y a las clases sociales bajas. A pesar de esto, la técnica del tatuaje decorativo que se había perfeccionado durante siglos, especialmente durante el periodo Edo (1603-1868), siguió practicándose en secreto. Si bien los japoneses continúan tatuándose por moda o por simple decoración, lo hacen en menor proporción que el resto de los países, ya que son conscientes del conflicto socio-laboral que esto acarrea. En la década de los 80, junto con el gran crecimiento económico, la sociedad de Japón profundizó en los valores grupales y se convirtió en una sociedad que tiende a la homogeneidad y en la que destacar algo, intelectual o físicamente, no es algo visto positivamente. En Japón llevar un tatuaje puede convertirse en un estigma social. Aún durante la época Meiji, cuando la práctica fue prohibida por el gobierno japonés, muchos extranjeros acudían a Japón en busca de un tatuador que les decorara la piel con la técnica tradicional que había adquirido fama internacional. Con el fin de la Segunda Guerra Mundial, el tatuaje fue legalizado, pero su imagen asociada a los criminales en Japón aún no ha sido borrada.

En China, el arte del tatuaje ha estado presente desde hace miles de años. Las dinastías Zhou y Qing lo practicaban desde entonces, considerándolo una marca, un distintivo social de pertenencia a alguna familia o casta. De esta manera se daba a conocer la relación del individuo tatuado con el entorno que lo rodeaba. Pero no era el único significado. El tatuaje formaba parte de la cultura del luto y de la muerte de algún familiar o ser querido, convirtiéndose en una señal de gran afecto muy respetada. Para la cultura china, detrás de cada tatuaje, el honor, las promesas y el coraje se depositan en cada pigmento. Años más tarde, al igual que otras culturas, comenzaron a ser un estigma social, y se empezaron a relacionar con el crimen y las clases sociales bajas. En la era moderna, la sociedad no lo impuso como moda, ya que lo interpretaba como una difamación del cuerpo. Sin embargo, no todos los tatuajes en la cultura china tenían connotaciones negativas. Existen innumerables formas y diseños de tatuajes chinos que tienen significados

únicos y bellos expresados en la piel de las personas. Hay algunas minorías étnicas chinas que aún practican el tatuaje como parte de su identidad cultural, algunas de ellas son la etnia Dulong (独龙族), la etnia Dai (傣族) y la etnia Li, descendientes de la isla de Hainan. Se tatuaban distintas partes del cuerpo, en especial, las manos, los brazos, la espalda y el rostro, con diversas finalidades y significados, tales como soberanía y protección, embellecimiento, inteligencia, terapéuticos, entre otros. Al ser un proceso tan doloroso, en los hombres simbolizaban virilidad, masculinidad y fuerza. Los diseños más utilizados eran dragones, bestias u otros animales feroces. Hoy en día, estos dibujos siguen vigentes, y expresan fuerza, coraje y determinación. En la comunidad Li de la isla de Hainan, esta tradición ancestral de más de 3000 años de antigüedad, era más frecuente en mujeres. Como la población no empleaba ningún lenguaje escrito, se cree que se tatuaban para recordar hechos de su vida. También se empleaba con fines religiosos, sociales y como símbolo de madurez, a medida que transcurrían los años y adquirían nuevas responsabilidades, se iban incorporando nuevos diseños de tatuajes, hasta cubrir gran parte de su cuerpo. Sólo las mujeres casadas podían tatuarse las manos, en alusión a las tareas hogareñas como amas de casa.

En Myanmar, antigua Birmania, cuenta la leyenda que hace mucho tiempo un Rey birmano viajaba por su reino cuando se encontró con una bella joven que pertenecía a la etnia Chin. El Rey la cortejó y poco tiempo después la dejó abandonada. El resto de las mujeres, al enterarse de lo ocurrido y asustadas de correr la misma suerte, pintaron sus caras de negro utilizando carbón. El truco del maquillaje duraba poco tiempo, y así se vieron obligadas a fijar el color negro en su piel de forma permanente mediante dibujos tatuados. De esta forma, las mujeres Chin eligieron ocultar para siempre su belleza. El proceso de tatuaje era lento y doloroso. Con una pasta hecha a base de carbón y una espina se iban tatuando la cara mediante múltiples pinchazos. El dolor era tan intenso que impedía completar el proceso en un mismo día. En la actualidad, el Gobierno ha prohibido esta práctica, y si bien en Myanmar ya no se ven jóvenes con el rostro tatuado, en algunas aldeas aisladas la tradición se ha mantenido viva durante siglos, y se pueden observar algunas mujeres que continúan tatuándose.

En el mundo occidental, el significado de los tatuajes se volvió ambiguo durante los últimos siglos, y fue asociado al bajo status social. Antiguamente en Europa y Estados Unidos se consideraba al tatuaje como una moda marginal; símbolos tribales de rebeldía para soldados y marineros, que luego se convertirían en el accesorio más famoso, junto con los *piercings* y las joyas.

Por su parte, durante la Segunda Guerra Mundial, los Nazis tatuaban a los prisioneros en los campos de concentración y exterminio con un doble significado: identificación y humillación, ya que la Religión Judía prohibía las marcas en el cuerpo.

Hoy en día, los tatuajes se han convertido en una moda cada vez más popular en todo el mundo. Afecta a la mayoría de los países de todos los continentes, independientemente de su cultura. Se los usa más como *body art*, para crear una apariencia individual o para demostrar la pertenencia a grupos específicos. Los más elegidos son los negros o multicolores, y se pueden encontrar en casi todas las partes del cuerpo humano. Muchas celebridades, como estrellas de fútbol, cantantes o actores de cine, imponen esta moda logrando una aceptación multicultural de los tatuajes. En los últimos años, se sumó a esta nueva tendencia el maquillaje permanente, donde se inyectan colorantes para imitar el maquillaje habitual.

Introducción

Debido al sustancial incremento de su popularidad, se estima que en Estados Unidos el porcentaje de adultos con uno o más tatuajes aumentó del 14% al 21% durante el periodo 2008-2012. Por su parte, en Europa, se cree que al menos 100 millones de personas están tatuadas. Con respecto a nuestro país, aún no se dispone de estadísticas exactas ni datos oficiales, pero se cree que, al igual que el resto del mundo, las cifras están en aumento. Según la Asociación de Tatuadores y Afines de la República Argentina (ATARA) se estima que por día unas 3000 personas se realizan un tatuaje o un *piercing*, con mayor demanda por parte del público femenino.

Hoy en día, muchas personas se realizan su primer tatuaje entre los 16 y 20 años, y el 36% de los menores de 40 años, tienen al menos un tatuaje. Una encuesta reciente reveló que el 28% de las personas tatuadas tiene más de cuatro tatuajes, y el 36% tiene tatuajes de más de 900 cm² de superficie, lo que implica que varios gramos de colorantes han sido inyectados en la piel. Por tal motivo, se considera necesaria la reevaluación del tatuaje desde una perspectiva toxicológica.

El principal riesgo asociado al arte de tatuar son las complicaciones dermatológicas severas, tales como las infecciones secundarias a las condiciones de antisepsia deficitarias.

Desde el punto de vista químico, los colorantes se clasifican en pigmentos o tintas; sin embargo, la estructura química de las moléculas de ambos son similares. A diferencia de las tintas, los pigmentos son prácticamente insolubles en el medio en el que se incorporan, y esta insolubilidad se logra evitando grupos solubilizantes en las moléculas, produciendo pequeñas partículas (pigmentos). Estos pueden ser orgánicos o inorgánicos, de colores, blancos o negros. Por lo tanto, hacer un tatuaje persistente en la piel requiere el uso de colorantes insolubles en agua en forma de pigmentos. En el pasado, los tatuadores usaban pigmentos inorgánicos que contenían metales pesados como mercurio, cromo o cadmio, en forma de sulfuro de mercurio, sulfuro de cadmio y óxido de cromo, resultando así en los colores rojo, amarillo y verde, respectivamente. Dos pigmentos inorgánicos todavía vigentes son el negro de carbón para tatuajes negros y dióxido de titanio para reducir la intensidad del color de los pigmentos coloreados.

Las primeras técnicas para desarrollar tintas consistían en disolver el negro de humo (producto de la combustión) o pigmentos de otras fuentes naturales en agua, con el fin de obtener una pasta de pigmento. En el Siglo XIX, con el advenimiento de la industrialización, las empresas comenzaron a sintetizar pigmentos y producir toneladas de materia prima, para luego ser utilizada como revestimiento de interiores, pinturas para exteriores y en la industria automotriz. Para satisfacer las múltiples demandas de la industria, basadas en sus distintas aplicaciones, se han desarrollado nuevos pigmentos con diferentes estructuras químicas y modificaciones. De esta forma, los fabricantes de pigmentos pueden ofrecer la misma clase de pigmento para más de una aplicación (plásticos, revestimientos, imprenta, textiles, etc.).

Como la industria del tatuaje es pequeña y poco rentable comparado a otras industrias como cosméticos o revestimientos, los fabricantes de pigmentos no se esfuerzan en desarrollar mejores productos destinados a los tatuajes. Obviamente, estos pigmentos no cumplen con los límites de impureza para metales pesados, aminas aromáticas, etc., que están prescritos en la Resolución de la Unión Europea del año 2008 acerca de tintas para tatuajes, ya que los pigmentos se producen para otras aplicaciones, donde se toleran límites más elevados. Esta es la razón por la que los fabricantes de tintas de tatuajes deben elegir cuidadosamente a su proveedor y realizar controles de calidad precisos y repetitivos sobre los pigmentos comprados. En los últimos años las Autoridades han hecho hincapié en la seguridad de las tintas de tatuaje y su evaluación.

Aspectos legales

Cada vez hay más personas con uno o varios tatuajes, y las tintas utilizadas tradicionalmente están siendo reemplazadas por colorantes que nunca antes han sido usados para tal fin. Este desarrollo coincide con un aumento en los informes de reacciones adversas y por lo tanto, plantea un desafío para la regulación y la evaluación del riesgo de las tintas de tatuajes en todo el mundo.

La Administración de Alimentos y Drogas (*Food and Drug Administration, FDA*) dispuso del Programa MedWatch, a través del cual se pueden notificar los efectos adversos relacionados con los tatuajes, con el fin de desarrollar medidas más efectivas para controlar y disminuir los mismos, y así mejorar la industria. Gracias a este Programa, en el año 2012 fueron notificados varios brotes de infecciones por mycobacterias no tuberculosas, manifestadas por pápulas eritematosas localizadas en las áreas grisáceas de tatuajes recientemente adquiridos. Se identificaron múltiples marcas de tintas involucradas, por lo tanto se determinó que la probable fuente de contaminación era el agua destilada o agua de bebida utilizada para diluir las tintas en los salones de tatuajes.

Según la Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos de Estados Unidos (FFDCA), las tintas para tatuajes están reguladas como cosméticos, y los pigmentos utilizados en ellas, contemplados en otro artículo dentro de la misma Ley, son aditivos de color que requieren aprobación previa a la comercialización. Esta Ley establece que los cosméticos y sus ingredientes no deben ser adulterados o mal rotulados. Esto es, no pueden contener venenos, sustancias nocivas o aditivos de color no aprobados; deben ser fabricados y almacenados bajo estrictas condiciones de higiene; y no pueden ser falsamente etiquetados (deben cumplir con la Ley de Empaquetado para la prevención de envenenamiento). Asimismo, dictamina que los fabricantes de cosméticos deben garantizar la seguridad de un producto antes de su comercialización.

Sin embargo, debido a que son considerados cosméticos, la Ley no obliga a que haya una revisión o aprobación previa salida al mercado; la FDA no tiene la autoridad para exigir que la precomercialización de estos productos informe datos de seguridad de los fabricantes, distribuidores o vendedores de cosméticos, pero sí de la mayoría de los aditivos de color (tintas, pigmentos u otras sustancias usadas para impartir color).

Por el contrario, para los aditivos de color se requiere establecer la bioseguridad previamente. Cuando un aditivo de color se utiliza en forma inyectable, como es el caso de las tintas de tatuaje y el maquillaje permanente, esta sustancia debería especificar dicho uso fundamentando que hay evidencia convincente que establece que no generará ningún daño.

A pesar de ser una moda tan difundida, actualmente los aditivos de color para uso inyectable, tanto las tintas de tatuaje como el maquillaje permanente, no están aprobados. Debido al aumento de eventos adversos notificados y la denuncia de tintas selladas contaminadas, la FDA se encuentra investigando estas sustancias y reconsiderando su enfoque regulatorio.

En Europa, la regulación de los tatuajes se encuentra en progreso. La Resolución ResAP del año 2008 proporciona instrucciones generales con respecto a la composición y el etiquetado, así como listas de productos químicos peligrosos que no deberían estar presentes en las tintas de tatuajes. Por otro lado, la toxicovigilancia es un gran desafío. Suiza, por ejemplo, desde el año 2006 regula legalmente y restringe algunas tintas utilizadas para tatuar y para maquillaje permanente.

Desde que se publicó la Resolución de la UE sobre tintas para tatuajes, la seguridad de estos productos ha aumentado notablemente debido a los avances en los controles de calidad de la materia prima de los pigmentos, en la producción de tinta para tatuajes, y en determinar los límites de las impurezas a los fabricantes. Esto se puede demostrar comparando las pruebas aleatorias que se realizaron a diversas tintas en Suiza antes y después de la adopción de esta Resolución. Sin embargo, muchas de ellas, vigentes en el mercado, contienen pigmentos prohibidos o altos niveles de impurezas. En los últimos dos años, la industria ha enfrentado problemas debido a las diferencias entre sus métodos de control de calidad y los de las Autoridades.

Hay países como Nueva Zelanda, donde los tatuajes son una fuerte tradición ancestral, y por ello, los intentos de una regulación equilibrada son arduos. Los tatuajes tradicionales (*moko, pe`a*) son *taonga* (tesoros), protegidos por el Tratado de Waitangi. Simbolizan conexiones con la familia, la cultura y los logros de la vida. Sin embargo, los problemas con los tatuajes son similares a los de otros países, y ha surgido una gran preocupación acerca de la composición y esterilidad de las tintas utilizadas, muchas de las cuales se adquieren vía Internet sin restricciones. Las infecciones siguen siendo uno de los mayores problemas, en este caso, relacionados a las tradicionales técnicas para tatuar.

Hasta el momento, no hay una regulación específica, sin embargo, con el objetivo de evitar riesgos, el Ministerio de Salud y Autoridades de Protección Ambiental han implementado normas sobre técnicas de esterilidad, manejo de lesiones y sangrados, manipulación de residuos biológicos, documentación, seguridad química de las tintas de tatuajes, etc.

Situación regulatoria actual en el mercado de la Unión Europea

La primera resolución de la Unión Europea (UE) acerca de tatuajes y maquillaje permanente es la ResAP, creada en el año 2003 y modificada en el 2008. La Resolución ResAP es el documento regulador más preciso que detalla los requisitos y criterios para la seguridad de los tatuajes y maquillajes permanentes. Esta resolución es una recomendación y debe ser aplicada a la Ley local, pero hasta ahora, sólo unos pocos países de la UE lo han hecho. El resto de los países no regulan total o adecuadamente la utilización de estos productos. Es importante que los fabricantes generen datos acerca de la composición y toxicidad de las sustancias que producen, y que esta información se encuentre disponible para las autoridades competentes y la comunidad en general.

En esta Resolución se incluye una lista de colorantes prohibidos y enumera las aminas aromáticas que no deberían estar presentes en los tatuajes y maquillajes permanentes debido a su potencial efecto tóxico-reproductivo, cancerígeno, mutagénico y sus propiedades sensibilizantes. Algunos ejemplos de aminas aromáticas que no están permitidas son la bencidina, 4-cloroanilina, 6-metoxi-m-toluidina o 2-naftilamina. También se detallan los límites de seguridad de algunas sustancias, tales como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) y el benceno-a-pireno, donde los límites establecidos son 0.5 ppm y 5 ppb, respectivamente. Pero en el caso del níquel, por ejemplo, no existen límites específicos.

La Resolución actual sigue siendo insuficiente para precisar la seguridad toxicológica de los pigmentos de tatuajes y maquillajes permanentes. Aún no hay recomendaciones de cómo evaluar correctamente la seguridad en las concentraciones de HAPs o metales pesados presentes en los pigmentos.

Los fabricantes y las Autoridades analizan los productos utilizando diferentes métodos, y esto conduce a resultados distintos difíciles de comparar. Para ello es necesario armonizar los métodos analíticos y relacionar los límites, y así poder realizar y mantener controles de calidad adecuados.

Control de calidad de los pigmentos en la fabricación de tintas para tatuajes

Cada lote nuevo de pigmento fabricado debe pasar por un estricto control de calidad. Para extraer y confirmar la presencia de impurezas tales como aminas aromáticas, HAP y metales pesados, existen diversos métodos de separación, por ejemplo, la utilización de una solución *buffer* de ácido clorhídrico (HCl al 0.1 N), o el tratamiento con láser, donde los pigmentos se dividen en partículas más pequeñas, y así se logra liberar una mayor cantidad de impurezas. Sólo las impurezas extraíbles pueden ser determinadas, el resto no.

Para evaluar la seguridad de los pigmentos de acuerdo a las impurezas que presenten, es necesario tener dos métodos diferentes de preparación de muestras y que ambos sean validados: uno que simule la permanencia a largo plazo en la dermis en contacto con los fluidos corporales, y el segundo que simule la escisión provocada por la exposición a rayos UV y por el tratamiento láser. Esto podría ayudar a evaluar la seguridad de los pigmentos y mantener la seguridad durante la producción.

Impurezas y aspectos toxicológicos

Recientes análisis toxicológicos de pigmentos de alto rendimiento demostraron que no serían una amenaza a la salud humana y al medio ambiente. Estos pigmentos son usualmente inertes e insolubles, lo que resulta en un mínimo efecto ecotoxicológico. Sin embargo, el contacto permanente de los pigmentos con células humanas o sus efectos sobre ellas en cada ciclo celular, no han sido estudiados. Por lo tanto, las diversas evaluaciones toxicológicas que se han realizado con los pigmentos no reflejan el entorno real en el que son colocados y son insuficientes para evaluar las propiedades toxicológicas a largo plazo en la piel y el resto del organismo.

En realidad, casi todas las normas vigentes se han referido a su uso como ingredientes en cosméticos, y ninguna de las sustancias han sido estudiadas para ser inyectadas en la piel, menos aún durante años o décadas, ni tampoco para que se diseminen en forma sistémica por todo el organismo. Es bien sabido que los pigmentos no solo permanecen en el área tatuada, sino que también son transportados a los ganglios linfáticos a través del sistema homónimo. Por lo tanto, los pigmentos pueden permanecer en la región del tatuaje o migrar a otros sitios anatómicos. Esta es la razón por la cual los fabricantes de pigmentos deben minimizar o eliminar todas las impurezas no deseadas de los pigmentos.

La tinta de negro de humo puede contener altas concentraciones de impurezas (hasta 716 µg/g) tales como benzofenona, hexametilentetramina o hexaclorobutadieno, que son bien conocidas sus propiedades genotóxicas y cancerígenas. Estas impurezas se aislaron después de la extracción con benceno/acetona mediante los métodos de cromatografía de gases y espectrometría de masas. De esta forma se demuestra que estos compuestos pueden adsorberse sobre el carbono de la superficie del pigmento negro y no se puede determinar si la extracción se lleva a cabo en un medio hidrofílico. Se cree que el negro de humo no causa reacciones alérgicas o irritantes a nivel cutáneo, pero algunos casos de tatuajes con tinta negra fueron reportados y podrían estar relacionados a esas impurezas. Dichas reacciones deben ser estudiadas si son causadas por el pigmento o sus impurezas.

Las pruebas simples de citotoxicidad analizan extractos y por lo tanto no son adecuadas para partículas insolubles. Actualmente no hay un método validado para determinar los efectos causados por los pigmentos aplicados. Una forma de analizar los pigmentos es solubilizando las partículas, y así pasan de ser

una sustancia inerte y no disponible, en una biodisponible. El problema radica en que esto no representa la realidad y pueden arrojar resultados "falsos positivos".

Es obligatorio que un método estándar sea validado para la evaluación de la seguridad de los pigmentos de tatuajes, y así obtener la correcta información acerca de la citotoxicidad de los mismos, según su permanencia a largo plazo en la dermis.

Algunas impurezas como los metales pesados se encuentran frecuentemente en pigmentos inorgánicos. Jacobsen et al. evaluaron la toxicidad aguda y sistémica de los metales pesados presentes en las tintas de tatuajes. Con respecto al níquel y al cromo, se sabe que causan sensibilización en la piel, pero según la opinión de los autores, basándose en resultados de pruebas de alergia, estos dos elementos parecieran tener menos impacto de lo que se cree. La sensibilización también puede ser causada por aminas aromáticas. Otros metales pesados como el aluminio y el bario, pueden causar granulomas y alteraciones en el sistema cardiovascular, respectivamente.

Además de la evaluación de los pigmentos y sus impurezas, es importante considerar que casi todos los fabricantes usan tratamientos superficiales para mejorar la dispersabilidad y otras propiedades específicas de los pigmentos. Tratamientos inorgánicos como el precipitado de silicatos de aluminio utilizado en el dióxido de titanio, por ejemplo, puede disminuir la fotosensibilidad del pigmento; esto es muy importante ya que disminuiría las reacciones cutáneas post exposición solar.

En conclusión, resulta dificultoso evaluar si hay impurezas potencialmente nocivas en los pigmentos de las tintas, y aún continúa siendo desconocida la biodisponibilidad de estas moléculas durante la larga permanencia en la dermis y el comportamiento al contacto con los fluidos humanos. Es posible que estas impurezas puedan causar reacciones graves, como alergias o granulomas. Los estudios de toxicidad deben considerar tanto los pigmentos como las impurezas. En la actualidad, los pigmentos puros no están disponibles y solo se pueden lograr con un alto esfuerzo y costo.

Descripción general de los pigmentos utilizados

El componente más importante de la tinta para tatuar es el colorante, ya que define la tonalidad de la misma. La mayoría de las tintas consisten en pigmentos insolubles dispersos en agua, asociados a aditivos tales como dispersantes y conservantes. Algunos productos también contienen fragancias.

La selección de pigmentos para tatuajes o para maquillaje permanente puede diferir debido a que en los primeros se utilizan colores más brillantes y luminosos, mientras que en los segundos se prefieren colores más naturales. En general, las tintas a base de agua tienen que ser fotoresistentes y estables al sangrado, y deben permanecer en la dermis y así evitar la migración de partículas en la piel o la escisión de pigmentos inducida por rayos UV.

La gran mayoría de los pigmentos de alta calidad son químicamente inertes, resistentes a la luz, estables a los cambios climáticos, y de baja solubilidad. Estas propiedades hacen que sean los más adecuados para las tintas de tatuaje, ya que logran colores duraderos en la piel.

Hoy en día, los colorantes de tatuajes consisten en pigmentos orgánicos tales como azocompuestos o compuestos policíclicos, que generalmente se obtienen de la industria química. Estos pigmentos comprenden dos características perfectas para ser utilizados en tatuajes: exhiben colores brillantes y son insolubles en tejido acuoso.

Además de pigmentos tales como el negro, rojo, verde, azul, etc., los colorantes pueden contener otras sustancias de acuerdo al método de producción, como conservantes e impurezas, que accidentalmente se añadieron a los colorantes por varias razones. Otro compuesto es el dióxido de titanio, el cual es agregado para cambiar la intensidad del color. Para disolver los pigmentos en polvo se utiliza agua o alcohol isopropílico, entre otros.

La tinta negra no ha sufrido grandes modificaciones con el tiempo. Contiene predominantemente negro de carbón entre sus componentes. Este es un polvo conformado principalmente por partículas amorfas de carbono de pocos nanómetros de diámetros.

Las tintas utilizadas hoy en día difieren de los colorantes clásicos, y ninguna ha sido evaluada toxicológicamente para su uso en tatuajes, es decir, para la aplicación intradérmica. Por lo tanto, aunque se inyecten en el cuerpo humano, estos colorantes no tienen requisitos farmacéuticos.

Los tatuadores inyectan colorantes en la piel a través de agujas accionadas por máquinas para hacer tatuajes. Una fracción de lo inyectado permanece en la dermis como partículas que absorben luz dentro de un rango espectral específico resultando en el color del tatuaje. Otra fracción es removida de la piel a través del sistema linfático y vasos sanguíneos. Es por ello que los colorantes del tatuaje se pueden encontrar en los ganglios linfáticos locales.

Inicialmente, los pigmentos fueron diseñados para uso industrial principalmente en lacas, tintes o plásticos, no para la aplicación en personas. Estos colorantes orgánicos son de pureza variable, y contienen otras sustancias tales como coadyuvantes de cristalización, agentes dispersantes, etc.

Aunque las tintas modernas contienen mayoritariamente pigmentos, los metales pesados siguen conformándolas, ya sea como cromóforos, aditivos de sombreado, o como contaminantes. El análisis de tintas comerciales muestra que el titanio, bario, aluminio y cobre se utilizan como colorantes, mientras que

el antimonio, arsénico, cadmio, cromo, cobalto, plomo y níquel son contaminantes. Algunos óxidos metálicos como el óxido de aluminio o de titanio son adicionados intencionalmente como nanopartículas (partículas menores de 100 nm) para crear efectos especiales en los diseños. Si bien la mayoría de estas partículas forman agregados macroscópicos en muestras de biopsia de piel, el impacto en el organismo aún permanece incierto.

Los análisis han mostrado una tendencia en la reducción y reemplazo de algunos metales pesados como por ejemplo sales de mercurio y cadmio, u óxidos de cromo y cobalto, aunque estas sustancias siguen siendo detectables, como así también titanio, cobre y aluminio, y otros metales de mayor toxicidad como el níquel y el plomo, que se encuentran en altas concentraciones en las tintas. Los metales pesados en general, deberían estar prohibidos como componentes de las tintas para tatuajes, y por tal motivo, no se dispone de ningún valor de referencia para estos productos.

Con respecto a los conservantes y las impurezas, muchos de los utilizados en las tintas están prohibidos para el uso cosmético. Entre estas sustancias prohibidas se encuentran: benzisotiazolinona, fenol, formaldehído, metilisotiazolinona, metilcloroisotiazolinona, N-nitrosaminas como N-nitrosodietanolamina, N-nitrosomorfolina, N-nitrosodibutilamina y N-nitrosodimetilamina, β -naftol, etoxilato de nonilfenolu octilfenoletoxilado.

Un claro ejemplo de lo anteriormente citado, es un estudio realizado en Suiza donde se analizaron 416 muestras de 73 marcas diferentes de tintas de tatuajes. En 13 de ellas se identificaron 39 colorantes orgánicos, ninguno de los cuales alguna vez fueron testeados para su uso en el cuerpo humano.

Pigmentos de colores

Los pigmentos de colores se clasifican por su composición química en azocompuestos o compuestos policíclicos, y se identifican por su número químico. Los pigmentos azo se subdividen en monoazo (los verde-amarillo, amarillo, naranja-rojizo), diazo (verdes, rojo, naranja-rojizo), β -naftol (naranja-rojizo), naphthol (rojo-violeta), y complejos de metal que contienen níquel, cobre o cobalto. Los pigmentos policíclicos generalmente se condensan en sistemas de anillos aromáticos o heterocíclicos. Dos ejemplos importantes son las ftalocianinas (verde, azul) y los pigmentos de quinacridona (rojo-azulado, rojo, violeta).

La síntesis de estos pigmentos es compleja. Están compuestos por diferentes sustancias, algunas no identificadas, y otras conocidas, como es el caso del dióxido de titanio, que se utiliza para aclarar el colorante.

Los pigmentos pueden alterarse si son expuestos a radiación solar o luz de láser, generando las siguientes sustancias: 2-metil-5-nitroanilina (2,5-MNA), 4-nitrotolueno (4-NT), 2,5-dicloroanilina (2,5-DCA) y 1,4-diclorobenceno (1,4-DCB). En varios estudios, se demostraron algunas propiedades nocivas de estos compuestos. Por ejemplo, en un ensayo de linfocitos humanos, 4-NT resultó genotóxico. Por su parte, 2,5-MNA, también conocido como 5-nitro-o-toluidina, causó disfunción hepática en trabajadores de una fábrica de tinturas para cabello. Adicionalmente, Sayama et al. demostraron que 2,5-MNA y algunos dinitrotoluenos son mutagénicos para *Salmonella typhimurium*. Por último, 1,4-DCB indujo tumores renales en ratas macho y tumores hepáticos en ratones machos y hembras, mientras que 2,5-DCA resultó nefrotóxico en ratas.

Colorantes negros

La mayoría de los tatuajes son negros. La tinta utilizada en estos casos está compuesta por hollín, dióxido de titanio y óxido de hierro, entre otros. Se inyecta aproximadamente 1 mg de tinta por cm² de tatuaje. Por lo tanto, grandes cantidades de hollín y HAP potencialmente genotóxicos, se pueden encontrar en biopsias de pieles tatuadas y ganglios linfáticos regionales, incluso años después de realizado el tatuaje. Lo mismo ocurre en tatuajes de colores.

Los colorantes negros son producidos por la combustión incompleta de hidrocarburos, originando hollín y HAP. El principal componente de los colorantes negros es el negro de humo o negro de hollín, que pertenece al grupo 2B del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) como posible cancerígeno para los seres humanos. Al analizar diferentes colorantes negros para tatuajes disponibles comercialmente, se encontraron altas concentraciones de HAP; hasta 201 µg/g en algunos casos. Las moléculas de HAP se encuentran libres en la suspensión del colorante o están unidas a la superficie de partículas de negro de carbono. Los HAPs pertenecen a un gran grupo de contaminantes químicos del ambiente. Consisten en dos o más anillos de benceno fusionados y se generan de forma natural o como resultado de la combustión incompleta de materiales orgánicos, combustibles fósiles, emisiones o humo de tabaco. Algunos HAP están clasificados por la IARC como carcinógenos humanos (por ejemplo, benzo [a] pireno), y otros como probables carcinógenos. El metabolito activo benzo [a] pireno-7,8-diol-9,10-epóxido posiblemente sea el de mayor carcinogenicidad.

La exposición humana a HAP se produce principalmente a través de tres vías: el tracto respiratorio por el tabaquismo y la inhalación de aire contaminado, el tracto gastrointestinal por la ingestión de agua potable y alimentos contaminados, y por vía cutánea, generalmente en expuestos laborales. A diferencia de la aplicación tópica de alquitrán de hulla y la posible absorción dérmica, los colorantes negros son inyectados en la piel durante la realización de un tatuaje negro, lo que resulta en una penetración casi completa de estos HAP en la piel, que luego pueden distribuirse por todo el organismo. Además de las propiedades carcinogénicas, los HAP presentan una amplia gama de efectos nocivos para células y tejidos, incluida la mutagénesis de oncogenes en la piel. Por lo tanto, se consideran potentes agentes inmunotóxicos que alteran la activación funcional de linfocitos e inhiben la diferenciación de macrófagos. Otras investigaciones revelan la presencia de sustancias peligrosas adicionales, tales como el suavizante di-butil-ftalato. Todas estas partículas pueden medir décimas de nanómetros de diámetros, lo que resulta en un gran problema, por lo tanto, es importante continuar y profundizar con las investigaciones en materia de nanotoxicología.

En consecuencia, la piel podría reaccionar a cualquier tinta negra o de color de diferentes formas, como por ejemplo reacciones alérgicas granulomatosas, liquenoides o reacciones de hipersibilidad, infecciones y tumores malignos de la piel.

Colorantes en la piel

En el mundo occidental, la mayoría de los tatuadores utilizan una máquina con agujas, que mediante vibraciones rápidas, perforan la epidermis, alcanzan la dermis, e inyectan los colorantes en la piel. Experimentos con piel de cerdo y piel humana revelan concentraciones de 0.60 a 9.42 mg de pigmento por cm² de piel tatuada utilizando estas máquinas. Las concentraciones varían de acuerdo a la concentración del pigmento aplicado, al tamaño de sus cristales, la intensidad deseada del color del diseño, y las diferentes agujas utilizadas en el procedimiento.

Durante los estudios realizados sobre un pigmento rojo, se demostró que hasta 9.42 mg/cm² de pigmento se aplica en la piel, dependiendo de la técnica y experiencia del tatuador.

El tatuaje daña la piel, causando dolor y sangrado superficial. En una encuesta basada en Internet, personas tatuadas notificaron formación de costras, picazón, hinchazón e incluso infecciones superficiales durante el proceso de curación. Al ser una herida superficial, la piel tatuada se recupera en pocos días. Sin embargo, la encuesta reveló que el 8% de las personas presentaban alguna alteración local a las 4 semanas de realizado el tatuaje, y el 6% tenían problemas más allá de ese lapso. El 3% declaró otros efectos en la salud tales como alteraciones psiquiátricas y fotosensibilidad en la piel tatuada. Estos problemas se relacionaron significativamente con el color del tatuaje y por ende con su composición química. Los colorantes rojos son los más implicados. Esto se confirmó comparando los datos de esa encuesta con informes de casos médicos. Los resultados demostraron que los pigmentos de color, particularmente los rojos, son los principales responsables de generar reacciones adversas de la piel y que las mismas ocurren más a menudo en las extremidades.

Luego de tatuar la piel, las partículas de pigmento se depositan en el citoplasma de las células, en estructuras unidas a las membranas identificadas como lisosomas secundarios. Los macrófagos también pueden contener dichas partículas. Se cree que los colorantes inyectados permanecerán en la piel para siempre. Sin embargo, se describen tres mecanismos principales que pueden reducir la concentración de estos pigmentos. En el primero, parte del colorante se pierde a través del sangrado, durante o inmediatamente después de la realización del tatuaje. En el segundo, algunas moléculas pueden ser transportadas a través del sistema linfático o sanguíneo a sitios distantes de la piel. Por último, meses o años después, parte del colorante se desvanece o atenúa porque los pigmentos en la dermis son repetidamente expuestos a diferentes fuentes de luz, en particular, la radiación solar, incluida la radiación UV. Tal es el caso de los pigmentos azo, que son químicamente inestables cuando se exponen a estas radiaciones. Investigaciones recientes evidenciaron que la mayor parte de los colorantes para tatuajes, como los pigmentos rojos en un 90%, desaparece de la piel meses o años después de realizado el tatuaje, generando un desvanecimiento de la piel coloreada. Sin embargo, al preguntar a las personas tatuadas, casi nadie percibe un cambio en el color del tatuaje. La disminución de la concentración del color puede pasar por alto debido a la intensidad de color de los pigmentos azo persistentes. Un experimento animal in vivo demostró que aproximadamente el 30% de un pigmento rojo inyectado por vía intradérmica desapareció de la piel a las 6 semanas posteriores al tatuaje, y hasta el 60% de ese mismo pigmento, desapareció como consecuencia del exceso de exposición a radiación solar. Por lo tanto, la eliminación de grandes cantidades de pigmentos tatuados es el resultado de la descomposición inducida por la luz en la piel tatuada o por el transporte de pigmentos a otros sitios anatómicos a través del sistema linfático.

Los colorantes negros contienen grandes cantidades de HAP, y las vías enzimáticas y no enzimáticas pueden convertir los HAP en sustancias tóxicas, como benzo [a] pireno-7,8-diol-9,10-epóxido. Ambas vías se localizan en la piel. Las enzimas dependientes del citocromo P450 pueden ser activadas localmente inyectando material extraño en la piel, como tinta de tatuaje. Los HAP en la piel tatuada generan oxígeno simple cuando se la expone a radiación UV, lo que lleva a oxidación de los HAP. Akintobi et al. demostró la inducción del citocromo P450 1B1 (CYP1B1) expresado en fibroblastos dérmicos humanos cuando son expuestos a sustancias xenobióticas como 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina. De esta forma, se cree que CYP1B1 juega un rol muy importante en la activación metabólica de los HAP, pero es necesario continuar con las investigaciones.

Durante la realización de un tatuaje, se pueden inyectar en la piel medidas desconocidas de pigmentos, impurezas y aditivos. Entre las reacciones adversas anteriormente descritas que estas

sustancias pueden causar, se detalla la aparición de tumores malignos sobre pieles tatuadas, tales como carcinoma basocelular o melanoma maligno. Esto ha sido recientemente publicado en informes y revisiones de casos, sin embargo, todavía está bajo discusión si estas alteraciones malignas son coincidentes.

Blackwork o blackout tattoo

La última tendencia para los apasionados por los tatuajes es el *blackwork o blackout tattoo*, una técnica que consiste en tatuarse completamente de negro alguna parte específica del cuerpo, generalmente una amplia superficie, sin dejar piel indemne. Hasta el momento, se considera la forma más extrema de expresión de los tatuajes. Además de los riesgos anteriormente descritos, esta técnica es riesgosa ya que puede enmascarar un diagnóstico temprano de una lesión pigmentaria potencialmente maligna, dificultando la visualización y crecimiento. La tinta puede migrar a los ganglios linfáticos regionales y resultar en una innecesaria ampliación quirúrgica si los mismos son analizados para evaluar la progresión tumoral. Generalmente, en su composición, que frecuentemente el propio tatuador ignora, se incluye al óxido férrico. Esto puede generar disestesias en la piel afectada si el paciente se somete a una resonancia magnética nuclear, por ejemplo. Asimismo, los *blackout* alteran la síntesis de la vitamina D ya que disminuyen la superficie cutánea libre.

Toxicidad

Un problema importante para la evaluación toxicológica de las tintas de tatuaje es la ausencia de datos reales acerca de la composición y su toxicidad. Los cromóforos presentes en las tintas de tatuajes consisten en colorantes orgánicos y una amplia gama de sales metálicas. El aluminio, bario, cobre, hierro y estroncio son a menudo los principales componentes metálicos. Los metales más tóxicos como manganeso, plomo y vanadio también se encuentran en altas concentraciones.

En Europa, la Legislación REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Productos Químicos) obliga a que todos los productos químicos comercializados en el mercado sean testeados previamente, evaluando toxicidad aguda, genotoxicidad, toxicidad reproductiva y carcinogenicidad. Con respecto a la toxicidad dérmica, se estudia el riesgo de irritación, corrosividad y el potencial de sensibilización, pero no así la aplicación intradérmica y el comportamiento como depósito a largo plazo. Por lo tanto, los fabricantes de la materia prima no pueden respaldar el uso de los pigmentos para tatuar. Por otra parte, los tests sólo evalúan los pigmentos, no así las formulaciones listas para usar ni las impurezas que presentan tales como HAP, nitrosaminas, pigmentos metálicos, fenoles, formaldehído o ftalatos.

La tinta roja ha demostrado tener un fuerte potencial citotóxico. Los cromóforos aromáticos en los tatuajes están sujetos a fotólisis, dando así el efecto de desvanecimiento del color que, al margen del resultado estético indeseado, algunos de los productos de la descomposición son carcinógenos sospechosos o conocidos en el hombre. La fotodescomposición del pigmento amarillo a aminas primarias, del naranja a 3,3'-dicloro-4-aminobifenilo o 3,3'-diclorobenzidina, y del rojo a aminas aromáticas, son algunos ejemplos de este tipo de proceso metabólico, que si bien ha sido bien establecido en células *in vitro*, es necesario continuar estudios *in vivo* para determinar la toxicidad en humanos.

En forma aguda, los pigmentos que contienen sulfuro de cadmio pueden inducir fotodermatitis. Por su parte, las tintas rojas pueden desarrollar lesiones similares al lupus eritematoso discoide post exposición a la luz.

La mayoría de los colorantes para tatuajes provienen de pigmentos utilizados en la industria alimentaria y sus productos de consumo. Las pruebas toxicológicas evalúan la toxicidad oral, sistémica y la sensibilización, pero no así las complicaciones como depósito intradérmico de por vida.

Metabolismo y Carcinogenicidad

Luego de su depósito intradérmico, los pigmentos del tatuaje pueden reaccionar con el tejido circundante e ingresar a la célula. El metabolismo es incierto, se cree que la disponibilidad celular es baja debido a su baja solubilidad, convirtiéndolos en materia inerte. En efecto, la persistencia de la coloración del tatuaje indica que los procesos metabólicos son lentos. Sin embargo, la baja solubilidad no es una característica de todos los colorantes y componentes de la tinta y, con un depósito de por vida, incluso el metabolismo lento es relevante. Además, algunos pigmentos contienen nanopartículas, que tienen una cinética de distribución, metabolismo y excreción diferente. Por ejemplo, el pigmento amarillo se metaboliza por el citocromo P450 (CYP) formando compuestos reactivos al ADN. Los CYP implicados son CYP1A1, 1A2, 1B1 y 3A4. Además, los tatuajes son parte del *clearance* natural de la piel. En estudios realizados en animales y seres humanos tatuados, se demostró que las tintas se borran luego de la aplicación, siendo la eliminación del pigmento alta (87-99%). Debido a la baja solubilidad y ausencia de *clearance*, los pigmentos permanecen y se metabolizan en el organismo, pero aún es desconocido si afecta a otros órganos además de la piel y en qué medida.

El posible efecto carcinogénico local y sistémico de los tatuajes y las tintas no es claro. Las tintas comerciales pueden contener HAP potencialmente cancerígenos en concentraciones variables de 0.14 - 201 µg/g. Y si bien estos compuestos quedan depositados en el sitio de inyección, concentraciones de hasta 11.8 µg/g de tejido han sido informados en los ganglios linfáticos locales.

Las tintas pueden contener sustancias potencialmente carcinogénicas tales como los colorantes azoicos, aminas aromáticas, fenol, hexacloro-1,3-butadieno, metilnamina, dibenzofurano, benzofenona y 9-fluorenona. A pesar de ello, existen diversos factores que influyen en la evolución, como por ejemplo el proceso de fotólisis, el metabolismo propio de cada especie, el trauma inicial sobre la piel tatuada, la subsecuente reacción inflamatoria aguda que luego puede cronificarse, factores socioambientales, etc.

Los datos epidemiológicos disponibles son escasos. Se requieren estudios de cohorte durante largos periodos debido a la prolongada latencia de desarrollo de cáncer. Una extensa revisión de la literatura científica reportó un número bajo de aproximadamente 50 casos de cáncer de piel posiblemente relacionados a los tatuajes. Por lo tanto, hasta ahora, cualquier asociación tiene que ser considerada como una coincidencia.

Complicaciones

El proceso de tatuar expone al destinatario a diversos riesgos tales como infecciones dermatológicas con patógenos de alta agresividad y de difícil tratamiento, como es el caso de las mycobacterias no tuberculosas. Históricamente, el control de estas infecciones se ha centrado en garantizar prácticas seguras de tatuaje y prevención de la contaminación de la tinta utilizada.

Inicialmente, las lesiones cutáneas pueden confundirse con reacciones alérgicas. Para determinar la etiología de las mismas, a menudo se realiza biopsia de piel, análisis histopatológico y cultivo para gérmenes comunes y especiales. El diagnóstico suele ser tardío, por tal motivo, si las infecciones son diagnosticadas en forma errónea, los pacientes pueden recibir tratamientos ineficaces. La coinfección con *Staphylococcus aureus* meticilino resistente (SAMR) es una de las complicaciones más frecuentes.

El tatuaje implica la ruptura de la barrera de la piel y por lo tanto conlleva un cierto riesgo de infección. Entre 1-5% de las personas tatuadas presentan infecciones después de realizarse un tatuaje. Estas infecciones pueden ser locales (cutáneas) y/o sistémicas. El primer grupo se caracteriza por la formación de abscesos, celulitis, erisipela, fascitis y gangrena, siendo los gérmenes más involucrados el *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium chelonae*, mycobacterias tuberculosas y no tuberculosas; mientras que los hongos y algunos virus transmitidos por sangre tales como hepatitis B y C, y VIH, se reservan para el segundo grupo. Las posibilidades de desarrollar sepsis y endocarditis son altas.

El riesgo de infección depende principalmente de las condiciones de antisepsia bajo la cual se realiza el tatuaje. Debido a una mayor conciencia de la higiene, las infecciones ahora son causadas principalmente por patógenos oportunistas y microorganismos comensales de la piel. Las tintas suelen ser una fuente de contaminación bacteriana, incluyendo aquellas etiquetadas como estériles. La contaminación también puede originarse durante la fabricación de las tintas, o en la dilución de las mismas utilizando agua potable o disolvente no estéril.

En Alemania, el 10% de la población está tatuada, y debido a su creciente popularidad, se puede esperar que este número aumente en los próximos años. En el año 2010, se realizaron encuestas a un grupo de personas tatuadas, y los resultados arrojaron los siguientes datos: el 68% de las personas tatuadas informaron complicaciones locales como prurito, ardor o enrojecimiento luego del procedimiento, y el 7% reportaron síntomas persistentes tales como pápulas en la piel afectada o granulomas, principalmente los que utilizaron tintas de colores. Un 7% presentó efectos sistémicos, y otro 6% efectos crónicos. A pesar de ello, sólo los casos graves realizaron la consulta médica correspondiente.

En Dinamarca, los eventos adversos crónicos notificados más frecuentes son de tipo reacciones alérgicas, particularmente en los tatuajes color rojo. Dichas reacciones pueden aparecer meses o años después de realizado el tatuaje. Este largo período de sensibilización inducida se considera una complicación retardada, y aunque las razones exactas aún no se han dilucidado, denota que el problema es mucho mayor: el depósito intradérmico de pigmentos del tatuaje resulta en una exposición de por vida.

La mayoría de las reacciones son inflamatorias y pueden ir desde ulceración en casos de alergia severa a excesiva hiperplasia epidérmica o incluso uveítis conjuntival. Las características histológicas inflamatorias subyacentes son la dermatitis de interfase y la infiltración de linfocitos T. La tinta roja se considera la más alérgica, y genera los eventos anteriormente descritos. Su principal compuesto es el níquel.

Después del negro, la tinta roja sigue siendo el color más utilizado en los tatuajes, por lo tanto el potencial alérgico registrado es muy alto. Aún no se sabe con certeza la razón por la cual continúa siendo un problema; se cree que el cadmio podría ser el responsable debido a su efecto fotosensibilizador. Otra teoría propone una reacción contra aminas aromáticas primarias específicas, producto de la ruptura de algunos pigmentos orgánicos. De esta forma, se respalda la hipótesis de que el alérgeno se forma dentro de la piel, probablemente a través del metabolismo de los pigmentos.

Cabe destacar que además de las complicaciones severas, estas alergias también producen sensibilización contra colorantes textiles. Muchas tintas inducen una respuesta proliferativa en ganglios linfáticos regionales, confirmando así la inmunogenicidad.

A pesar de la gran utilidad de los test de alergia utilizando parches, en este caso no son del todo adecuados para identificar las tintas alérgicas, debido a la cantidad de sustancias no descritas que presentan. Por tal motivo, la ausencia de un test de alergia confiable para las tintas de colores de tatuajes sigue siendo un problema.

Transporte de los colorantes de tatuajes a otros sitios anatómicos

Los colorantes para tatuajes son una mezcla compleja de varias sustancias con diferentes estructuras fisicoquímicas. Contienen moléculas de diferentes tamaños, y muchas de ellas están en forma de monómeros, dímeros o polímeros con diferentes solubilidades, lo que influye en el transporte dentro de la dermis y a otros órganos. Estas moléculas se pueden metabolizar en la piel activando el sistema inmune y desencadenando una reacción compleja local.

Después de la inyección en la piel, algunas partículas del pigmento quedan encapsuladas en la dermis. Como se mencionó anteriormente, los colorantes pueden ser transportados a otros sitios anatómicos a través de los vasos sanguíneos y/o linfáticos luego de realizado el tatuaje, o bien, varios meses o años más tarde, en este último caso a través del sistema linfático. Estas moléculas pueden llegar a

otras ubicaciones anatómicas y almacenarse en otros órganos tales como hígado, bazo y riñón, o pueden eliminarse a través de la orina o heces. En consecuencia, después de tatuar la piel, los colorantes inyectados pueden representar un riesgo para todo el organismo. Exceptuando el transporte de los colorantes hacia los ganglios linfáticos, el resto de las vías continúan en estudio.

Se supone que las partículas grandes que no pueden llegar a los ganglios linfáticos, quedan en la dermis. Por lo tanto, cualquier proceso que reduzca su tamaño, ayudarán a reducir su concentración en la piel. Un mecanismo importante para la desintegración de las partículas es la descomposición de las moléculas inducida por la luz, esto puede ocurrir continuamente siempre que la piel tatuada esté expuesta a fuentes de luz. Otros mecanismos como la degradación enzimática o la activación de macrófagos, podrían contribuir al transporte de las partículas. Se desconoce si existen otros mecanismos.

Actualmente no hay datos concretos con respecto a los efectos sistémicos de los colorantes y sus metabolitos, debido a que las investigaciones científicas y los datos epidemiológicos son insuficientes.

Millones de personas tienen varios tatuajes, con tamaños que superan los 600 cm². En este caso, aproximadamente 1500 mg de pigmentos azoicos, por ejemplo, se inyectan en el cuerpo humano. En el caso de los colorantes negros, se inyectan grandes cantidades de HAP en la piel y, por lo tanto, un alto porcentaje debe ser transportado a otros órganos, y así causar efectos nocivos en el organismo.

A nivel placentario, se analizaron altas concentraciones de HAPs, utilizando los métodos de cromatografía de gases y espectrometría de masas. Estas mediciones se asociaron a un riesgo aumentado de presentar defectos de cierre del tubo neural, anencefalia y espina bífida, en un 4.52, 5.84 y 3.71 respectivamente.

Los HAP son xenobióticos del medio ambiente que pueden activar la cascada oxidativa en las distintas células. Además de su toxicidad y mutagenicidad, también se conoce su inmunotoxicidad, ya que altera la regulación de IgE.

Tatuajes temporales con Henna

El polvo de henna natural, es un pigmento extraído de la planta *Lawsonia inermis*. De sus hojas se obtiene el principio activo 2-hydroxy-1,4-naftoquinona. Gracias a su color ocre, ha sido empleada como sustancia pigmentante desde hace siglos para teñir la piel, las uñas o el cabello. Diversas culturas como la hindú o la musulmana, la utilizaban para realizar tatuajes temporales o seudotatuajes. Se trata de una sustancia con un escaso potencial sensibilizante y los casos reportados de dermatitis alérgica de contacto son infrecuentes.

En los últimos años, la realización de tatuajes temporales con henna negra se ha hecho muy popular en la población pediátrica, y como consecuencia de las sustancias adulterantes, la incidencia de efectos adversos se ha incrementado significativamente.

Su coloración marronácea, su baja definición y la escasa duración del pigmento en la piel hacen que los resultados sean poco satisfactorios. Por este motivo, habitualmente se añade parafenilendiamina (PPDA) a la mezcla de henna para acelerar el secado, mejorar la definición, oscurecer el color y conseguir que se parezcan más a los tatuajes permanentes. El fruto de esta mezcla se conoce como henna negra.

La PPDA es un colorante disperso con una intensa tonalidad negra. En su forma oxidada es inocuo, pero en la práctica habitual nunca se encuentra oxidado en su totalidad. En este caso, se convierte en un potente alérgeno de contacto, encabezando los primeros puestos de la lista de las sustancias más sensibilizantes de la FDA.

La forma más frecuente de manifestación de sensibilización a PPDA es la dermatitis alérgica de contacto (DAC), que cursa habitualmente con eritema, vesículas y ampollas en la zona de aplicación de la sustancia. En ocasiones, pueden producirse reacciones alérgicas sistémicas muy graves e incluso mortales. Las lesiones cutáneas habitualmente son de tipo eczematoso pero puede presentarse también como reacciones liquenoides o similares al eritema multiforme. Pueden ser persistentes, con secuelas por hipo o hiperpigmentación, así como también futuros problemas debido a que se encuentra presente en múltiples productos de la vida cotidiana.

Desde hace algunos años es frecuente ver, en lugares turísticos, puestos ambulantes donde se ofrecen tatuajes temporales de henna negra, sobre todo a población infantil y adolescentes. Estos puestos carecen de las regulaciones sanitarias correspondientes y no existe control alguno sobre los productos que utilizan.

La henna se aplica como una pasta sobre la piel en forma de dibujo y se la deja actuar un mínimo de 12 horas, para obtener así, por oxidación de la capa córnea, una decoloración marrón rojiza. Para oscurecer el color se han utilizado jugos de limón o de remolacha, cáscara de nuez, azúcar, p-toluendiamina, metales pesados (cromo, mercurio, níquel, cobalto) y PPDA. Esta última se utiliza, además, para acelerar el proceso de fijación a 1-2 horas, mejorar la perfilación del tatuaje y aumentar su duración a 1-3 semanas. Este lapso de tiempo depende de la frecuencia del lavado, tipo de jabón, pH de la piel y temperatura corporal.

Según la normativa vigente en la Unión Europea sobre la composición de productos cosméticos, el uso de PPDA está aprobado en tinturas capilares a concentraciones no superiores al 6%, y la aplicación directa en piel, pestañas o cejas está prohibida. Sin embargo, continúan siendo frecuentes los casos de dermatitis alérgica de contacto tras la realización de tatuajes de henna adulterada con PPDA.

La PPDA es un compuesto aromático y uno de los principales sensibilizantes asociados a tinturas capilares. Cuando se aplica en el cabello, además, se utiliza como neutralizante el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada, H₂O₂). Esta sustancia empleada en las tinturas capilares acelera la oxidación de la PPDA y limita su capacidad sensibilizante. Sin embargo, H₂O₂ no es un componente habitual de los tatuajes de henna, y no se produce ningún proceso de oxidación, por lo tanto, la PPDA tiene un alto potencial sensibilizante.

Diversos estudios han medido por medio de cromatografía líquida de alta sensibilidad, tanto cualitativa como cuantitativamente, las concentraciones de PPDA en “kits” de tintas utilizados para la realización de tatuajes temporales de henna negra: oscilan de un 2 a un 15%. Kang y cols. concluyen que, aún en concentraciones bajas, la PPDA puede desencadenar DAC, incluso sin existir sensibilizaciones previas.

Para utilizar estos “kits”, la tinta se aplica en contacto directo con la piel, sin utilizar neutralizadores y, en la mayoría de los casos, en forma oclusiva, lo que permite un contacto prolongado y favorece la penetración de la PPDA. La mayoría de las reacciones positivas a PPDA fueron consideradas de relevancia presente, indicando que la alergia a la PPDA con frecuencia conduce a una DAC clínicamente manifiesta.

Se cree que en la epidermis actúa como prohapteno, donde se transforma por oxidación en benzoquinona, que produce un ataque nucleofílico y desencadena un proceso de hipersensibilidad de tipo IV. La complicación más frecuentemente observada es una reacción eccematosa aguda, que evoluciona a una hipopigmentación en la zona del tatuaje y, según la intensidad de la reacción, también se han documentado diseminación del eccema, cicatrices hipertróficas o reacciones liquenoides.

El diagnóstico de DAC consiste en la demostración *in vivo*, sobre el enfermo, de una reacción inmunitaria celular (de tipo VI), que demuestra la sensibilización del paciente a la sustancia evaluada. Esto se realiza mediante pruebas epicutáneas o pruebas del parche. La prueba del parche consiste en aplicar durante 48 horas, sobre la piel sana del paciente (habitualmente la espalda) sustancias o alérgenos a una concentración y vehículos adecuados. La lectura se realiza a las 48 y 96 horas de la aplicación. El grado de positividad se indica como: negativo (ausencia de reacción); + (eritema); ++ (edema-vesículas); +++ (ampollas-erosiones). Es imprescindible correlacionar los resultados con la historia clínica para valorar la relevancia del alérgeno en la patología cutánea actual del enfermo, descartar los fenómenos irritativos y conocer la naturaleza molecular del alérgeno para comprender las posibles reacciones cruzadas.

La PPDA es estructuralmente similar a otros grupos químicos y presenta un metabolito intermedio común, la benzoquinona, por lo que puede presentar reacciones cruzadas. Entre las sustancias con características similares se destacan los grupos azo (presentes en tintas textiles), que producen alergia de contacto a ropa de colores oscuros tras la realización de tatuajes de henna negra; las sulfonamidas, un grupo amplio que incluye antibióticos, hipoglucemiantes y fármacos; el ácido paraaminobenzoico (PABA), componente de diversos protectores solares; y derivados del PABA, como la benzocaína y procaína, ambos anestésicos.

Además, puede haber reactividad cruzada con sustancias presentes en tinturas capilares con estructura similar, como la p-toluendiamina y la paminodifenilamina.

Para la transferencia del dibujo a pintar se utilizan plantillas plásticas y pegamentos que contienen thiuranos y colofonías. La inflamación intensa producida por DAC ocasionada por la PPDA podría favorecer la sensibilización a estos otros elementos.

Se estima que hasta en un 83% de los casos existe sensibilización a PPDA, por lo cual se asume, por su alta incidencia, que la DAC es probablemente mediada por esta sustancia.

Otro de los motivos es que, incluso en concentraciones bajas, pueden producir reacciones intensas con necrosis y riesgo de hipopigmentación permanente en la zona del parche.

Este tipo de tatuajes temporales se dirige a niños y adolescentes como una técnica incruenta e inocua, pues no se emplean agujas para su realización. Como no se encuentran contemplados en las normativas sobre cosméticos, no existe regulación al respecto y, por tratarse de tatuajes temporales, tampoco se someten a la legislación que regula la realización de tatuajes permanentes.

Estudios recientes realizados en niños con DAC, en la mitad de los casos, el mecanismo causante de la alergia fue la realización de un tatuaje, siendo la principal causa de alergia a PPDA en la población pediátrica. La segunda causa más frecuente fue la aplicación de tinturas capilares, por la frecuente presencia de PPDA en estos productos. La prevalencia de sensibilización a PPDA fue similar en ambos sexos, siendo mucho más frecuente en niños mayores. Este resultado es compatible con la mayor realización de tatuajes con henna en el ámbito adolescente. Las localizaciones más elegidas son los miembros superiores y abdomen.

Pese a la prohibición del empleo de PPDA en productos tópicos, la prevalencia de sensibilización a esta sustancia se ha duplicado en los últimos 10 años, por lo que parece fundamental una campaña de información a la población acerca de los riesgos del PPDA y los tatuajes con henna adulterada.

Las concentraciones de PPDA encontradas en henna negra en la literatura oscilan entre el 0.4 y el 30%, siendo en la mayoría de las ocasiones muy superior al presente en tinturas capilares. Esto convierte a la henna negra en una sustancia con muy alta capacidad sensibilizante.

La DAC por PPDA es una enfermedad con un pronóstico habitualmente favorable. Sin embargo, las reacciones alérgicas en ocasiones pueden ser muy intensas poniendo en peligro la vida del paciente. Así mismo se han descrito casos de lesiones necrotizantes, cicatrices queloides o hipopigmentación postinflamatoria tras reacciones alérgicas a PPDA.

En los pacientes sensibilizados a PPDA por un tatuaje, la aplicación a lo largo de la vida de tinturas capilares puede producir reacciones alérgicas muy graves, dada la presencia habitual de PPDA en estos compuestos. Se trata de un fenómeno frecuente y del que el paciente debe ser advertido.

Eliminación de tatuajes y perspectivas técnicas

Las encuestas indican que hasta el 50% de las personas tatuadas se arrepienten o tienen dudas en algún momento de la vida sobre su decisión. Sin embargo, solo unos pocos consiguen removerlo debido al alto costo y al riesgo de cicatrices. Las técnicas anteriormente realizadas incluyen abrasión de la piel con sales, cauterización química o el uso de cepillos de alambre para quitar la piel. Otras técnicas intentan inducir una respuesta inflamatoria cutánea con ácido tricloroacético o ácido láctico. Tales procedimientos llevan el riesgo de cicatrices y despigmentación de la piel. En el caso de reacciones alérgicas, la escisión quirúrgica o rasurado del área son opciones válidas ya que no quedan residuos de pigmento o productos de degradación en la piel. La forma más moderna de eliminación de tatuajes es el láser, resultando más efectivo y menos traumático que los métodos térmicos anteriormente utilizados. A pesar de ello, el riesgo de cicatrización posterior al tratamiento aún persiste, y el efecto fisiopatológico y toxicológico del destino de los pigmentos del tatuaje post fotólisis inducida por láser es incierto.

La remoción con láser es el método más utilizado en ausencia de reacciones alérgicas. La termofotólisis inducida por la longitud de onda permite seleccionar los colores sin destruir la piel. Se necesitan entre 4 a 10 sesiones promedio para remover un tatuaje. En algunos casos la eliminación completa nunca se logra, especialmente en los tatuajes multicolores, esto se debe a la presencia de pigmentos inorgánicos como hierro, zinc y óxido de titanio. Asimismo, los productos de degradación post láser pueden provocar reacciones alérgicas y/o inmunes, como por ejemplo, linfadenopatía regional luego del tratamiento con láser de tatuajes negros, azules y verdes. Cabe destacar que los efectos sistémicos aún no han sido reportados. Por otro lado, la seguridad toxicológica de los nuevos métodos de láser para remoción de tatuajes aún no se ha establecido.

Conclusiones

Millones de personas en todo el mundo poseen tatuajes. Los efectos sistémicos aún no han sido investigados en profundidad, por lo tanto, se recomienda realizar estudios farmacológicos, toxicológicos y epidemiológicos para dilucidar el posible impacto de los tatuajes en la salud humana, y así implementar medidas internacionales para la protección del consumidor en forma urgente.

Es importante dar a conocer los riesgos potenciales que pueden ocasionar, desde reacciones alérgicas cutáneas con secuelas cosméticas, hasta reacciones alérgicas graves por reexposición en la edad adulta, con compromiso sistémico grave.

Se debe desaconsejar la realización de tatuajes temporales con henna negra en la población pediátrica, debido al alto riesgo de desarrollar reacciones alérgicas graves potencialmente fatales o secuelas en el futuro consecuencia de su gran poder sensibilizante.

La información sobre la presencia de tatuajes, *piercings*, etc. debería estar incluida como rutina en las historias clínicas y anamnesis sobre el estado de salud de los pacientes, esto ayudaría a la identificación de las consecuencias y efectos potenciales de las tintas de tatuajes. Para facilitar este objetivo, sería importante desarrollar estudios prospectivos epidemiológicos, estándares y métodos validados y adaptados para dicho fin.

La mayoría de los pigmentos que se utilizan en las tintas de tatuaje se desarrollaron para otras aplicaciones, por lo tanto, presentan una mezcla compleja de varios compuestos químicos cuya identificación es incompleta e incierta. Solo unos pocos pigmentos disponibles son considerados cosméticos, pero ninguno de ellos han sido estudiados para aplicaciones intradérmicas ni para estar presentes en la piel y en los ganglios linfáticos por décadas. Es de vital importancia que se realicen ensayos y análisis químicos de estos productos presentes en el mercado y determinar la seguridad para este tipo de uso. Idealmente, deberían realizarse evaluaciones para aprobar la aplicación intradérmica hasta una dosis definida. Sin embargo, debido a la incertidumbre sobre la toxicocinética y metabolismo de los pigmentos, los resultados serán a largo plazo.

Con respecto a la legislación, es necesario el establecimiento de un marco legal a la industria de los cosméticos y de los tatuajes, incluyendo a los de henna negra. Debe lograrse una evaluación adecuada de riesgos, con exclusión o limitación de determinadas sustancias para las cuales exista evidencia científica de efectos adversos en el organismo, y así mejorar enormemente el nivel de seguridad de los consumidores.

Aunque la industria debería cumplir con las normativas existentes y tomar una actitud más proactiva sobre la seguridad de los tatuajes, los entes reguladores y los científicos tienen una gran responsabilidad de abordar los posibles riesgos que conlleva esta práctica.

La regulación y estandarización son elementos importantes para implementar requisitos de alta calidad y seguridad para las tintas de tatuajes, sobre todo si es a nivel internacional, ya que ayudaría a equilibrar la normativa en todos los países y de una forma más rápida.

Las agujas de los dispositivos de tatuaje también deben ser investigadas ya que podrían ser potenciales fuentes de contaminación microbiológica aportando sustancias no estériles, y por lo tanto, generar reacciones indeseadas.

Lamentablemente, esto no cambiará en el futuro porque las tintas de los tatuajes pertenecen a un mercado pequeño, y ningún productor de pigmentos se concentraría en este negocio porque no es lo suficientemente rentable.

Por último, los tatuadores y las personas que se realizan tatuajes, deben tomar conciencia que un tatuaje, además de ser “arte”, implica una exposición interna de por vida a una mezcla de sustancias que no han sido categorizadas con respecto a sus posibles efectos adversos en la salud.

Reflexión

Hoy en día, tatuarse no es necesariamente una conducta muy meditada, ni apela siempre a símbolos emocionales o significados profundos. Los tatuajes son una de las tantas intervenciones estéticas que nos ofrece el mercado actual, como parte de una tendencia más general de autoconstruir la propia imagen y apariencia del cuerpo.

El deseo de tatuarse puede no estar atado a un diseño en particular. El significado del tatuaje a veces es simbólico desde el diseño mismo, y a veces desde el hecho de tatuarse, el pincharse la piel para autoinfringirse un dolor porque “estamos atravesando algún dolor en nuestra propia vida”. El dolor, entonces, no aparece en el tatuaje precisamente como un "mal necesario" sino como una parte integral de la experiencia.

Esta capacidad de operar constantemente sobre el propio cuerpo moldeándolo y adaptándolo a nuestros supuestos deseos, ocupa hoy un lugar cada vez más central en nuestras vidas. El tatuaje ya no se lee necesariamente como una protesta antisistema, incluso en muchos ámbitos laborales que en otra época no los hubieran admitido hoy son aceptados y apreciados como signos de creatividad y de "mente abierta".

A medida que el tatuaje se masificó y perdió su carácter de contracultura, se convirtió en una moda irónica justamente porque es para siempre: esa permanencia es un incentivo para que, en lugar de sencillamente "pasar de moda", el tatuaje se resignifique a lo largo de los años. Lo que en algún momento fue un gesto transgresor hoy puede leerse como la marca de un momento o una decoración, tanto a nivel personal como a nivel social.

Pigmento/Color	Fuente	Reacción
Rojo	Mercurio (como sulfuro de mercurio) Cadmio Cinabrio o bermellón (cinabarita) Pigmentos rojos no metálicos (orgánicos): Carmín Lago escarlata Sándalo Bosque del Brasil	Reacciones cutáneas tempranas o tardías, en contacto con agentes químicos reductores Timerosal: reacciones locales Alergia al timerosal: utilizar pigmentos no metálicos Fotosensibilidad a la exposición solar
Negro	Derivados del Carbono Tinta negra Henna negra Leña	Reacciones alérgicas locales/sistémicas
Amarillo	Sulfuro de cadmio	Reacciones locales/sistémicas Eczemas Fotosensibilidad
Azul	Sales de cobalto	Granulomas Reacciones alérgicas cutáneas localizadas Inflamación ocular, uveítis
Verde	Cromo Óxido de cromo Nombres: Verde cromo, verde canocalcita y verde de Guignet Sesquióxido de cromo o verde de cromo (otro tipo de sal de cromo) y derivados de la sal de cobre: se usan para hacer los sombreados como en el caso del verde esmeralda	Eczemas locales o sistémicos Reacciones alérgicas tardías Prurito
Púrpura/Violeta	Manganeso	Granulomas
Marrón	Se crea utilizando rojo veneciano, un derivado del óxido férrico, o de sales de cadmio	Fotosensibilidad a la exposición solar
Blanco	Titanio u óxido de zinc Carbonatos de plomo	Reacciones cutáneas locales
Otros colores	Colores como el neón por lo general contienen compuestos fluorescentes y metálicos	Reacciones alérgicas locales/sistémicas

Cuadro 1. Resumen de los tipos de pigmentos de colores, las diversas fuentes y los efectos adversos.
Fuente: <http://www.brownskin.net/sp/tattoos.html>

Bibliografía

LeBlanc, P. M.; Hollinger, K. A. and Klontz, K. C. (2012). Tattoo Ink -Related Infections- Awareness, Diagnosis, Reporting, and Prevention. *N Engl J Med*, 367(11), 985-987.

Laux, P.; Tralau, T.; Tentschert, J.; Blume, A.; Al Dahouk, S.; Bäumlner, W.;... Luch, A. (2015). Review: A medical-toxicological view of tattooing. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60215-X

Serup, J.; Kluger, N. and Bäumlner, W. (2015). Absorption, Distribution, Metabolism and Excretion of Tattoo Colorants and Ingredients in Mouse and Man: The Known and the Unknown. *Tattooed Skin and Health. Curr Probl Dermatol*, 48, 176-184. DOI: 10.1159/000369222

Serup, J.; Kluger, N. and Bäumlner, W. (2015). Chemical Purity and Toxicology of Pigments Used in Tattoo Inks. *Tattooed Skin and Health. Curr Probl Dermatol*, 48, 136-141. DOI: 10.1159/000369647

Ortiz Salvador J. M., et al. (2016). Dermatitis alérgica de contacto a parafenilendiamina por tatuajes con henna en población pediátrica. *An Pediatr (Barc)*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2016.02.010>

Sánchez Moya, A. I.; Gatica, M. E.; García Almagro, D. y Larralde, M. (2010). Dermatitis alérgica de contacto por tatuajes temporales de "henna negra". *Arch Argent Pediatr*, 108(4), 96-99.

Parvez, S., et al. (2016). Medical Complications of Tattoos: A Comprehensive Review. *Clinic Rev Allerg Immunol*. DOI 10.1007/s12016-016-8532-0

Wenzel, S. M.; Welzel, J.; Hafner, C.; Landthaler, M. and Bäumlner, W. (2010). Permanent make-up colorants may cause severe skin reactions. *Contact Dermatitis*, 63, 223-227.

Resolución ResAP (2008) sobre los requisitos y criterios de seguridad de tatuajes y maquillaje permanente (sustituye a la Resolución ResAP (2003) sobre tatuajes y maquillaje permanente). *Aprobada por el Comité de Ministros el 20 de febrero de 2008 en la reunión nº 1018 de Representantes de Ministros*. Consejo de Europa. Comité de Ministros.

Moretti, T. (2012). Riscos Toxicológicos das Tatuagens. *Rev Inter Tox*, 5(3), 42-56.

First International Conference on Tattoo Safety. BfR-Symposium, Berlin, June 6 - 7, 2013.

Wamer, W. G. and YIN, J. J. (2011). Photocytotoxicity in human dermal fibroblasts elicited by permanent makeup inks containing titanium dioxide. *J Cosmet Sci*, 62, 535-547.

Tattoos and Permanent Makeup

<http://www.fda.gov/Cosmetics/ProductandIngredientSafety/ProductInformation/ucm108530.htm>

Wang, P. G. and Krynetsky, A. J. (2011). Rapid determination of para-phenylenediamine by gas chromatography–mass spectrometry with selected ion monitoring in henna-containing cosmetic products. *J Chromatogr B* 879, 1795-1801. DOI:10.1016/j.jchromb.2011.04.030

Serup, J.; Kluger, N. and Bäumlner, W. (2015). Tattoo Inks: Legislation, Pigments, Metals and Chemical Analysis. *Tattooed Skin and Health. Curr Probl Dermatol*, 48, 152-157. DOI: 10.1159/000369196

El tatuaje y sus procesos. Tintas para tatuaje. www.argentinatattoo.com.ar
<http://www.brownskin.net/sp/tattoos.html>

- Kim, C.; Gao, J.; Shannon, V. R. and Siefker-Radtke, A. (2016). Systemic sarcoidosis first manifesting in a tattoo in the setting of immune checkpoint inhibition. *BMJ Case Rep*. DOI: 10.1136/bcr-2016-216217
- Schreiver, I.; Hutzler, C.; Andree, S.; Laux, P. and Luch, A. (2016). Identification and hazard prediction of tattoo pigments by means of pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry. *Arch Toxicol*, 90(7), 1639-50. DOI: 10.1007/s00204-016-1739-2
- Laux, P.; Tralau, T.; Tentschert, J.; Blume, A.; Al Dahouk, S.; Bäumler, W.;... Luch, A. (2016). A medical-toxicological view of tattooing. *Lancet*, 387(10016), 395-402. DOI: 10.1016/S0140-6736(15)60215-X
- Grant, C. A.; Twigg, P. C.; Baker, R. and Tobin, D.J. (2015). Tattoo ink nanoparticles in skin tissue and fibroblasts. *Beilstein J Nanotechnol*, 6, 1183-91. DOI: 10.3762/bjnano.6.120
- Petersen, H. and Lewe, D. (2015). Chemical purity and toxicology of pigments used in tattoo inks. *Curr Probl Dermatol*, 48, 136-41. DOI: 10.1159/000369647
- Körner, R.; Pföhler, C.; Vogt, T. and Müller, C. S. (2013). Histopathology of body art revisited - analysis and discussion of 19 cases. *J Dtsch Dermatol Ges*, 11(11), 1073-80. DOI: 10.1111/ddg.12178
- Fircanis, S.; Shields, R.; Castillo, J.; Mega, A. and Schiffman, F. (2012). The girl with the iron tattoo. *Virulence*, 3(7), 599-600. DOI: 10.4161/viru.22122
- Harper, J.; Losch, A. E.; Otto, S. G.; Zirwas, M.; Delaney, K. O. and Wakelin, J. K. (2010). New insight into the pathophysiology of tattoo reactions following laser tattoo removal. *Plast Reconstr Surg*, 126(6), 313-314. DOI: 10.1097/PRS.0b013e3181f63fde
- Forte, G.; Petrucci, F.; Cristaudo, A. and Bocca, B. (2009). Market survey on toxic metals contained in tattoo inks. *Sci Total Environ*, 407(23), 5997-6002. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2009.08.034
- Islam, P.S.; Chang, C.; Selmi, C.; Generali, E.; Huntley, A.; Teuber, S. S. and Gershwin, M. E. (2016). Medical Complications of Tattoos: A Comprehensive Review. *Clin Rev Allergy Immunol*, 50(2), 273-86. DOI: 10.1007/s12016-016-8532-0
- Haber, R. and Farid, S. (2016). Granulomatous tattoo reaction confined to red pigment. *Ann Dermatol Venereol*, 143(1), 79-80. DOI: 10.1016/j.annder.2015.09.001
- Dorado Fernández, M.; Salas-García, T.; López-Gómez, A. and Brufau Redondo, C. (2016). Granulomatous reaction in a patient with eyebrows tattoo. *Med Clin (Barc)*, 146(1), 5. DOI: 10.1016/j.medcli.2015.04.016
- Høgsberg, T.; Thomsen, B. M. and Serup, J. (2015). Histopathology and immune histochemistry of red tattoo reactions. Interface dermatitis is the lead pathology, with increase in T-lymphocytes and Langerhans cells suggesting an allergic pathomechanism. *Skin Res Technol*, 21(4), 449-58. DOI: 10.1111/srt.12213
- El Habr, C. and Mégarbané, H. (2015). Temporary henna tattoos and hypertrichosis: a case report and review of the literature. *J Dermatol Case Rep*, 9(2), 36-38. DOI: 10.3315/jdcrr.2015.1204
- Goldenberg, A. and Jacob, S. E. (2015). Paraphenylenediamine in black henna temporary tattoos: 12-year Food and Drug Administration data on incidence, symptoms, and outcomes. *J Am Acad Dermatol*, 72(4), 724-6. DOI: 10.1016/j.jaad.2014.11.031

Hutton Carlsen, K. and Serup, J. (2015). Patients with tattoo reactions have reduced quality of life and suffer from itch: Dermatology Life Quality Index and Itch Severity Score measurements. *Skin Res Technol*, 21(1), 101-7. DOI: 10.1111/srt.12164

Thum, C. K. and Biswas, A. (2015). Inflammatory complications related to tattooing: a histopathological approach based on pattern analysis. *Am J Dermatopathol*, 37(1), 54-66. DOI: 10.1097/DAD.0b013e3182974558