

**Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey
Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech**



Inteligencia artificial aplicada en la Dermatología.

Autor: Daniela Martínez Yong*

XXXIV Jornada Científica Estudiantil.

Revisión bibliográfica

Camagüey 2023

Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey
Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech



Inteligencia artificial aplicada en la Dermatología.

Autor: Daniela Martínez Yong*

Tutora: Dra. Beatriz Mantecón Fernández**

*Estudiante de Medicina 3er año. Alumno ayudante en la especialidad de dermatología. No Telefónico +53 58846656

**Especialista de Segundo Grado en Dermatología.

XXXIV Jornada Científica Estudiantil.

Revisión bibliográfica

Camagüey 2023

RESUMEN

La irrupción de la inteligencia artificial (IA) a nivel mundial ha supuesto un antes y un después en nuestras vidas, generando grandes mejoras en diferentes sectores, como el de la automoción y el agroalimentario, entre otros, lo que ha llevado a denominarla la cuarta revolución industrial. La AI, capaz de aprender de forma automatizada y de ayudar al profesional a mejorar sus procesos, promete cambiar el ámbito sanitario tal y como lo conocemos mediante: 1) aplicaciones capaces de generar salud en la población general a partir del uso de información de calidad y de segmentación de consejos basados en modelos de predicción; 2) modelos capaces de generar algoritmos de predicción a partir de datos anonimizados procedentes de información clínica, a fin de mejorar la prevención primaria; 3) sistemas de análisis de imagen capaces de dar a los profesionales de la salud un soporte extra en la toma de decisiones, mejorando la prevención secundaria; y 4) aplicación de robótica combinada en la mejora de procesos ligados al ámbito de salud y bienestar. Sin embargo, la falta de conocimiento tanto en este tipo de tecnología, como en los términos y la metodología de validación de la misma, hace que la clase médica dude en si esta revolución supone una amenaza o una oportunidad para la profesión. En el presente artículo de revisión pretendemos introducir una serie de aspectos básicos de la IA aplicada a la dermatología, así como los principales avances sucedidos en este campo en los últimos 5 años.

Palabras clave: Inteligencia artificial, Salud, Oncología, Estética, Inflamación, Dermatopatología

ABSTRACT

The worldwide explosion of interest in artificial intelligence (AI) has created a before-and-after moment in our lives by generating great improvements in such sectors as the automotive and food production industries. AI has even been called the fourth industrial revolution. Machine learning through AI is helping to improve professional processes and promises to transform the health care sector as we know it in various ways: 1) through applications able to promote health in the general population by providing high-quality information and offering advice for different segments of the population based on prediction models; 2) by developing prediction models based on anonymized clinical data, for preventive purposes in primary care; 3) by analyzing images to provide additional decision-making support for health care providers, for improving specialist care at the secondary level; and 4) through robotics applied to processes that promote health and well-being. However, the medical profession harbors doubts about whether this revolution is a threat or an opportunity owing to a lack of understanding of AI technology and the methods used to validate its applications. This article outlines basic aspects of AI as it is applied in dermatology and reviews the main advances achieved in the last 5 years.

Keywords

Artificial intelligence

Health

Oncology

Aesthetics

Inflammation

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN 1

DESARROLLO 5

CONCLUSIONES..... 15

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17

INTRODUCCIÓN

Tal y como decía Marie Curie: «No hay que temer nada en la vida, solo hay que entenderlo. Ahora es el momento de entender más, para que podamos temer menos». Y es que, por regla general, tememos aquello que desconocemos, y alrededor de este desconocimiento suele surgir una capa de misterio y leyenda.

Por ello, en el presente artículo de revisión pretendemos introducir una serie de aspectos básicos de la IA aplicada a la dermatología, así como diferentes ejemplos de cómo la IA puede llegar a ser aplicada en nuestra especialidad.

Nuestro objetivo es animar a todos los especialistas en dermatología a profundizar más en esta nueva subespecialidad a aprender y a liderar su desarrollo, actualmente abandonado en manos de ingenieros que en muchos casos restan importancia a un correcto diagnóstico médico, o le dan un enfoque inadecuado que limita que dicha innovación nos pueda ser realmente de utilidad.

El presente artículo ha sido desarrollado para dar luz a aquellos aspectos más relevantes para entender lo que la IA puede significar en su futuro médico.

Unas nociones básicas de inteligencia artificial

Es muy habitual leer y escuchar —en presentaciones médicas, *podcasts* y entrevistas— noticias acerca de IA, aprendizaje automático y redes neuronales, entre otros términos.

Básicamente, la IA es una tecnología desarrollada capaz de imitar las funciones cognitivas del ser humano^{[1](#)}.

El término ***big data*** se refiere al conjunto de datos o combinaciones de conjuntos de datos cuyo tamaño (volumen), complejidad (variabilidad) y velocidad de crecimiento dificultan su captura, gestión, procesamiento o análisis mediante tecnologías y herramientas convencionales, tales como ordenadores personales, bases de datos relacionales y herramientas estadísticas convencionales (como, por ejemplo, el software SPSS®)¹. Este tipo de análisis permite gestionar ingentes cantidades de datos y generar modelos de predicción útiles para nuestra práctica clínica como, por ejemplo, predecir qué perfil de paciente va a sufrir más procesos infecciosos en el área quirúrgica a fin de tomar medidas preventivas.

El aprendizaje automático o *machine learning* (ML) es un tipo de IA que proporciona a las computadoras la capacidad de aprender desde los datos, sin ser programadas explícitamente. Esta tecnología se encuentra en el corazón de la IA y de la gestión del *big data*, y por ello ha despertado gran interés en los últimos años y es en la que profundizaremos un poco más, dado que se trata de la modalidad más utilizada en dermatología, junto al *deep learning*².

Aprendizaje automático: *machine learning* y *deep learning*

Una de las ramas de la inteligencia artificial de mayor aplicación en medicina es el aprendizaje automático o ML, que consiste en el análisis independiente de datos gracias a la generación de algoritmos de toma de decisiones propios. Esta tecnología permite la identificación de patrones para realizar clasificaciones y distintas predicciones.

El ML funciona alimentando un algoritmo con datos de entrada que recogen observaciones del pasado y construye un modelo para predecir y clasificar nuevas observaciones no conocidas por el algoritmo, imitando un proceso cognitivo humano.

Dentro de los modelos de *ML* más populares dentro del ámbito sanitario están las redes neuronales convolucionales (o CNN, del inglés *convolutional neural networks*), que imitan el funcionamiento de las neuronas cerebrales. Las CNN están formadas por capas de variables interconectadas entre sí con unos pesos que el algoritmo va calculando y ajustando mediante iteraciones (repeticiones) de un proceso que se conoce como «descenso del gradiente».

En dermatología habitualmente utilizamos múltiples variables, por lo que se necesitan múltiples «neuronas» para tejer una red de conexiones que nos generen información útil. Así, cuando hablamos de un sistema que basa su información en más de una capa de información, nos referimos al *deep learning* (DL) o aprendizaje profundo. Este tipo de redes generan excelentes resultados, siempre y cuando cumplamos con sus 2 premisas fundamentales: cantidad y calidad de datos (*big data*), tanto de imagen como de información.

Modelos de aprendizaje de la inteligencia artificial

La inteligencia artificial (ML, DL) puede ser entrenada principalmente de 3 modos: supervisado, no supervisado y por refuerzo.

En el *modelo de aprendizaje supervisado* el algoritmo de IA se entrena con un conjunto de ejemplos etiquetados por el experto en los que los resultados de salida son conocidos. Este es el modelo que encontramos habitualmente en

aplicaciones dermatológicas, cuyo contenido de entrenamiento son imágenes etiquetadas con su diagnóstico o parámetro de entrenamiento seleccionado. A modo de ejemplo de este modelo de aprendizaje supervisado en el campo de la dermatopatología en la primera fase se «enseña» a la máquina a reconocer características y patrones concretos, y regiones de interés, validados en este caso por un dermatopatólogo (por ejemplo, características y patrones asociados a lesiones melanocíticas benignas frente a lesiones malignas. Estas características y patrones basales constituyen la llamada verdad fundamental (en inglés *ground truth*). En una segunda fase, gracias a estos algoritmos de DL, la máquina es capaz de reconocer estos patrones y regiones de interés en lesiones no analizadas previamente, y realizar un diagnóstico de benignidad o malignidad en función de estos algoritmos propios.

El *modelo no supervisado* se basa en datos sin etiquetar en el que la estructura y el resultado de salida son desconocidos *a priori*. Básicamente este tipo de algoritmos buscan patrones de agrupación (clústeres) para sujetos que por sus características en las diferentes variables que les definen muestran similitudes⁷. No existen demasiadas aplicaciones de este tipo de IA en dermatología debido a que en la mayoría de las situaciones son algoritmos aplicados a imágenes. Este tipo de modelo suele utilizarse en situaciones en las que se quieren llevar a cabo predicciones o en caso de necesitar clasificadores rápidos para la realización de minería de datos ⁸. Un ejemplo de aprendizaje no supervisado sería la generación clasificadores de «melanoma versus no melanoma» a partir del entrenamiento de un modelo que agrupe/clasifique las imágenes, mediante patrones detectados por el propio algoritmo ⁸.

DESARROLLO

Inteligencia artificial aplicada a la enfermedad inflamatoria

Los algoritmos de DL se han utilizado con fines de clasificación en diferentes enfermedades inflamatorias dermatológicas. A continuación, presentamos algunas de las más relevantes.

Psoriasis

Los algoritmos basados en IA pueden resultar útiles tanto para realizar una evaluación clínica más precisa como para ayudar a desarrollar protocolos terapéuticos personalizados y predicciones de resultados⁹.

El primer programa de IA diseñado para la psoriasis fue creado por Guo et al. en 2014¹⁰. Su objetivo era predecir el desarrollo de psoriasis utilizando perfiles de expresión genética basados en *microarray* de 2 conjuntos de datos. El clasificador binario utilizado logró una precisión global del 99,81%.

Se han propuesto varios intentos de desarrollo de un programa de IA que ayude a evaluar la gravedad de la psoriasis. En uno de los últimos modelos los autores utilizaron 3 clasificadores estándar diferentes (máquinas de soporte vectorial (*support vector machine*), árbol de decisión (*decision tree*) y redes neuronales artificiales (*artificial neural network*) para estratificar el riesgo y evaluar 3 atributos principales: color, textura y espectros de orden superior. Para entrenar a este clasificador se utilizaron 670 imágenes de psoriasis. Los clasificadores realizaron una segmentación de las lesiones y las clasificaron en las clases sana o enferma. Este modelo alcanzó una precisión del 99,84%, una sensibilidad del 99,76% y

una especificidad del 99,99%. Dado que el tamaño de la muestra era pequeño, los resultados podrían haberse visto afectados por sobreajuste (*overfitting*).

Otros estudios tratan de desarrollar un sistema para estratificar la gravedad de la psoriasis utilizando el *Psoriasis Area and Severity Index* (PASI), evaluando el área afectada, la descamación¹⁶, la induración y el color¹⁷ y el eritema de forma aislada¹⁸.

Nuevos estudios han logrado mejorar la detección automática de lesiones de psoriasis mediante el uso de la segmentación basada en clústeres (*cluster based segmentation*) junto con técnicas de inteligencia de enjambre (*swarm intelligence techniques*)¹⁹.

Recientemente, y siguiendo alguno de los modelos anteriores, se presentaron los resultados del proyecto IMAPSORS, incluidos dentro del proyecto SKIANA®, cuya tecnología ha sido cofinanciada por la Comisión Europea, encaminado a generar información cuantificable de la piel del paciente psoriásico a partir de la toma de imagen mediante dispositivos móviles de uso personal. Los resultados obtenidos en la capacidad de detección de psoriasis y en la definición de la gravedad de forma automatizada en forma de PASI y BSA, tanto cuantitativa como cualitativamente, abre la puerta a una mejora en la definición de la gravedad y en la detección precoz de las formas moderada y grave²⁰.

También se han desarrollado programas de IA para evaluar y optimizar el tratamiento de la psoriasis, en concreto para determinar la respuesta a largo plazo a los tratamientos biológicos. El primero de estos estudios se basó en 2 modelos de aprendizaje automático (*machine learning*) que estudiaban la

expresión genética de biopsias cutáneas²¹. Estos modelos fueron capaces de predecir la respuesta PASI 75 después de 12 semanas de tratamiento, evaluando el perfil molecular del tratamiento a corto plazo (2-4 semanas). Otro estudio utilizó el análisis de *multi-omics* en pacientes en tratamiento con etanercept, encontrando indicadores de respuesta al tratamiento en genes y vías asociadas con la señalización del factor de necrosis tumoral y el complejo mayor de histocompatibilidad²².

Aunque el estudio de la expresión génica en muestras de biopsias resulta prometedor, se han ensayado métodos que permiten evitar el carácter invasivo de esta técnica. En ese sentido, se desarrolló un modelo predictivo a partir de medidas bioquímicas en sangre²³. Sin embargo, modelos más simples basados en el índice PASI resultaron mejores predictores, por lo que serán necesarios más estudios en este sentido.

Otro estudio reciente utilizó un programa para la predicción de la respuesta de los pacientes con psoriasis a la terapia biológica utilizando parámetros de información básica de salud, como la edad de inicio de la psoriasis y el peso del paciente²⁴.

Los modelos de IA también pueden utilizarse para descubrir potenciales tratamientos fuera de ficha técnica para la psoriasis y otras enfermedades inflamatorias, mediante modelos que utilizan la información de palabras de artículos científicos y la clasificación de enfermedades para identificar potenciales fármacos²⁵.

También se han utilizado programas de IA para estudiar las comorbilidades de la psoriasis. Uno de estos programas identificó predictores de enfermedad coronaria en pacientes con psoriasis, entre los que se encontraban la obesidad, la dislipidemia y la inflamación²⁶.

Otra comorbilidad que afecta a aproximadamente a un 25% de los pacientes con psoriasis es la artritis psoriásica, para cuyo desarrollo no existe aún un método eficaz de predicción. Se ha desarrollado un programa de IA a través del genotipo de pacientes con psoriasis y artritis psoriásica, diferenciando entre ambas enfermedades en función de 200 marcadores genéticos y alcanzando un área bajo la curva ROC de 0,82. Este es el primer estudio que muestra una predicción robusta del desarrollo de artritis psoriásica utilizando solo información genética²⁷.

Dermatitis atópica

La IA en la dermatitis atópica podría servir de ayuda tanto en el diagnóstico como en el tratamiento personalizado y la predicción de su resultado. También podría ser útil para ayudar a estandarizar y reducir el tiempo de evaluación de los pacientes.

La investigación en IA en el campo de la dermatitis atópica está, no obstante, en sus comienzos.

Se ha diseñado un algoritmo de ML que identificaba dermatitis atópica desde registros electrónicos de salud²⁸. Para ello, se utilizó un procesador de lenguaje natural que permitió incorporar tanto datos estructurados como no estructurados. Utilizando 562 notas clínicas los diseñadores lograron un valor predictivo positivo del 84% y una sensibilidad del 75%.

Otro grupo desarrolló una red neuronal artificial para la detección de dermatitis atópica frente a piel sana utilizando información de imágenes²⁹. No obstante, el número de muestras utilizado fue bajo, dado que se trataba de un estudio exploratorio.

Onicomycosis

Un estudio reciente³⁰ comparó a un grupo de dermatólogos con una CNN para la detección de onicomycosis. Se utilizaron 49.567 imágenes para entrenar al clasificador para distinguir entre onicomycosis y uñas normales. En su validación este clasificador obtuvo una sensibilidad del 82,7-96,7% y una especificidad del 69,3-96,7%. El área bajo la curva ROC fue del 0,82-0,98. La capacidad del clasificador para diferenciar uñas sanas de uñas con onicomycosis fue estadísticamente superior que la de los dermatólogos en este estudio.

Inteligencia artificial en dermatopatología

El diagnóstico histológico de las lesiones cutáneas está sujeto a un importante componente de subjetividad dependiente del observador. En concreto, lesiones inflamatorias poco específicas, tumores cutáneos pobremente diferenciados, o enfermedades en las que se considera un espectro de alteraciones que incluyen desde lesiones benignas hasta malignas, incluyendo casos *borderline* o de características límite generan importantes dudas diagnósticas, con divergencia de opiniones incluso entre dermatopatólogos expertos. Quizás uno de los mejores ejemplos sea el diagnóstico histológico de las lesiones melanocíticas: la diferencia entre un nevus displásico y un melanoma *in situ* es sutil, y no es infrecuente que dermatopatólogos experimentados consideren diagnósticos diferentes ante una misma lesión.

En dermatopatología el uso de la IA como herramienta diagnóstica comenzó a finales del siglo pasado, con el proyecto TEGUMENT³¹. Sin embargo, ha sido más recientemente cuando varios trabajos han comenzado a avalar (de manera aún muy preliminar) su potencial uso práctico como apoyo para el diagnóstico histológico.

La IA ha demostrado una alta precisión en la realización de varias funciones esenciales de diagnóstico histológico, como el recuento de mitosis y la evaluación de positividad en pruebas inmunohistoquímicas³². Por otro lado, los algoritmos de aprendizaje profundo demostraron una precisión de casi el 100% en pruebas de clasificación binaria para lesiones cutáneas tumorales, y de casi el 80% para la clasificación de las mismas en 4 categorías (basaloide, escamoso, melanocítico y otros)³².

Respecto al diagnóstico diferencial entre nevus y melanoma las CNN han sido evaluadas por distintos estudios. En 2019 Hekler et al. demostraron una discordancia global de un 19% entre una CNN y un dermatopatólogo experto, siendo este un porcentaje similar al existente entre dermatopatólogos expertos³¹. También en 2019 Hart et al. demostraron una precisión de en torno al 90% para la clasificación binaria entre nevus de Spitz y nevus convencional³⁴. Más recientemente, en 2021, las CNN demostraron una sensibilidad, especificidad y precisión cercanas a las de 18 dermatopatólogos expertos en la evaluación de 50 lesiones melanocíticas, discriminando entre nevus y melanomas³³.

Una de las principales limitaciones en el uso de las CNN en dermatopatología es su reducido sistema de clasificación: mientras que los dermatopatólogos entrenados son capaces de reconocer múltiples variantes morfológicas y realizar

amplios diagnósticos diferenciales, los modelos de CNN actuales utilizan principalmente sistemas de clasificación binarios (indican si una imagen es positiva o no para un diagnóstico) y pierden precisión al introducir más categorías³⁵. De hecho, apenas hay estudios en dermatopatología de lesiones no tumorales, donde el diagnóstico diferencial es, en muchas ocasiones, más amplio y subjetivo. Por otro lado, debido a que la verdad fundamental de la fase de aprendizaje de estos sistemas es establecida por uno o varios dermatatólogos, y puesto que muchas entidades carecen de criterios diagnósticos que sean absolutamente precisos, esta verdad basal o fundamental no está completamente exenta de subjetividad⁴.

Por ello, y a pesar de estos resultados preliminares prometedores, es necesaria la ampliación (más allá de sistemas binarios) y la validación de los sistemas de inteligencia artificial antes de que pueda generalizarse su uso en dermatopatología práctica.

Probablemente, estos sistemas podrán ser utilizados en el futuro para la automatización de tareas reproducibles, y como técnica de cribado, convirtiéndose en una ayuda diagnóstica para mejorar no solo el trabajo diario del dermatatólogo, sino también en una herramienta importante en investigación e incluso divulgación educativa.

Inteligencia artificial aplicada a la cosmética

El campo de la dermatología cosmética ha sido uno de los sectores en los que se han desarrollado múltiples modelos basados en soluciones innovadoras. Actualmente existen en el mercado desde modelos de planificación virtual para tratamientos cosméticos con neuromoduladores y el tratamiento con rellenos

cosméticos, así como el uso de robótica en la automatización de diferentes tratamientos con láser³⁶.

Asistentes de uso domiciliario

La aplicación de las nuevas tecnologías ha generado múltiples estrategias cuyo objetivo final es empoderar a los pacientes mediante información y generación de contenidos personalizados, a fin de facilitar las decisiones en cuanto al cuidado de la piel y del cabello.

Muchas empresas han creado cuestionarios inteligentes sobre el cuidado de la piel y el cabello que incluyen preguntas sobre la demografía del paciente, las características de la piel y el cabello y resultados estéticos deseados para generar recomendaciones personalizadas.

En esta línea, la *startup* de nombre *PROVEN Beauty*®, con sede en California, ha utilizado el ML para ofrecer a los consumidores productos cosméticos personalizados para el cuidado de la piel. Este algoritmo utiliza información de una gran base de datos de cuidado de la piel, llamado *Beauty Genome Project*, que incluye más de 8 millones de opiniones de clientes, más de 100.000 productos para el cuidado de la piel actualmente en el mercado, 20.000 ingredientes y más de 4.000 artículos científicos revisados por pares sobre la piel y los ingredientes para el cuidado de la piel³⁷.

La realidad aumentada es otra tecnología que permite una personalización de las rutinas de cuidado de la piel y del cabello. En estos casos se va un paso más allá de los modelos basados en cuestionario al incorporar imágenes del paciente en el proceso de toma de decisiones. En este sentido, la empresa L'Oreal® oferta

2 aplicaciones web de realidad aumentada en línea que son gratuitas para todos los usuarios. La primera aplicación ofrece análisis de piel en línea a través del sitio web de Vichy® *Skin Consult AI*®, una aplicación que genera simulación de cuidado de la piel y antienvjecimiento con capacidad para detectar, cuantificar y predecir cambios en la piel³⁸. Este «espejo virtual» aplica tecnología de visión por ordenador para simular los resultados que se pueden obtener a través del uso de productos de belleza y cosméticos. Este proyecto fue desarrollado con el apoyo de dermatólogos a fin de evaluar afecciones de la piel como discromía, sequedad y arrugas. Tras subir una imagen, el sistema genera información al consumidor acerca de la calidad de su piel, sus aspectos a mejorar y recomendaciones sobre el régimen de productos personalizado. Los aspectos analizados incluyen las líneas infraorbitarias, elasticidad, líneas finas generalizadas y arrugas profundas, falta de luminosidad, hiperpigmentación y poros. Sin embargo, las principales limitaciones del sistema incluyen: 1) el sesgo de recomendación basado en un conjunto limitado de productos; 2) la pérdida de información en el análisis de imagen por la ausencia de análisis de imágenes laterales; 3) la falta de posibilidad de autoseguimiento; y 4) la falta de información generada por el usuario impide generar recomendaciones personalizadas no solo basadas en el aspecto físico del usuario.

En la misma línea, la aplicación gratuita para smartphones de nombre *Skin360*®, de Neutrogena®, utiliza la cámara del teléfono inteligente del usuario para evaluar la piel en busca de manchas oscuras, ojeras, arrugas, cambios de textura y líneas de expresión. Esta evaluación proporciona una «puntuación *Skin360*» y ofrece al usuario sugerencias para productos para el cuidado de la piel basados en los 5 parámetros referidos. El paciente también tiene la capacidad de realizar

un seguimiento de la mejora con los productos recomendados durante días, semanas y meses con evaluaciones cutáneas de seguimiento a través de la aplicación. Además de dicha puntuación, la aplicación también rastrea los hábitos de estilo de vida del paciente que pueden influir en la salud de la piel (sueño, ejercicio, estrés y registro diario de su uso del producto)³⁹.

CONCLUSIONES

Estamos viviendo y viviremos toda una revolución de la IA en dermatología, con sistemas de diversa índole y enfoque y con un potencial indudable.

Una revisión bibliográfica reciente afirma que los sistemas de IA basados en redes neuronales (ya sea en sus modalidades profunda o convolucional) tienen una capacidad de reconocimiento superior a la de los dermatólogos. Aunque es una afirmación que puede discutirse y contextualizarse, sí es cierto que existe un perfeccionamiento técnico progresivo de los sistemas de IA.

Por una parte, los sistemas de análisis automatizado de imagen convencionales han quedado ampliamente superados por los sistemas de redes neuronales usados en esta última década

Por otra parte, se está consiguiendo que los sistemas puedan procesar gran cantidad de información adicional para lograr «razonar» de forma análoga a como lo hace un dermatólogo (por ejemplo, comparando con las otras lesiones pigmentadas del paciente para evitar diagnósticos de sospecha falseados ante un contexto de predominio de nevos atípicos).

Tras analizar las opiniones de los diferentes autores, creemos que el avance de estas tecnologías se debe hacer de forma progresiva, segura y basada en la generosidad de la comunidad dermatológica, pues para mejorar la fiabilidad de estos sistemas es imprescindible contar con bases de datos de imágenes e información clínica amplia, públicamente accesibles. Serán un indudable apoyo a otros médicos si no existe acceso al dermatólogo o recursos para acercarlo. No obstante, consideramos que el futuro no pasa por que los sistemas de IA

sustituyan al dermatólogo, sino que se conviertan en una oportunidad para mejorar la práctica clínica gracias a las múltiples ventajas que esta nos puede ofrecer.

En definitiva, lo óptimo es que exista una simbiosis IA-dermatólogo para tomar las mejores decisiones para nuestros pacientes, siendo conscientes de que lo ideal es una combinación de la inteligencia humana con la IA, preservando una fluida relación médico-paciente. Para ello resulta imprescindible cambiar la tendencia actual, y que el médico especialista en dermatología tome la iniciativa en el desarrollo y en la orientación de los productos de IA enfocados a cubrir las necesidades actualmente no cubiertas en nuestra práctica clínica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1

J. Beunza, E. Puertas, E. Condes

Manual práctico de inteligencia artificial en entornos sanitarios

Editorial Elsevier, Madrid (2020), pp. 1-10

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

2

A.S. Adamson, H.G. Welch

Machine learning and the cancer-diagnosis problem - no gold standard

N Engl J Med, 381 (2019), pp. 2285-2287, [10.1056/NEJMp1907407](#)

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

3

R. Zemouri, C. Devalland, S. Valmary-Degano, N. Zerhouni

Neural network: A future in pathology?

Ann Pathol, 39 (2019), pp. 119-129, [10.1016/j.annpat.2019.01.004](#)

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

4

A. Wells, S. Patel, J.B. Lee, K. Motaparathi

Artificial intelligence in dermatopathology: Diagnosis, education, and research

J Cutan Pathol, 48 (2021), pp. 1-8, [10.1111/cup.13954](#)

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

5

D.H. Murphree, P. Puri, H. Shamim, S.A. Bezalel, L.A. Drage, M. Wang,
et al.

Deep learning for dermatologists: Part I fundamental concepts

J Am Acad Dermatol, 17 (2020), [10.1016/j.jaad.2020.05.056](https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.05.056)
S0190–962230921-X. Epub ahead of print. PMID: 32434009; PMCID:
PMC7669702

[Google Scholar](#)

6

A. Gomolin, E. Netchiporouk, R. Gniadecki, I.V. Litvinov
Artificial intelligence applications in dermatology: Where do we stand?
Front Med (Lausanne), 7 (2020), p. 100, [10.3389/fmed.2020.00100](https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00100)
PMID: 32296706; PMCID: PMC7136423

[View in ScopusGoogle Scholar](#)

7

Puri P, Comfere N, Drage LA, Shamim H, Bezalel SA, Pittelkow MR, et
al. Deep learning for dermatologists: Part II. Current applications. J Am
Acad Dermatol. 2020 May 16:S0190-9622(20)30918-X. doi:
10.1016/j.jaad.2020.05.053. Epub ahead of print. PMID: 32428608;
PMCID: PMC7669658

[Google Scholar](#)

8

P. Puri, N. Comfere, L.A. Drage, H. Shamim, S.A. Bezalel, M.R.
Pittelkow, *et al.*
Deep learning for dermatologists: Part II. Current applications
J Am Acad Dermatol (2020), [10.1016/j.jaad.2020.05.053](https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.05.053)
S0190–962230918-X. Epub ahead of print. PMID: 32428608; PMCID:
PMC7669658

[Google Scholar](#)

9

D.T. Hogarty, J.C. Su, K. Phan, M. Attia, M. Hossny, S. Nahavandi, *et al.*

Artificial Intelligence in Dermatology-Where We Are and the Way to the

Future: A Review

Am J Clin Dermatol, 21 (2020), pp. 41-47

[CrossRef](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

10

P. Guo, Y. Luo, G. Mai, M. Zhang, G. Wang, M. Zhao, *et al.*

Gene expression profile based classification models of psoriasis

Genomics, 103 (2014), pp. 48-55

[View PDF](#)[View article](#)[Google Scholar](#)

11

V.K. Shrivastava, N.D. Londhe, R.S. Sonawane, J.S. Suri

Computer- aided diagnosis of psoriasis skin images with HOS, texture

and color features: A first comparative study of its kind

Comput Methods Programs Biomed, 126 (2016), pp. 98-109

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

12

V.K. Shrivastava, N.D. Londhe, R.S. Sonawane, J.S. Suri

A novel and robust Bayesian approach for segmentation of psoriasis

lesions and its risk stratification

Comput Methods Programs Biomed, 150 (2017), pp. 9-22

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

13

V.K. Shrivastava, N.D. Londhe, R.S. Sonawane, J.S. Suri

Reliable and accurate psoriasis disease classification in dermatology images using comprehensive feature space in machine learning paradigm

Expert Syst Appl, 42 (2015), pp. 6184-6195

[View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar](#)

14

M.H.A. Fadzil, D. Ihtatho, A.M. Affandi, S.H. Hussein

Area assessment of psoriasis lesion for PASI scoring

Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2007 (2007), pp. 3446-3449

[Google Scholar](#)

15

Meienberger N, Anzengruber F, Amruthalingam L, Christen R, Koller T, Maul JT, et al. Observer-independent assessment of psoriasis affected area using machine learning. J Eur Acad Dermatol Venereol.

2020;34(6):1362-1368. <https://doi.org/10.1111/jdv.16002>

[Google Scholar](#)

16

J. Lu, E. Kazmierczak, J.H. Manton, R. Sinclair

Automatic segmentation of scaling in 2-D psoriasis skin images

IEEE Trans Med Imaging, 32 (2013), pp. 719-730

[View in ScopusGoogle Scholar](#)

17

Y.M. George, M. Aldeen, R. Garnavi

Automatic scale severity assessment method in psoriasis psoriasis skin images using local descriptors

IEEE J Biomed Health Inform, 24 (2019), pp. 577-585

[Google Scholar](#)

18

Y. George, M. Aldeen, R. Garnavi

Psoriasis image representation using patch-based dictionary learning for erythema severity scoring

Comput Med Imaging Graph, 66 (2018), pp. 44-55

[View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar](#)

19

M. Dash, N.D. Londhe, S. Ghosh, V.K. Shrivastava, R.S. Sonawane

Swarm intelligence based clustering technique for automated lesion detection and diagnosis of psoriasis

Comput Biol Chem, 86 (2020), p. 107247

[View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar](#)

20

A. Martorell, E. Ibor Crespo, V. Gisbert, R. Ruiz Villaverde, S. Arias, A. Sahuquillo, *et al.*

IMAPSORS project: A multicentre validation study to assess the accuracy of an AI solution to quantify the psoriasis severity

J Am Acad Dermatol, 85, Suppl 1 (2021), p. AB197

[View PDFView articleView in ScopusGoogle Scholar](#)

21

J. Correa da Rosa, J. Kim, S. Tian, L.E. Tomalin, J.G. Krueger, M. Suárez-Fariñas

Shrinking the psoriasis assessment gap: Early gene-expression profiling accurately predicts response to long-term treatment

J Invest Dermatol, 137 (2017), pp. 305-312

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

22

A.C. Foulkes, D.S. Watson, D.F. Carr, J.G. Kenny, T. Slidel, R. Parslew, *et al.*

A framework for multi-omic prediction of treatment response to biologic therapy for psoriasis

J Invest Dermatol, 139 (2019), pp. 100-107

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

23

L.E. Tomalin, J. Kim, J. Correa da Rosa, J. Lee, L.J. Fitz, G. Berstein, *et al.*

Early quantification of systemic inflammatory-proteins predicts long-term treatment response to tofacitinib and etanercept: Psoriasis response predictions using blood

J Invest Dermatol, 140 (2020), pp. 1026-1034

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

24

S.D.A. Emam, S.F. Thomsen, R. Greiner, R. Gniadecki

Predicting the long-term outcomes of biologics in psoriasis patients using machine learning

Br J Dermatol, 182 (2019), pp. 1305-1307

[Google Scholar](#)

25

M.T. Patrick, K. Raja, K. Miller, J. Sotzen, J.E. Gudjonsson, J.T. Elder, *et al.*

Drug repurposing prediction for immune-mediated cutaneous diseases using a word-embedding–based machine learning approach

J Invest Dermatol, 139 (2019), pp. 683-691

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

26

E. Munger, H. Choi, A.K. Dey, Y.A. Elnabawi, J.W. Groenendyk, J. Rodante, *et al.*

Application of machine learning to determine top predictors of non-calcified coronary burden in psoriasis

J Am Acad Dermatol, 84 (2021), p. 881

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

27

M.T. Patrick, P.E. Stuart, K. Raja, J.E. Gudjonsson, T. Tejasvi, J. Yang, *et al.*

Genetic signature to provide robust risk assessment of psoriatic arthritis development in psoriasis patients

Nat Commun, 9 (2018), p. 4178

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

28

E. Gustafson, J. Pacheco, F. Wehbe, J. Silverberg, W. Thompson

A Machine learning algorithm for identifying atopic dermatitis in adults from electronic health records

2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI),
2017 (2017), pp. 83-90

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

29

L.C.D. De Guzman, R.P.C. Maglaque, V.M.B. Torres, S.P.A. Zapido,
M.O. Cordel

Design and evaluation of a multi-model, multi-level artificial neural
network for eczema skin lesion detection2015 3rd International
conference on artificial intelligence, modelling and simulation (AIMS).
(2015), pp. 42-47

[CrossRef](#)[View in Scopus](#)

30

S.S. Han, G.H. Park, W. Lim, M.S. Kim, J.I. Na, I. Park, *et al.*

Deep neural networks show an equivalent and often superior
performance to dermatologists in onychomycosis diagnosis: Automatic
construction of onychomycosis datasets by region-based convolutional
deep neural network

PLoS One, 13 (2018), p. e0191493

[CrossRef](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

31

A. Hekler, J.S. Utikal, A.H. Enk, C. Berking, J. Klode, D. Schadendorf, *et al.*

Pathologist-level classification of histopathological melanoma images
with deep neural networks

Eur J Cancer, 115 (2019), pp. 79-83, [10.1016/j.ejca.2019.04.021](#)

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

32

M.K.K. Niazi, A.V. Parwani, M.N. Gurcan

Digital pathology and artificial intelligence

Lancet Oncol, 20 (2019), pp. e253-e261

doi: 10.1016/S1470-2045(19)30154-8

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

33

T.J. Brinker, M. Schmitt, E.I. Krieghoff-Henning, R. Barnhill, H.

Beltraminelli, S.A. Braun, *et al.*

Diagnostic performance of artificial intelligence for histologic melanoma
recognition compared to 18 international expert pathologists

J Am Acad Dermatol (2021), pp. 18-20, [10.1016/j.jaad.2021.02.009](#)

[Google Scholar](#)

34

A. Hekler, J.S. Utikal, A.H. Enk, W. Solass, M. Schmitt, J. Klode

Deep learning outperformed 11 pathologists in the classification of
histopathological melanoma images

Eur J Cancer, 118 (2019), pp. 91-96, [10.1016/j.ejca.2019.06.012](#)

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

35

S.N. Hart, W. Flotte, A.P. Norgan, K.K. Shah, Z.R. Buchan, T.

Mounajjed, *et al.*

Classification of melanocytic lesions in selected and whole-slide images
via convolutional neural networks

J Pathol Inform, 10 (2019), p. 5, [10.4103/jpi.jpi_32_18](#)

[View PDF](#)[View article](#)[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

36

A. Elder, C. Ring, K. Heitmiller, Z. Gabriel, N. Saedi

The role of artificial intelligence in cosmetic dermatology—Current,
upcoming, and future trends

J Cosmet Dermatol, 00 (2020), pp. 1-5, [10.1111/jocd.13797](#)

[View in Scopus](#)[Google Scholar](#)

37

Why Choose PROVEN For Personalized Skin Care Products? |

PROVEN [consultado 6 Jul 2020]. Disponible en: [https://www.proven-
nskin care.com/why-proven](https://www.proven-skin-care.com/why-proven)

[Google Scholar](#)

38

The new skincare diagnostic tool [consultado 6 Jul 2020]. Disponible en:

<https://www.vichy-usa.com/skin-care-analysis-ai.html>

[Google Scholar](#)

39

The future is now: Technology for skincare - practical dermatology. 2020.

[consultado 11 Mar 2021]. Disponible en: [https://practicaldermat](https://practicaldermatology.com/articles/2019-jan/the-future-is-now-technology-for-skincare)

[ology.com/articles/2019-jan/the-future-is-now-technology-for-skincare](https://practicaldermatology.com/articles/2019-jan/the-future-is-now-technology-for-skincare)

[Google Scholar](#)