

AVANCES DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN DERMATOLOGÍA COSMÉTICA

D. E. Pimienta-Rosero^{1,2}; E. Y. Benavides-Tulcán^{1,2}; y D. C. Fajardo-Murcia^{1,2,3}.

1. Facultad de Salud. Departamento de Medicina Interna. Sección de Dermatología. Universidad del Valle, Cali, Colombia.

2. Sección de Dermatología. Hospital Universitario del Valle «Evaristo García», Cali, Colombia.

3. Dermatología Estética, Universidad de Alcalá, España.

Autor correspondiente:

Eine Yesid Benavides Tulcán

Dirección de correo electrónico: eine.benavides@correounivalle.edu.co

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) ha pasado de ser ciencia ficción a convertirse en una herramienta esencial en la vida cotidiana. En el campo de la dermatología estética, ha revolucionado el análisis de la piel y el desarrollo de tratamientos personalizados. Los algoritmos avanzados permiten diagnosticar afecciones, predecir la respuesta a las terapias con láser y optimizar las formulaciones de productos dermocosméticos. Aplicaciones móviles como Skiana® y PROVEN Beauty® analizan la piel y recomiendan productos, mientras que dispositivos clínicos como VISIA® facilitan el diagnóstico. Los modelos de aprendizaje automático y aprendizaje profundo mejoran la precisión en la detección de problemas dermatológicos, pero aún se enfrentan a retos como los sesgos en los datos y la validación clínica. Con los avances de la IA, se prevé una transformación de la dermatología cosmética con enfoques más eficientes y personalizados.

Palabras clave: inteligencia artificial, dermatología cosmética, aprendizaje automático, aprendizaje profundo, diagnóstico, personalización, dermocosméticos, aplicaciones móviles, dispositivos clínicos, tratamiento.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XX, se ha planteado la hipótesis de que las máquinas podrían simular el comportamiento humano, no solo en términos de inteligencia, sino incluso en procesos emocionales¹. Este concepto ha evolucionado rápidamente con el tiempo y se ha reflejado en la cultura popular. Películas de principios de los años 2000, como *El hombre bicentenario* y *Yo, robot*, retrataban un futuro lejano y casi esotérico. Sin embargo, en un lapso de 10 a 20 años, producciones como *Ex Machina* y *Her* comenzaron a mostrar un futuro mucho más cercano, cada vez más similar a nuestra realidad actual. No obstante, la representación de la inteligencia artificial (IA) en el cine no siempre refleja la realidad contemporánea^{2,3}.

Actualmente, la IA ya forma parte de la vida diaria. Según datos del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, en países como Colombia, la IA se aplica en múltiples sectores (Figura 1). Su implementación ha permitido automatizar procesos que anteriormente requerían parametrización manual, optimizando tareas tan diversas como la gestión del tráfico y la sincronización de los semáforos⁴.

Durante la década de 1950 y las dos décadas siguientes, la IA se limitaba a ejecutar comandos únicos. Sin embargo, desde el cambio de milenio, su complejidad ha aumentado sustancialmente, permitiéndole interpretar y, con el tiempo, aprender de los datos que procesa¹.

El uso de la IA abarca múltiples campos científicos, incluida la medicina, donde promete avances revolucionarios en áreas como el desarrollo de nuevos fármacos, la interpretación de imágenes diagnósticas e incluso la realización de procedimientos quirúrgicos de alta precisión^{5,6}. En dermatología, la IA tiene aplicaciones en dermatoscopia y en la evaluación clínica de enfermedades inmunomediadas como la psoriasis y la dermatitis atópica. Incluso se han desarrollado herramientas para mejorar el diagnóstico clínico dermatológico, como bellePRO. En el ámbito de la dermatología cosmética, la IA facilita el seguimiento de pacientes, proporciona herramientas educativas y contribuye a la optimización de múltiples estrategias terapéuticas^{7,8}.

Este artículo presenta una revisión sobre la aplicación de tecnologías emergentes de IA en el campo de la dermatología cosmética.

2. METODOLOGÍA

El estudio fue realizado por un revisor principal y, en casos de incertidumbre, validado por un segundo revisor.

2.1 Estrategia de búsqueda

Se realizó una revisión narrativa en tres bases de datos en inglés (EMBASE, PubMed e IEEE Xplore) y una base de datos en español (LILACS) desde enero de 2023 hasta junio de 2024, con el objetivo de identificar artículos relacionados con inteligencia artificial y dermatología cosmética. Los términos de búsqueda incluyeron combinaciones de: “artificial intelligence”, “AI”, “AI algorithm”, “deep learning”, “convolutional neural network”, “inteligencia artificial”, “IA” y “redes neuronales”. Además, se utilizaron términos específicos de dermatología cosmética: “cosmetic dermatology”, “cosmetic”, “dermatology”, “dermatología cosmética” y “dermatología”. Se incluyeron artículos publicados en inglés y español. También se realizó una búsqueda manual para identificar artículos relevantes adicionales, que se incorporaron a las referencias.

2.2 Selección de estudios

Los resultados recuperados se sometieron a cribado y solo se incluyeron estudios que evaluaban la relación entre dermatología cosmética e inteligencia artificial. Se excluyeron las publicaciones que abordaban la dermatología clínica o quirúrgica en relación con IA. Se seleccionaron artículos de revisión, cartas al editor y ensayos clínicos, resultando en un total de 37 artículos incluidos en esta revisión.

3. RESULTADOS

Conceptos básicos de inteligencia artificial

En terminos generales, la IA se puede clasificar en dos tipos principales: IA fuerte o “general” e IA débil. La IA fuerte se refiere a máquinas capaces de realizar múltiples tareas, que poseen conciencia ética e incluso alcanzan cierto grado de consciencia, es decir, un nivel de inteligencia “similar” al de los humanos. Aunque existen algunas aplicaciones de este tipo, sigue siendo en gran medida un concepto asociado a la ciencia ficción. Por su parte, la IA débil se entrena para cumplir un objetivo específico, y por tanto sus programas están diseñados para tareas concretas. Este es el tipo de IA más ampliamente utilizado en la actualidad^{9, 10}.

Big Data

Big Data hace referencia a conjuntos de datos demasiado grandes o complejos para ser procesados y analizados mediante tecnologías convencionales. En este contexto, la IA desempeña un papel crucial automatizando el procesamiento de datos y generando modelos predictivos más eficientes¹⁰.

Aprendizaje automático (Machine Learning)

Machine learning es un método de desarrollo de IA en el que la máquina genera su propia programación para realizar una tarea específica. Esto requiere «entrenamiento» mediante entrada de datos y se clasifica en tres modalidades: supervisado, no supervisado e híbrido.

- **Supervisado:** A cada entrada de datos se le asigna una respuesta correspondiente. Mediante prueba y error, el sistema aprende a predecir la respuesta correcta.
- **No supervisado:** Los datos se analizan sin resultados predefinidos, lo que resulta útil para identificar patrones en grandes conjuntos de datos.

- **Híbrido:** Combina ambos enfoques, proporcionando algunos datos etiquetados y otros no etiquetados, reduciendo así la necesidad de clasificación manual⁹.

En dermatología predomina el uso de datos etiquetados, ya que la mayoría de los programas de IA se basan en el análisis de imágenes médicas¹⁰.

Aprendizaje profundo (Deep Learning)

Es una forma de aprendizaje automático que emplea múltiples capas de procesamiento. En dermatología, la técnica más utilizada son las redes neuronales artificiales (ANNs). En estos sistemas, cada capa recibe y procesa progresivamente la información, lo que permite entrenar al modelo para predecir resultados con una precisión cada vez mayor (Figura 2)⁹.

En general, cuando el volumen de datos es pequeño, el aprendizaje automático proporciona un rendimiento predictivo mejor. Sin embargo, cuando los volúmenes de datos se vuelven muy grandes, el aprendizaje profundo supera al automático tanto en precisión como en rendimiento global¹¹. Dado que la dermatología se basa en gran medida en el análisis de imágenes, el uso de redes neuronales artificiales representa la metodología predominante en este campo⁹.

Inteligencia artificial y dermatología cosmética

Las aplicaciones de IA han experimentado un crecimiento notable en dermatología cosmética, abarcando múltiples áreas de práctica y optimizando procesos clínicos e industriales esenciales.

IA en el desarrollo de productos dermocosméticos

Tradicionalmente, la evaluación del potencial sensibilizante de las sustancias dermocosméticas se ha llevado a cabo mediante estudios en animales, en los que excipientes y principios activos se aplican por vía tópica o intradérmica para evaluar reacciones de sensibilidad. Sin embargo, estos métodos han sido cuestionados desde el punto de vista ético y cuentan con escasa aceptación pública, lo que ha dado lugar a un aumento de las restricciones regulatorias sobre su uso (Figura 3A y 3B)¹².

Como alternativa, se han desarrollado métodos *in vitro* que emplean tejidos o células para evaluar estimulación antigénica. Aunque su equivalencia con los estudios en animales y en humanos sigue siendo objeto de debate, estas herramientas requieren recursos considerables. En este contexto, Kalicinska et al. desarrollaron un programa basado en IA utilizando datos epidemiológicos históricos, logrando predicciones del potencial sensibilizante comparables a estudios *in vitro*, aunque limitadas por sesgo en los datos¹³.

Durante la última década también se han desarrollado múltiples modelos de aprendizaje automático para predecir si un producto presenta potencial sensibilizante o comedogénico^{14–18}. Dada esta tendencia, es probable que la evaluación dermocosmética futura dependa cada vez más de simulaciones *in silico* en lugar de pruebas *in vitro* o *in vivo*¹⁹.

Además, Yeh et al. diseñaron sistemas de IA capaces de identificar combinaciones de fármacos que podrían mitigar el envejecimiento cutáneo. Mediante mapeo genético y molecular, se construyeron tres redes: una que abarcaba mecanismos genéticos y epigenéticos, una segunda que analizaba interacciones proteicas y una tercera que

recopilaba reguladores génicos. A partir de estos conjuntos de datos, una red neuronal evaluó medicamentos que afectan dianas clave, identificando combinaciones específicas para cada paciente según la edad. La precisión predictiva del modelo alcanzó el 93%²⁰.

IA en aplicaciones móviles y de uso en consulta para el cuidado de la piel

Diversas aplicaciones móviles han incorporado IA en la dermatología cosmética. Un ejemplo es Neutrogena® Skin360™, que utiliza la cámara del móvil para evaluar hiperpigmentación, ojeras periorbitarias, arrugas y la textura de la piel, proporcionando posteriormente una puntuación y recomendando productos tópicos para mejorar su calidad. También existen aplicaciones desarrolladas por dermatólogos, de forma independiente de laboratorios comerciales, como Skiana®, que evalúa el tono, la flacidez y la presencia de afecciones dermatológicas, incluyendo rosácea, dermatitis atópica, acné y dermatitis de contacto. Sin embargo, su disponibilidad sigue siendo limitada en muchos países¹⁰.

En Estados Unidos, PROVEN Beauty® emplea una base de datos conocida como *Beauty Genome Project*, que integra miles de productos e ingredientes dermocosméticos, publicaciones científicas y millones de reseñas de consumidores. Utilizando esta información, su modelo de IA identifica los productos más adecuados para cada paciente. Los usuarios completan un cuestionario que genera recomendaciones altamente personalizadas, permitiendo hasta 527 combinaciones posibles de productos. Cada producto recomendado suele contener múltiples principios activos (Figura 4)^{10,21}.

Liu et al. propusieron un sistema aún más individualizado para recomendaciones de cuidado de la piel basado en el genotipo individual. Este enfoque implica análisis genético combinado con extensas bases de datos genéticas y modelado con IA para diseñar rutinas personalizadas de cuidado de la piel. Aunque no se consideran los factores ambientales, representa un modelo terapéutico altamente selectivo²².

Entre los dispositivos basados en IA para uso en consulta se encuentra el sistema VISIA Skin Analysis, que evalúa ocho parámetros de la piel: daño UV arrugas, textura, poros, eritema, porfirinas, pigmentación global y manchas marrones. Mediante luz polarizada y UV, el sistema genera regímenes de tratamiento específicos para cada paciente, facilita el seguimiento clínico y mejora la educación del paciente²¹.

Los dispositivos de uso doméstico como Opté Precision Skincare System analizan la piel mediante una cámara integrada para detectar hiperpigmentación y aplicar automáticamente un sérum con color y niacinamida para camuflar melasma, lentigos y lesiones similares. A pesar de su elevado coste y del prolongado proceso de aplicación, el análisis de la piel basado en IA para uso domiciliario continúa ganando popularidad²¹.

Además, la IA sirve de base para plataformas avanzadas como Alluring, que permite el análisis en tiempo real del estado de la piel y el cuero cabelludo, evalúa la eficacia de los tratamientos y proporciona recomendaciones personalizadas basadas en retroalimentación continua^{19,23}.

En el ámbito de la imagen médica, se han desarrollado múltiples modelos de IA, incluido el análisis de ecografía de alta frecuencia asistido por IA para identificar la localización anatómica, enfermedades cutáneas, la integridad tisular, el estado de envejecimiento y el nivel de hidratación²⁴. Otros modelos evalúan la función barrera cutánea mediante fotografía²⁵, el grosor de la piel mediante ecografía²⁶ y el tipo de piel a partir de imágenes²⁷. Aunque estas herramientas mejoran de forma independiente la selección de productos dermocosméticos, su integración futura podría ofrecer evaluaciones en dermatología cosmética aún más completas y objetivas¹⁹.

IA en procedimientos cosméticos

Se han entrenado modelos de IA para predecir la respuesta de los pacientes a la terapia con láser excímer en vitíligo, lo que sugiere que modelos similares podrían predecir la eficacia de los tratamientos con láser para cicatrices de acné, discromías y trastornos vasculares²¹. De hecho, ya se han implementado modelos capaces de predecir la respuesta al tratamiento láser en pacientes con efélides²⁸. El modelado tridimensional ha permitido además predecir resultados de procedimientos cosméticos, particularmente para rellenos dérmicos, permitiendo a los pacientes visualizar los resultados potenciales antes del tratamiento²⁹. Shah et al. demostraron la generación de imágenes faciales 3D tras procedimientos de rejuvenecimiento utilizando redes neuronales multicapa. Estos modelos generaron escaneos faciales tridimensionales para identificar puntos anatómicos óptimos para la inyección de rellenos y predecir volúmenes precisos de relleno, alcanzando una precisión del 62,5%, superior a la de técnicas previamente disponibles³⁰.

El modelado predictivo también facilita la automatización de los parámetros de los dispositivos en procedimientos como radiofrecuencia y microneedling, permitiendo ajustes en tiempo real basados en la pigmentación, la textura, la curvatura y otras características de la piel, reduciendo así el tiempo de configuración manual²¹.

IA en educación del paciente y seguimiento

La IA también se ha implementado como herramienta educativa. Shi et al. desarrollaron una aplicación basada en IA, “Skincare Mirror”, que predice el aspecto de la piel tras el tratamiento y el uso de productos, proporcionando una visualización personalizada de los resultados esperados. Este sistema mejoró significativamente la interacción y satisfacción de los usuarios, particularmente entre participantes varones³¹.

Riesgos del uso de inteligencia artificial en dermatología cosmética

Los riesgos asociados al uso de IA en dermatología cosmética requieren una consideración cuidadosa. Uno de los aspectos más preocupantes es la potencial pérdida de juicio clínico, ya que la creciente automatización del diagnóstico y tratamiento podría desincentivar la formación médica continuada y el pensamiento crítico entre los profesionales. Esto puede comprometer la calidad asistencial y reducir la capacidad de los médicos para manejar casos atípicos o tomar decisiones complejas. Además, el uso inapropiado o no supervisado de sistemas de IA puede poner en riesgo la seguridad del paciente, particularmente en decisiones médicas delicadas. Otro riesgo importante reside en la subjetividad de conceptos estéticos como la belleza y la calidad de la piel, lo que puede conducir a recomendaciones inapropiadas, poco éticas o culturalmente sesgadas³².

Limitaciones de la inteligencia artificial en dermatología cosmética

Las principales limitaciones de la IA en dermatología cosmética se relacionan con la calidad y representatividad de los conjuntos de datos de entrenamiento. Muchos algoritmos se desarrollan utilizando conjuntos de datos pequeños, de baja calidad o insuficientemente diversos, lo que limita su generalización en la práctica clínica³³. Además, los modelos actuales de IA carecen de mecanismos de aprendizaje continuo comparables a la experiencia acumulativa de los médicos humanos. La IA también presenta dificultades en la interpretación de imágenes en áreas anatómicamente complejas como el cuero cabelludo, las superficies mucosas y regiones afectadas por tatuajes o maquillaje, lo que restringe su aplicabilidad en situaciones reales³⁴. Finalmente, la ausencia de criterios estandarizados para medir atributos estéticos dificulta el desarrollo de algoritmos precisos y personalizados^{35,36}.

Barreras regulatorias y de implementación en dermatología cosmética

Desde una perspectiva regulatoria, la aplicación de IA en dermatología afronta una notable ausencia de marcos legales y éticos específicos. La responsabilidad médica en casos de error algorítmico sigue sin resolverse y no se ha establecido si la responsabilidad debe recaer en el médico, el desarrollador, la institución o el proveedor del software cuando la IA falla en el diagnóstico o tratamiento. Además, no existen estándares internacionales sólidos para la evaluación, validación e integración de sistemas de IA en la práctica médica. Entre los desafíos técnicos se incluyen la limitada interoperabilidad de las plataformas, las dificultades para integrar la IA en los sistemas de historia clínica electrónica y la necesidad de hardware avanzado. La creciente amenaza de ciberataques compromete aún más la privacidad e integridad de los datos. Por tanto, es esencial una inversión sustancial en infraestructura, formación y apoyo institucional para garantizar un uso seguro y eficaz^{32,37}.

Lagunas existentes en la implementación de IA en dermatología cosmética

Existe una brecha significativa entre la investigación en IA realizada en entornos controlados y su aplicabilidad en la práctica clínica diaria. La mayoría de los desarrollos en IA se basan en estudios retrospectivos con poblaciones limitadas o sesgadas, sin una validación adecuada en entornos clínicos reales. Esto genera una desconexión entre el potencial teórico de la IA y su utilidad práctica para los profesionales sanitarios. Además, las desigualdades sociales en salud pueden exacerbarse si los sistemas de IA se entrenan con conjuntos de datos no representativos. La exclusión de poblaciones vulnerables, minorías étnicas y fototipos cutáneos diversos puede conducir a diagnósticos menos precisos y recomendaciones terapéuticas subóptimas para estos grupos. Por tanto, el diseño y validación de modelos inclusivos y representativos son críticos. Asimismo, muchos profesionales carecen de formación suficiente en el uso de IA o mantienen

escepticismo sobre su fiabilidad, ampliando aún más la brecha entre innovación e implementación³⁷.

DISCUSIÓN

La IA ha emergido como herramienta transformadora en la dermatología cosmética, impulsando avances en el análisis de imágenes, el desarrollo de productos dermocosméticos y la planificación de tratamientos personalizados. Su aplicación ha mejorado la precisión diagnóstica y optimizado la identificación de afecciones cutáneas y estrategias terapéuticas.

El desarrollo de algoritmos basados en redes neuronales artificiales (ANN) ha demostrado ser particularmente valioso en la evaluación de imágenes médicas, superando a los métodos tradicionales en eficiencia y objetividad. Los modelos aplicados al análisis de ecografía de alta frecuencia y a la predicción de respuesta a tratamientos láser han abierto nuevas vías para la medicina individualizada.

Dentro de la industria cosmética, la IA ha revolucionado el desarrollo y la personalización de productos. Sistemas como PROVEN Beauty® integran datos genéticos y ambientales para formular rutinas personalizadas para el cuidado de la piel. Del mismo modo, tanto los dispositivos clínicos como los de uso doméstico, incluidos VISIA® y Opté®, han mejorado la evaluación de la piel y el seguimiento del tratamiento, permitiendo recomendaciones de productos más precisas.

No obstante, persisten desafíos, incluyendo el sesgo en los datos, la necesidad de una validación clínica rigurosa y el acceso desigual a estas tecnologías entre distintas regiones. A medida que la IA continúa evolucionando, su integración en la dermatología cosmética tiene un importante potencial para mejorar el diagnóstico, la prevención y el tratamiento de las enfermedades de la piel, transformando en última instancia la práctica clínica mediante un enfoque más preciso y basado en la evidencia.

CONCLUSIONES

El concepto de equilibrio es fundamental: la IA no está destinada a reemplazar la experiencia humana, sino a complementarla. En la dermatología cosmética —donde el criterio profesional es esencial— la IA actúa como una herramienta de apoyo, mejorando la eficiencia sin sustituir el papel del especialista. Su integración puede transformar las consultas, mejorar la planificación del tratamiento, facilitar el seguimiento de la evolución y reforzar la educación del paciente. En última instancia, se espera que esta sinergia impulse avances significativos en el campo de la dermatología cosmética.

REFERENCES

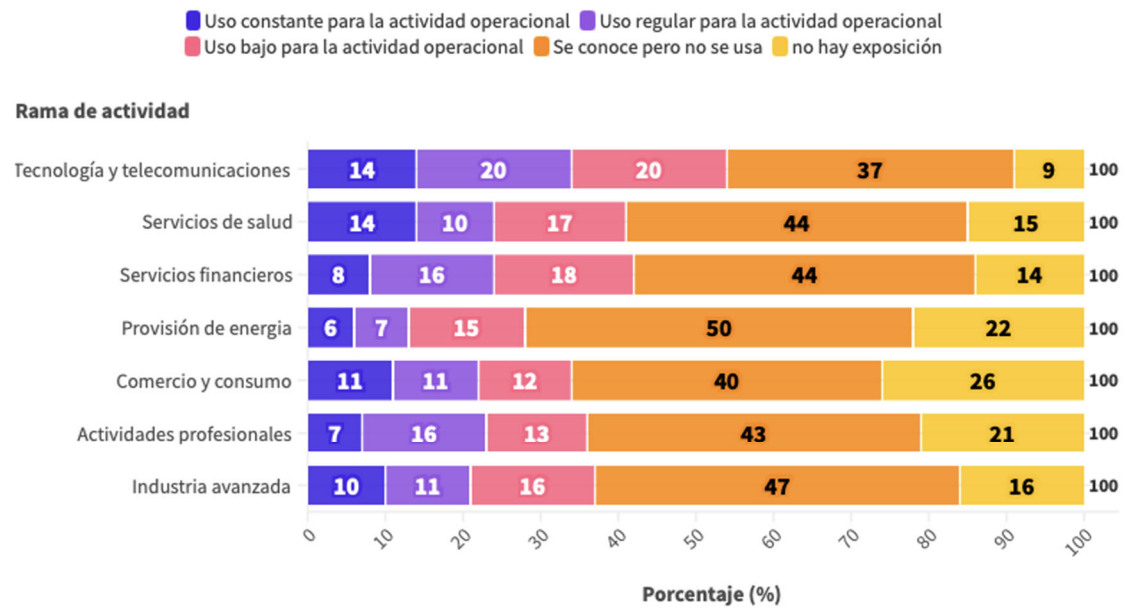
1. Kaul V, Enslin S, Gross SA. History of artificial intelligence in medicine. *Gastrointest Endosc.* 2020;92(4):807-12. doi:10.1016/j.gie.2020.06.040.
2. Nader K, Toprac P, Scott S, Baker S. Public understanding of artificial intelligence through entertainment media. *AI Soc.* 2022 Apr 2. doi:10.1007/s00146-022-01427-w.
3. Mijwil MM, Abttan RA. Artificial Intelligence: A Survey on Evolution and Future Trends. *Asian J Appl Sci.* 2021;9(2). doi:10.24203/ajas.v9i2.6589.
4. Tong W, Hussain A, Bo WX, Maharjan S. Artificial Intelligence for Vehicle-to-Everything: A Survey. *IEEE Access.* 2019;7:10823-43. doi:10.1109/ACCESS.2019.2891073.
5. Kulkarni P, Mahadevappa M, Chilakamarri S. The Emergence of Artificial Intelligence in Cardiology: Current and Future Applications. *Curr Cardiol Rev.* 2022;18(3):e191121198124. doi:10.2174/1573403X17666211119102220.
6. Gupta R, Srivastava D, Sahu M, et al. Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. *Mol Divers.* 2021;25(3):1315-60. doi:10.1007/s11030-021-10217-3.
7. Phillips M, Marsden H, Jaffe W, et al. Assessment of Accuracy of an Artificial Intelligence Algorithm to Detect Melanoma in Images of Skin Lesions. *JAMA Netw Open.* 2019;2(10):e1913436. doi:10.1001/jamanetworkopen.2019.13436.

8. Li Z, Koban KC, Schenck TL, et al. Artificial Intelligence in Dermatology Image Analysis: Current Developments and Future Trends. *J Clin Med.* 2022;11(22):6826. doi:10.3390/jcm11226826.
9. Hogarty DT, Su JC, Phan K, et al. Artificial Intelligence in Dermatology—Where We Are and the Way to the Future: A Review. *Am J Clin Dermatol.* 2020;21(1):41-7. doi:10.1007/s40257-019-00462-6.
10. Martorell A, Martin-Gorgojo A, Rios-Viñuela E, et al. Inteligencia artificial en dermatología: ¿amenaza u oportunidad? *Actas Dermo-Sifiliogr.* 2022;113(1):30-46. doi:10.1016/j.ad.2021.07.003.
11. Wang P, Fan E, Wang P. Comparative analysis of image classification algorithms based on traditional machine learning and deep learning. *Pattern Recognit Lett.* 2021;141:61-7. doi:10.1016/j.patrec.2020.07.042.
12. Kabene S, Baadel S. Bioethics: a look at animal testing in medicine and cosmetics in the UK. *J Med Ethics Hist Med.* 2019 Nov 30. doi:10.18502/jmehm.v12i15.1875.
13. Kalicińska J, Wiśniowska B, Polak S, et al. Artificial Intelligence That Predicts Sensitizing Potential of Cosmetic Ingredients. *Int J Mol Sci.* 2023;24(7):6801. doi:10.3390/ijms24076801.
14. Zang Q, Paris M, Lehmann DM, et al. Prediction of skin sensitization potency using machine learning approaches. *J Appl Toxicol.* 2017;37(7):792-805. doi:10.1002/jat.3424.
15. Strickland J, Zang Q, Paris M, et al. Multivariate models for prediction of human skin sensitization hazard. *J Appl Toxicol.* 2017;37(3):347-60. doi:10.1002/jat.3366.
16. Li HL. Improved defined approaches for predicting skin sensitization hazard and potency in humans. *ALTEX.* 2019. doi:10.14573/altex.1809191.
17. Oztan Akturk S, Tugcu G, Sipahi H. Development of a QSAR model to predict comedogenic potential of some cosmetic ingredients. *Comput Toxicol.* 2022;21:100207. doi:10.1016/j.comtox.2021.100207.
18. Wilm A, Garcia De Lomana M, Stork C, et al. Predicting the Skin Sensitization Potential of Small Molecules. *Pharmaceuticals.* 2021;14(8):790. doi:10.3390/ph14080790.
19. Vatiwutipong P, Vachmanus S, Noraset T, et al. Artificial Intelligence in Cosmetic Dermatology: A Systematic Literature Review. *IEEE Access.* 2023;11:71407-25. doi:10.1109/ACCESS.2023.3295001.
20. Yeh SJ, Lin JF, Chen BS. Multiple-Molecule Drug Design Using Deep Neural Networks. *Molecules.* 2021;26(11):3178. doi:10.3390/molecules26113178.
21. Elder A, Ring C, Heitmiller K, et al. The role of artificial intelligence in cosmetic dermatology. *J Cosmet Dermatol.* 2021;20(1):48-52. doi:10.1111/jocd.13797.
22. Liu X, Chen CH, Karvela M, et al. A DNA-Based Intelligent Expert System. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2020;24(11):3276-84. doi:10.1109/JBHI.2020.2978667.
23. Huang WS, Hong BK, Cheng WH, et al. A Cloud-based Intelligent Skin and Scalp Analysis System. In: *2018 IEEE VCIP.* IEEE; 2018:1-5. doi:10.1109/VCIP.2018.8698739.
24. Chirikhina E, Chirikhin A, Dewsbury-Ennis S, et al. Skin Characterizations by Contact Capacitive Imaging. *Appl Sci.* 2021;11(18):8714. doi:10.3390/app11188714.
25. Koseki K, Kawasaki H, Atsugi T, et al. Assessment of skin barrier function using topological data analysis. *npj Syst Biol Appl.* 2020;6(1):40. doi:10.1038/s41540-020-00160-8.
26. Vyas S, Meyerle J, Burlina P. Non-invasive estimation of skin thickness using hyperspectral imaging. *Comput Biol Med.* 2015;57:173-81. doi:10.1016/j.combiomed.2014.12.010.
27. Kothari A, Shah D, Soni T, et al. Cosmetic Skin Type Classification Using CNN. In: *2021 ICCCNT.* IEEE; 2021:1-6. doi:10.1109/ICCCNT51525.2021.9580174.

28. Lin TY, Tsai YT, Huang TS, et al. Exemplar-based freckle retouching and skin tone adjustment. *Comput Graph*. 2019;78:54-63. doi:10.1016/j.cag.2018.11.002.
29. Shah SAA, Bennamoun M, Molton MK. Machine Learning Approaches for Prediction of Facial Rejuvenation. *IEEE Access*. 2019;7:23779-87. doi:10.1109/ACCESS.2019.2899379.
30. Shah SAA, Bennamoun M, Molton M. A fully automatic framework for 3D facial rejuvenation prediction. In: 2018 International Conference on Image Computing and Vision in New Zealand (IVCNZ). IEEE; 2018:1-6.
31. Shi C, Jiang Z, Ma X, Luo Q. A personalized visual aid for selecting appearance-enhancing products with long-term effects. In: Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. IEEE; 2022:1-18.
32. Li Z, Koban KC, Schenck TL, Giunta RE, Li Q, Sun Y. Artificial intelligence in dermatology image analysis: Current developments and future trends. *J Clin Med* [Internet]. 2022;11(22):6826. Available at: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm11226826>
33. Ching T, Himmelstein DS, Beaulieu-Jones BK, Kalinin AA, Do BT, Way GP, et al. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. *J R Soc Interface* [Internet]. 2018;15(141). Available at: <http://dx.doi.org/10.1098/rsif.2017.0387>
34. Winkler JK, Fink C, Toberer F, Enk A, Deinlein T, Hofmann-Wellenhof R, et al. Association between surgical skin markings in dermoscopic images and diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for melanoma recognition. *JAMA Dermatol* [Internet]. 2019;155(10):1135–41. Available at: <http://dx.doi.org/10.1001/jamadermatol.2019.1735>
35. Haw WY, Al-Janabi A, Arents BWM, Asfour L, Exton LS, Grindlay D, et al. Global Guidelines in Dermatology Mapping Project (GUIDEMAP): a scoping review of dermatology clinical practice guidelines. *Br J Dermatol* [Internet]. 2021;185(4):736–44. Available at: <http://dx.doi.org/10.1111/bjd.20428>
36. Niazi MKK, Parwani AV, Gurcan MN. Digital pathology and artificial intelligence. *Lancet Oncol* [Internet]. 2019;20(5):e253–61. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(19\)30154-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(19)30154-8)
37. Ahmed MI, Spooner B, Isherwood J, Lane M, Orrock E, Dennison A. A systematic review of the barriers to the implementation of artificial intelligence in healthcare. *Cureus* [Internet]. 2023;15(10):e46454. Available at: <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.46454>

Figure 1. Percentage of generative artificial intelligence use by sector of activity. Adapted from UNDP: *Implications of Generative Artificial Intelligence in the Colombian labour market*.

Porcentaje de uso de Inteligencia Artificial Generativa según rama de actividad Países en Desarrollo. 2023



PNUD con base en Encuesta global sobre Inteligencia Artificial Mckinsey 2023

Figure 2. Schematic functioning of neural networks.

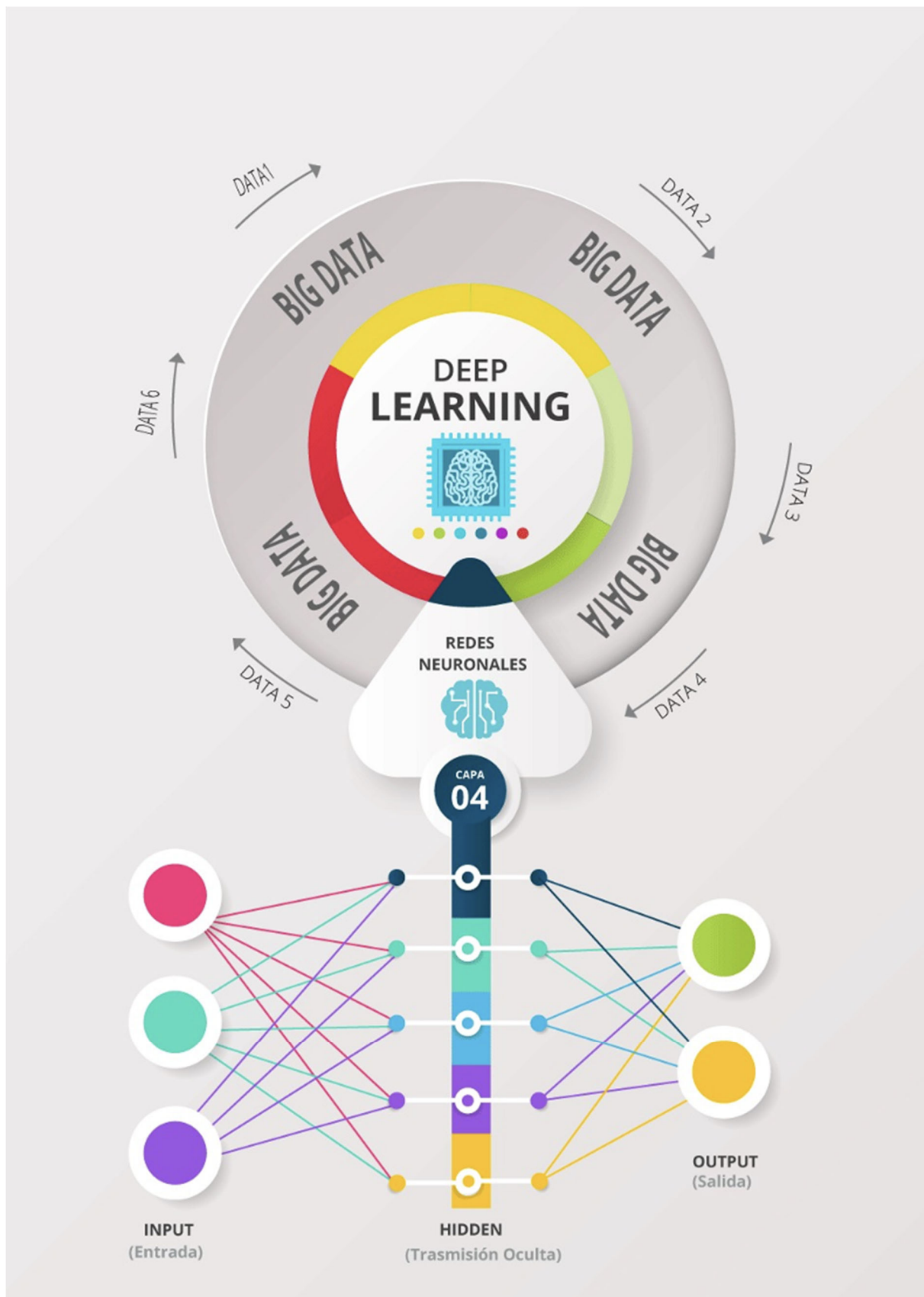
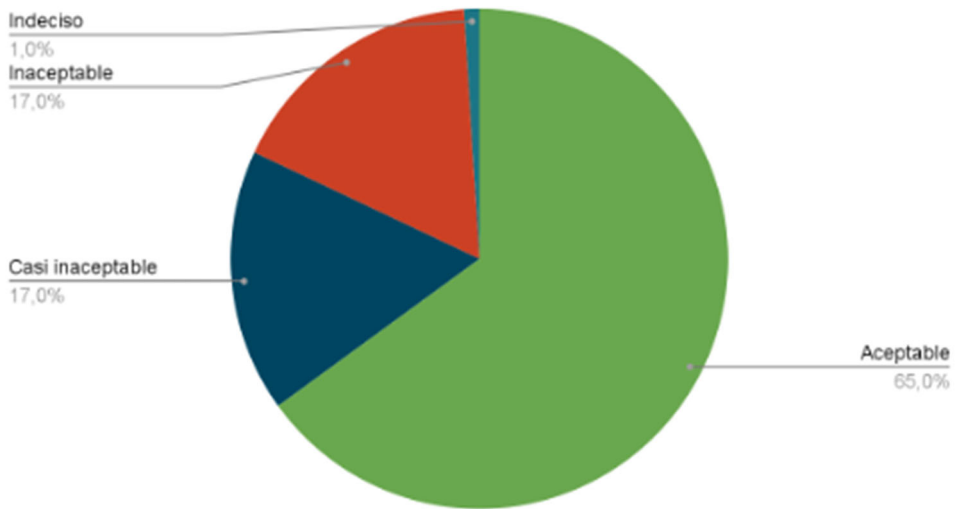


Figure 3A–B. Public opinion in the United Kingdom regarding animal experimentation. Adapted from Kabene S. et al.

A

Opinión de experimentos en animales en investigación médica



B

Opinión respecto a experimentación en animales para desarrollo de dermocosméticos

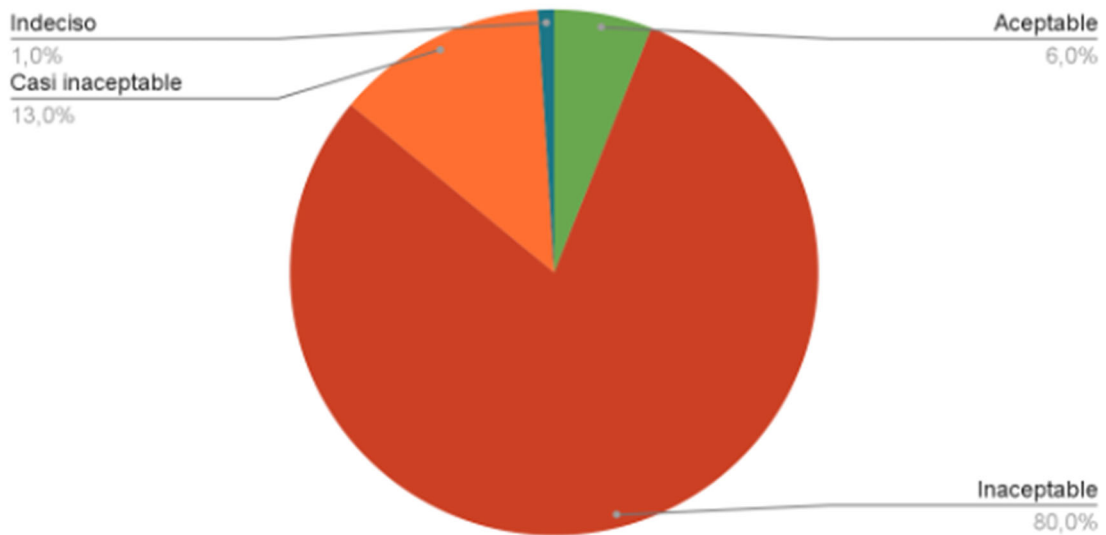


Figure 4. PROVEN Beauty® 3-step routine (cleanser, day cream, night cream). Source: official website.

