DOI: 10.26820/reciamuc/9.(2).abril.2025.675-687
URL: https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/1622
EDITORIAL: Saberes del Conocimiento
REVISTA: RECIAMUC
ISSN: 2588-0748
TIPO DE INVESTIGACIÓN: Artículo de revisión
CÓDIGO UNESCO: 32 Ciencias Médicas
PAGINAS: 675-687

Detección Ultra-Temprana de melanoma con redes neuronales convolucionales: Implicaciones para la resección quirúrgica guiada por inteligencia artificial

Ear auricle reconstruction for microtia and trauma: Complementary roles of plastic surgery and dermatology in treatment and follow-up

Ultra-Early melanoma detection with convolutional neural networks: Implications for artificial intelligence-guided surgical resection

Jhoselyn Odalys Anchatuña Caisa[1]; Daniela Lisette Araujo Vega[2]; Cinthya Yadira Cadena Vaca[3]; Paola Alejandra Villagrán Herrero[4]

RECIBIDO: 05/01/2025 **ACEPTADO:** 15/03/2025 **PUBLICADO:** 03/09/2025

1. Médico General, Investigadora Independiente; Latacunga, Ecuador; odajh18@hotmail.com; https://orcid.org/0000-0002-0228-1235
2. Médica; Investigadora Independiente; Guayaquil, Ecuador; danielaraujov5@gmail.com; https://orcid.org/0009-0000-0734-9991
3. Máster en Dirección y Gestión Sanitaria; Médico General; Médico General en Empresa Eléctrica Riobamba S.A. / Médico 1; Riobamba, Ecuador; ccadena.4amdc@gmail.com; https://orcid.org/0009-0004-8900-272X
4. Médica Cirujana; Investigadora Independiente; Quito, Ecuador; paopao_159@hotmail.es; https://orcid.org/0000-0002-5282-6248

CORRESPONDENCIA

Jhoselyn Odalys Anchatuña Caisa
odajh18@hotmail.com

Latacunga, Ecuador

© RECIAMUC; Editorial Saberes del Conocimiento, 2025

RESUMEN

La revisión bibliográfica se realizó para analizar el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) en la detección ultra-temprana de melanoma, y sus implicaciones para la resección quirúrgica guiada por inteligencia artificial (IA). Se consultaron bases de datos académicas como PubMed, Scopus y Web of Science. La búsqueda se restringió a publicaciones de los últimos diez años, filtrando estudios que presentaban resultados de modelos de CNN aplicados a imágenes dermatoscópicas y su impacto en la precisión del diagnóstico. Adicionalmente, se priorizaron artículos que discutían la integración de la IA en la planificación y ejecución de procedimientos quirúrgicos para la resección del melanoma. La sinergia entre la detección temprana impulsada por CNN y la guía quirúrgica asistida por IA está creando un nuevo paradigma en el tratamiento del melanoma. Esta combinación promete mejorar drásticamente las tasas de éxito de las cirugías, minimizar los procedimientos invasivos y reducir la recurrencia de la enfermedad. A medida que estas tecnologías maduran y se integran plenamente en la práctica clínica, la IA pasará de ser una herramienta de apoyo a convertirse en un componente indispensable del tratamiento integral del cáncer de piel.

Palabras clave: Melanoma, Detección temprana, Redes neuronales, Dermatoscopía, Cirugía guiada.

ABSTRACT

This literature review was conducted to analyze the use of convolutional neural networks (CNNs) for the ultra-early detection of melanoma and its implications for surgical resection guided by artificial intelligence (AI). Academic databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science were consulted. The search was restricted to publications from the last ten years, filtering for studies that presented results from CNN models applied to dermoscopic images and their impact on diagnostic accuracy. Additionally, articles discussing the integration of AI into the planning and execution of surgical procedures for melanoma resection were prioritized. The synergy between early detection powered by CNNs and AI-assisted surgical guidance is creating a new paradigm in melanoma treatment. This combination promises to dramatically improve surgical success rates, minimize invasive procedures, and reduce disease recurrence. As these technologies mature and become fully integrated into clinical practice, AI will transition from being a support tool to an indispensable component of comprehensive skin cancer treatment.

Keywords: Early detection, Convolutional neural networks, AI-guided surgery, Dermoscopy.

RESUMO

Esta revisão bibliográfica foi realizada para analisar o uso de redes neurais convolucionais (CNNs) para a deteção ultraprecoce do melanoma e suas implicações para a ressecção cirúrgica guiada por inteligência artificial (IA). Foram consultadas bases de dados académicas como PubMed, Scopus e Web of Science. A pesquisa foi restrita a publicações dos últimos dez anos, filtrando estudos que apresentavam resultados de modelos CNN aplicados a imagens dermatoscópicas e seu impacto na precisão do diagnóstico. Além disso, foram priorizados artigos que discutiam a integração da IA no planeamento e execução de procedimentos cirúrgicos para ressecção de melanoma. A sinergia entre a deteção precoce impulsionada por CNNs e a orientação cirúrgica assistida por IA está a criar um novo paradigma no tratamento do melanoma. Esta combinação promete melhorar drasticamente as taxas de sucesso cirúrgico, minimizar procedimentos invasivos e reduzir a recorrência da doença. À medida que estas tecnologias amadurecem e se tornam totalmente integradas na prática clínica, a IA passará de uma ferramenta de apoio para um componente indispensável do tratamento abrangente do cancro da pele.

Palavras-chave: Deteção precoce, Redes neurais convolucionais, Cirurgia guiada por IA, Dermoscopia.

Introducción

Las enfermedades cutáneas son un grupo de afecciones de la dermis, caracterizadas por el cambio de aspecto que presentan en comparación con la piel sana. La presencia de lesiones en la piel se hace cada vez más común afectando a personas sin importar su edad o género, esto se debe a la continua exposición al medio ambiente fluctuante actual. Una temprana detección de estas lesiones se vuelve vital para la toma de decisión en cuanto al tratamiento a seguir. Durante la inspección clínica, dependiendo de la experiencia, la pericia y la precisión, el médico se vale de técnicas y herramientas que lo orientan a un diagnóstico más cercano al real. Un mal diagnóstico se traduce en exámenes complementarios innecesarios, demora en aplicación del tratamiento correcto y propagación de la lesión (1).

El cáncer es una enfermedad que altera el proceso natural de vida de las células, haciendo que crezcan y se dividan de forma descontrolada. Esta acumulación de células anormales forma tumores malignos que pueden propagarse a otras partes del cuerpo a través de un proceso llamado metástasis, que es la principal causa de muerte por cáncer. El diagnóstico tardío y la falta de tratamiento adecuado son factores clave en el sufrimiento y la mortalidad de los pacientes. Entre los distintos tipos de cáncer, el cáncer de piel es uno de los más comunes y se divide en tres categorías principales: carcinoma de células escamosas, carcinoma de células basales y melanoma (2).

El diagnóstico tradicional del melanoma en la piel, basado en la experiencia de expertos y el análisis visual, tiene limitaciones que afectan su fiabilidad. Por esta razón, se están explorando nuevas alternativas, como la inteligencia artificial (IA). Según la investigación de Venkatesh et al. (2024) citado por Leoó N Alarcoó N (3), el diagnóstico dermatológico con IA ha ampliado su alcance más allá del cáncer de piel para incluir una gran variedad de enfermedades cutáneas, lo que abre nuevas posibilidades en la atención dermatológica. A pesar de esto, la FDA (Food and Drug Administration) aún no ha aprobado ningún dispositivo de IA para el diagnóstico o tratamiento de estas afecciones. El aumento de la teledermatología durante la pandemia de COVID-19 ha hecho que haya más bases de datos de imágenes de la piel disponibles para entrenar los modelos de IA. Esto es un avance clave para el desarrollo de esta tecnología.

Los avances en las tecnologías de inteligencia artificial han logrado abarcar un sinfín de campos, incluyendo el de la diagnosis de patologías en la medicina, y cada día es más común el uso de esta en el estudio de imágenes, más aún luego de que se desarrollara el concepto de las redes neuronales convolucionales. A diferencia del “ojo clínico”, una red neuronal es entrenada con miles, hasta millones de datos para clasificar información según sea deseado. Los beneficios a largo plazo de la Inteligencia Artificial en el proceso de diagnóstico de los melanomas prometen salvar miles de vidas cada año, por lo cual, el siguiente trabajo de investigación busca desarrollar un sistema basado en redes neuronales convolucionales capaz de identificar melanomas a partir de imágenes (4).

Metodología

La revisión bibliográfica se realizó para analizar el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) en la detección ultra-temprana de melanoma, y sus implicaciones para la resección quirúrgica guiada por inteligencia artificial (IA). Se consultaron bases de datos académicas como PubMed, Scopus y Web of Science, usando palabras clave como "melanoma", "early detection", "convolutional neural networks", "AI-guided surgery" y "dermoscopy". La búsqueda se restringió a publicaciones de los últimos diez años, filtrando estudios que presentaban resultados de modelos de CNN aplicados a imágenes dermatoscópicas y su impacto en la precisión del diagnóstico. Adicionalmente, se priorizaron artículos que discutían la in-

tegración de la IA en la planificación y ejecución de procedimientos quirúrgicos para la resección del melanoma.

Resultados

Melanoma

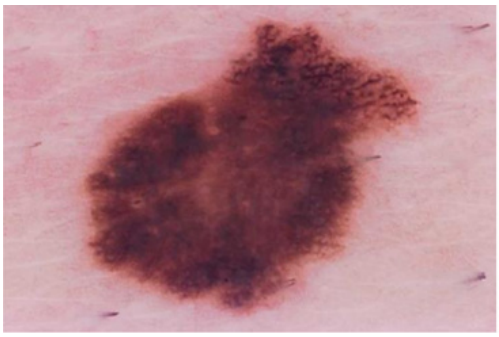

Figura 1. Melanoma

Fuente: Rubio Camacho (5).

El melanoma es un tipo de cáncer de piel o tumor originado en los melanocitos, de los cuales obtienen su color oscuro tan característico. Aunque ciertos melanomas no producen melanina, produciendo un color rosado e incluso blanco. Este tumor es conocido como el cáncer de piel más peligroso debido a su rapidez de crecimiento, como a su gran capacidad de metástasis. Su temprano diagnóstico es crucial para evitar su propagación y poder recibir tratamiento adecuado. La profundidad de la lesión es un factor determinante y crítico en el diagnóstico, ya que está directamente relacionado con la gravedad del tumor (5).

Diagnóstico

Tabla 1. Interpretación del índice dermatoscópico total para la regla del ABCD

TDS	Diagnostico
Menor a 4.75	Benigno
Entre 4.75 a 5.45	Sospechosos
Mayor a 5.45	Maligno

Fuente: Sánchez Sánchez (6).

Existen varias metodologías para la detección de cáncer de piel, como el método Menzies, el método ABCD y el Análisis de patrones, siendo este último el más efectivo y usado por médicos con experiencia. El Análisis de patrones clasifica las lesiones basándose en patrones globales y estructuras localizadas, y se complementa con la regla ABCD. Esta regla evalúa la asimetría, los bordes, el color (buscando seis tonalidades específicas) y las estructuras dermatoscópicas de la lesión. A cada uno de estos criterios se le asigna un valor que, al ser multiplicado por un peso ponderado, determina el valor TDS final, que sirve como una medida para la clasificación de la lesión (6).

$$TDS = 1{,}3A + 0{,}1B + 0{,}5C + 0{,}5D$$

Desafíos en la detección temprana

A pesar de los avances en técnicas diagnósticas, la detección temprana del cáncer de piel enfrenta varios desafíos. La evaluación clínica tradicional depende en gran medida de la experiencia del dermatólogo y de herramientas como la dermatoscopia. Sin embargo, la variabilidad en la interpretación de las lesiones y la limitada disponibilidad de especialistas en áreas rurales o de bajos recursos pueden retrasar el diagnóstico. Además, la creciente demanda de consultas dermatológicas ha generado listas de espera prolongadas, lo que puede comprometer la atención oportuna. En este contexto, se hace evidente la necesidad de soluciones innovadoras que complementen y optimicen el proceso diagnóstico (7).

Diagnóstico clínico del melanoma cutáneo

- **Inspección visual**

Este es el primer paso en la detección. Se basa en observar cambios en la apariencia de una lesión cutánea, como la forma, el color, el tamaño y la textura. Aunque es una herramienta importante, su efectividad depende de la experiencia del dermatólogo, lo que puede llevar a diagnósticos erróneos.

- **Dermatoscopia**

Esta técnica no invasiva utiliza un dermatoscopio para ver estructuras internas y patrones de pigmentación que no se ven a simple vista. Permite diferenciar entre lesiones benignas y malignas, lo que es crucial para la detección temprana. Sin embargo, al igual que la inspección visual, su eficacia está ligada a la experiencia del médico.

- **Biopsia e Histopatología**

Este es el método definitivo para confirmar el diagnóstico de melanoma. Se extrae una muestra de tejido de la lesión sospechosa para un análisis microscópico. Este análisis determina la presencia de células cancerosas y su grado de invasión, lo que es vital para el plan de tratamiento. Aunque es el "estándar de oro", es un procedimiento invasivo que solo se realiza después de que los otros métodos sugieran la presencia de melanoma.

Inteligencia artificial

La Inteligencia Artificial (IA) ha sido definida a lo largo de los años por figuras clave como Alan Turing y John McCarthy. Mientras que Turing, considerado el padre de la IA, sentó las bases con su propuesta de si las máquinas pueden pensar y la creación del test de Turing, McCarthy definió la IA como la ciencia de crear máquinas y programas inteligentes sin limitarse a la inteligencia biológica. Contrario a la visión de la ficción que la ve como una amenaza, la IA busca imitar y superar la inteligencia humana en campos de gran capacidad de cálculo, y su desarrollo ha sido consolidado por referentes como Stuart Russell y Peter Norvig, autores del libro de texto más popular sobre el tema. En esencia, la IA es la capacidad de un dispositivo artificial para realizar tareas propias de la inteligencia humana, como el cálculo, la memorización, el aprendizaje y la creatividad (8).

La IA en la dermatología

La Inteligencia Artificial (IA), especialmente a través del aprendizaje profundo y las redes neuronales convolucionales (CNN), se ha convertido en una herramienta prometedora en la dermatología. Se ha demostrado que la IA puede clasificar lesiones cutáneas con una precisión comparable a la de dermatólogos experimentados. Un ejemplo destacado es el estudio de la Universidad de Stanford, donde una CNN entrenada con más de 129,000 imágenes logró una precisión similar a la de 21 dermatólogos (7).

Además, la IA se está integrando en dispositivos médicos innovadores para la detección del cáncer de piel. Por ejemplo, el dispositivo DermaSensor, aprobado por la FDA, utiliza IA para evaluar lesiones en tiempo real y ayudar a los médicos a decidir si remitir a un especialista. En el Reino Unido, el sistema de IA llamado Derm permite analizar imágenes de lunares con un iPhone en segundos, lo que reduce las listas de espera y mejora la eficiencia del diagnóstico (7).

Herramientas tecnológicas

- **Aprendizaje automático**

El aprendizaje automático (ML) es un área de la IA que se centra en crear modelos que aprendan por sí mismos a partir de grandes conjuntos de datos. Utilizando técnicas estadísticas, estos modelos encuentran patrones en los datos para hacer predicciones, lo que permite reutilizarlos para diversos problemas. Este paradigma se ha beneficiado enormemente del auge de los datos masivos, lo que ha llevado a hitos notables como la derrota del campeón de ajedrez Garri Kaspárov por el sistema Deep Blue de IBM en 1997, la victoria de AlphaGo de Google DeepMind sobre el campeón de Go en 2015, y el desarrollo de AlphaFold para predecir estructuras de proteínas. Más recientemente, la empresa OpenAI creó DALL·E 2, una herramienta que genera imágenes superrealistas a partir de descripciones de texto, demostrando el poder del ML para innovar en diferentes campos. A diferencia de la programación tradicional, el ML se basa en datos en lugar de reglas explícitas, lo que ofrece un enfoque más general y reutilizable para la resolución de problemas (8).

Diagnóstico de lesiones pigmentadas

La IA ha demostrado un rendimiento excepcional en la clasificación de lesiones pigmentadas. Modelos de CNN entrenados con miles de imágenes han alcanzado niveles de precisión comparables a los de dermatólogos certificados (9).

- **Precisión diagnóstica:** Algunos estudios han reportado una precisión de hasta el 94% para la detección de melanoma. Un modelo de CNN pre-entrenado igualó el rendimiento de 21 dermatólogos, logrando una alta área bajo la curva (AUC) de 0.96 para carcinomas y melanomas.
- **Imágenes clínicas vs. dermatoscópicas:** Aunque la mayoría de los estudios se centran en imágenes dermatoscópicas, hay una necesidad creciente de investigar el uso de imágenes clínicas macroscópicas, ya que estas son más accesibles para profesionales no dermatólogos.
- **Herramientas de apoyo:** Los chatbots con IA también están emergiendo como herramientas útiles, asistiendo a los dermatólogos con diagnósticos diferenciales y conocimientos educativos, aunque su precisión varía según el tipo de lesión (9).

Dermatoscopia y su impacto

La IA se ha utilizado en el análisis de imágenes dermatoscópicas durante más de 20 años. Los estudios comparativos muestran que la IA puede igualar o incluso superar a los expertos humanos en la identificación de lesiones benignas y malignas (9).

- **Mejora de la precisión humana:** El apoyo de la IA ha demostrado aumentar la precisión de los dermatólogos y residentes, especialmente en casos de diagnósticos complejos.
- **Desafíos:** A pesar de los avances, los modelos de IA son extremadamente sensibles a cambios mínimos en la imagen que un ojo humano podría ignorar (9).

Patología de lesiones pigmentadas

El diagnóstico histopatológico asistido por computadora ha resurgido gracias a la IA y los escáneres de imágenes de diapositivas completas (WSI) (9).

- **Clasificación histológica:** Los modelos de CNN pueden clasificar lesiones melanocíticas con una tasa de discordancia similar a la que existe entre patólogos humanos.
- **Importancia de los datos:** La precisión de la IA depende en gran medida de la calidad del conjunto de datos de entrenamiento. Un estudio demostró que una selección meticulosa de imágenes es crucial para mantener la alta precisión diagnóstica.
- **Limitaciones:** La IA en patología aún enfrenta retos como la inmensa variabilidad morfológica de las lesiones, la sensibilidad a las variaciones de tinción de las diapositivas y las limitaciones de los esquemas de clasificación binaria que pueden simplificar demasiado diagnósticos complejos (9).

Aprendizaje automático aplicado al diagnóstico de melanoma

En el campo de la visión por computadora hay diferentes usos del aprendizaje automático que se pueden emplear para analizar una imagen:

- **Clasificación de imágenes:** dada una imagen, se pretende determinar a qué clase pertenece. En el caso de imágenes dermatoscópicas, se puede clasificar una imagen en un tipo determinado de lesión cutánea (melanoma, angiofibroma, dermatofibroma, lentigo, etc.) (10).
- **Detección de objetos:** se identifica la presencia de objetos con un cuadro delimitador y predice a que clase pertenecen los objetos ubicados en una imagen. Correspondería a detectar distintas lesiones cutáneas en una imagen y delimitarlas (10).

- **Segmentación semántica:** se clasifican todos los píxeles de una imagen en clases de objetos. Estas clases son interpretables semánticamente y se asocian a categorías. Por ejemplo, se podría aislar todos los píxeles asociados a un melanoma y colorearlos con una tonalidad distinta al resto de la imagen (10).
- **Segmentación de instancias:** se señalan los píxeles de varios objetos u anomalías concretas, identificando cada instancia de forma individual (10).

Deep learning

El aprendizaje profundo (DL) es un subconjunto del aprendizaje automático que utiliza redes neuronales para aprender de grandes cantidades de datos, tanto estructurados como no estructurados (texto o imágenes). El auge del DL se debe al aumento de la capacidad de cálculo de los ordenadores, lo que permite el procesamiento de datos masivos. Hitos notables en este campo incluyen "The Cat Experiment" de Google en 2012 y la victoria de AlphaGo en 2016. Esta tecnología está detrás de avances como la conducción autónoma, el reconocimiento facial y los chatbots de atención al cliente. La principal diferencia entre los métodos de DL y otras técnicas es su capacidad para adaptarse a los cambios en los datos a medida que se va alimentando el sistema (8).

- **Computer visión**

La visión por ordenador es un subcampo de la IA que permite a las máquinas extraer información de imágenes y vídeos para tomar decisiones y mejorar la precisión de sus predicciones. Funciona como los "ojos" de la IA, sustituyendo la visión humana con cámaras, datos, algoritmos y píxeles. El gran auge de esta área se debe al exponencial crecimiento de imágenes subidas a internet y al aumento de la capacidad de procesamiento de los ordenadores, lo que ha permitido que los sistemas de visión por ordenador superen la precisión humana en reacciones rápidas ante estímulos visuales. Este campo es especialmente relevante en la medicina, donde el 90% de los datos se basan en imágenes, y se ha aplicado con éxito en áreas como el diagnóstico de cáncer de mama. La tecnología se basa en modelos que aprenden de grandes conjuntos de imágenes y se divide en tres pasos: adquirir, procesar y comprender. Aunque los modelos de aprendizaje profundo (DL) que se usan en este campo pueden ser muy precisos, tienen la desventaja de ser una "caja negra" que no explica cómo llegaron a sus decisiones, un problema que actualmente es un campo de investigación activo. Entre los tipos de visión por ordenador se encuentran la segmentación de imágenes, la detección de objetos, el reconocimiento facial, la detección de bordes y la clasificación de imágenes (8).

- **Redes neuronales**

Las Redes Neuronales Artificiales (ANN) son sistemas computacionales diseñados para imitar el funcionamiento de las redes neuronales del cerebro humano. Consisten en un conjunto de "neuronas" o nodos interconectados que procesan información a través de operaciones simples como sumas y multiplicaciones, y crean o refuerzan conexiones a medida que aprenden. El objetivo de entrenar estas redes es utilizarlas para hacer predicciones o clasificaciones. Las ANN son la base del aprendizaje profundo (DL) y pueden variar en complejidad, desde el perceptrón simple hasta redes más sofisticadas como las redes neuronales convolucionales (CNN) y las redes neuronales recurrentes (8).

- **Transfer Learning**

El "transfer learning" o aprendizaje por transferencia es una técnica de aprendizaje profundo que utiliza modelos de inteligencia artificial (IA) pre-entrenados en grandes bases de datos, como ImageNet, para transferir su conocimiento a una nueva tarea específica, como la detección de melanoma en imágenes dermatoscópicas. Esta técnica es particularmente útil en el campo de la

dermatología, ya que permite a los modelos de IA identificar características relevantes de las lesiones, como la textura, bordes y colores, que son clave para un diagnóstico preciso (11).

Este método ofrece varias ventajas:

- **Menos datos de entrenamiento:** Aprovecha el conocimiento ya adquirido por el modelo, lo que permite entrenarlo con un número significativamente menor de imágenes.
- **Mayor precisión y velocidad:** Mejora el rendimiento del modelo al beneficiarse de los patrones y características aprendidos previamente. Esto reduce el tiempo de entrenamiento y optimiza la precisión del diagnóstico.
- **Reducción de costos y recursos:** Al evitar el entrenamiento de un modelo desde cero, se disminuyen los costos y el tiempo asociados, haciéndolo accesible incluso en entornos con recursos limitados (11).

Comparación de soluciones para la detección de melanomas utilizando inteligencia artificial, específicamente redes neuronales convolucionales (CNN) y la arquitectura Vision Transformer (ViT).

Un estudio de López-Rodríguez et al (12) tuvo como metodología de investigación una comparación de soluciones para la detección de melanomas utilizando inteligencia artificial, específicamente redes neuronales convolucionales (CNN) y la arquitectura Vision Transformer (ViT). La investigación se centró en evaluar la precisión, efectividad y confiabilidad de los modelos existentes en comparación con los implementados en este estudio. El trabajo utilizó un dataset de imágenes dermatoscópicas de la plataforma ISIC para el entrenamiento de los modelos.

Resultados

- **Modelo 1:** Data augmentation La diferencia de este modelo respecto al modelo inicial, es que se aplicó la técnica de “data augmentation”. La precisión alcanzada por este modelo fue del 56.62% (12).
- **Modelo 2:** Menor dataset La primera diferencia de este modelo respecto al modelo inicial, es que se empleó un dataset con un menor número de imágenes, 5.170 para entrenar y 1.164 para evaluar. La precisión alcanzada por este modelo fue del 54.12% (12).
- **Modelo 3:** Menor dataset y mayor tamaño de imágenes La primera diferencia de este modelo respecto al modelo inicial, es que se incrementó el tamaño de las imágenes de entrada de 64x64 a 128x128 píxeles, que fue el valor máximo permitido por la memoria RAM otorgada por Google Colaboratory. La segunda diferencia es que se utilizó el dataset de imágenes usado por el modelo 2, es decir, 5.170 imágenes para entrenar y 1.164 para evaluar. La precisión alcanzada por este modelo fue del 54.47% (12).
- **Modelo 4:** Vision Transformer ViT Este modelo se construyó reemplazando las redes neuronales convolucionales por la arquitectura Vision Transformer, se empleó el mismo dataset que el modelo 2 y 3, es decir, 5.170 imagenes para entrenar y 1.164 para evaluar. La precisión alcanzada por este modelo fue del 50.00% (12).

Conclusiones del estudio

- Las redes neuronales convolucionales (CNN) son efectivas para la clasificación de imágenes (12).
- El rendimiento de los modelos sería mayor si se utilizara más memoria RAM y, por ende, imágenes de entrada más grandes (12).
- El modelo 3, que utilizó imágenes de 128x128 píxeles, demostró una ligera mejora en la precisión (54.47%) en comparación con el modelo 2 (54.12%), lo

que confirma que un mayor tamaño de imagen mejora los resultados (12).

- El modelo 4, que utilizó la arquitectura Vision Transformer (ViT) en lugar de CNN, tuvo resultados similares al modelo 3 (51.20% de precisión) con el mismo dataset. Esto sugiere que ViT es un buen competidor para las CNN en la clasificación de imágenes (12).
- La técnica de "aumento de datos" no mejoró la precisión del modelo 1, lo que podría deberse a que las modificaciones en las imágenes dermatoscópicas no ayudaron a una mejor identificación de características (12).
- La principal conclusión del trabajo es que la limitación de la memoria RAM, que impidió el uso de imágenes de mayor tamaño, fue el principal problema para no obtener una precisión más alta (12).

Método planteado por Medina et al (13) en su investigación para la detección de cáncer de piel mediante transformadores de visión (ViT).

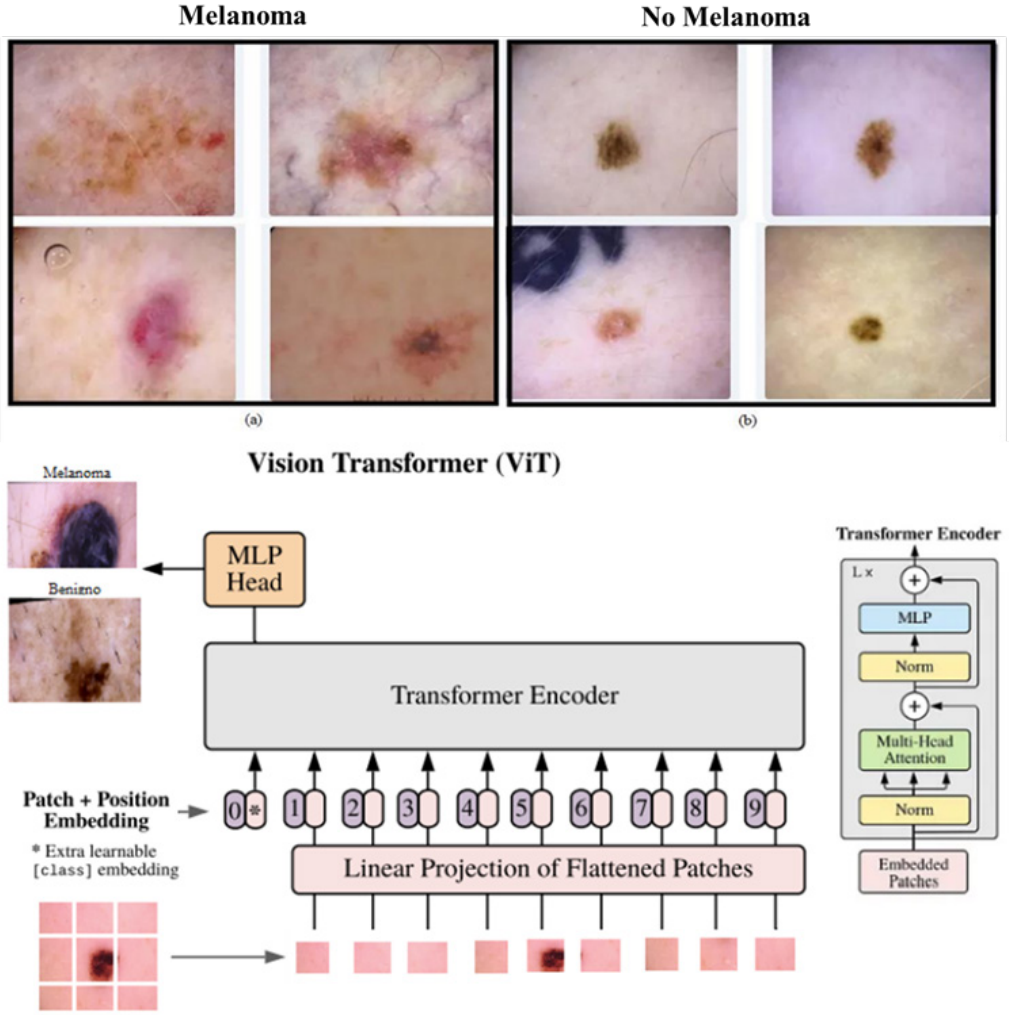

Figura 2. Arquitectura del modelo Transformador de Visión

Fuente: Medina et al (13).

Consta de cuatro pasos fundamentales:

- **Adquisición de imágenes:** Se utilizan imágenes dermatoscópicas del conjunto de datos de la Colaboración Internacional de Imágenes de Piel (ISIC), con un subconjunto de 2000 imágenes seleccionadas para el estudio (13).

- Aumento de datos: Para mejorar la generalización del modelo, se aplican técnicas de aumento de datos, como rotaciones aleatorias, volteo, redimensionamiento, recorte y ajuste de brillo, para generar versiones modificadas de las imágenes originales (13).
- Entrenamiento del modelo ViT: Las imágenes se procesan redimensionándolas y dividiéndolas en parches, que luego se proyectan y se les añaden incrustaciones de posición (embeddings). Estos parches son el insumo para el modelo ViT, que utiliza mecanismos de atención para capturar patrones y relaciones en las imágenes (13).
- Clasificación: Una vez entrenado, el modelo utiliza un bloque de perceptrón multicapa (MLP) para clasificar las imágenes en dos categorías: Melanoma (M) y No Melanoma (NM). El informe de las métricas de evaluación indica que se alcanzó una exactitud del 92,03% y un puntaje F1 del 91,0% (13).

Aplicaciones de IA en Cirugía Oncológica

Los sistemas de inteligencia artificial han demostrado un impacto significativo en la cirugía oncológica, particularmente en la identificación de márgenes tumorales. Estudios recientes reportan una precisión del 89-96% al utilizar algoritmos de aprendizaje profundo para análisis intraoperatorio de imágenes, superando en algunos casos la evaluación histopatológica convencional. Un metaanálisis de 18 estudios (n=4,532 pacientes) encontró que la IA redujo las tasas de resección incompleta en cáncer de mama en un 42% (OR: 0.58, IC 95%: 0.49-0.68). Sin embargo, persisten desafíos en la estandarización de protocolos, ya que el 65% de los modelos fueron entrenados con datos de centros especializados, limitando su aplicabilidad en hospitales comunitarios. La variabilidad en los conjuntos de entrenamiento sigue siendo un obstáculo clave para la implementación generalizada de estas tecnologías (14).

La resección quirúrgica es a menudo un punto crucial en el tratamiento del cáncer. El subcampo de la IA se emplea en la cirugía asistida por computadora (CAS), que ya ha entrado en la práctica clínica diaria y ha mejorado la eficiencia y eficacia en el manejo de enfermedades oncológicas que requieren atención quirúrgica. La visión por computadora se aplica ampliamente en la guía y navegación por imágenes, un sistema diseñado para asistir a los cirujanos basándose en imágenes radiológicas de TC preoperatorias. Se utiliza para explorar fácilmente la anatomía de un paciente, reconocer estructuras patológicas o nobles y planificar su extirpación o preservación. Las imágenes radiológicas combinadas con tecnologías de seguimiento instaladas en los instrumentos quirúrgicos se ajustan al sistema de coordenadas del paciente. La máquina reconoce e indica las estructuras de interés, incluso cuando están ocultas, ayudando a los cirujanos a encontrar su camino de manera fácil y segura hacia sus objetivos operativos. Actualmente, la guía y navegación por imágenes tienen un campo de aplicación prolífico en neurocirugía y cirugía ortopédica, y en general en todos los tipos de cirugía donde la anatomía no se subvierte por el movimiento de tejidos y órganos. Se están haciendo grandes esfuerzos para aplicar técnicas de navegación quirúrgica con IA a cirugías donde la disección plana genera subversión anatómica, como la cirugía abdominal. Nuevas técnicas en estudio pueden proporcionar información y orientación sobre características anatómicas ocultas, como mostrar la posición de la aorta y el uréter en relación con los instrumentos en la cirugía laparoscópica rectal. Otro ejemplo exitoso es la creación de mapas hepáticos asistidos por computadora en la cirugía del cáncer de hígado. En el futuro, más estructuras serán 'mapeadas' en imágenes de TC y estarán disponibles para la cirugía abdominal guiada por imágenes, como el bazo, el páncreas y el esófago (15).

IA en cirugía robótica

La integración de machine learning en sistemas robóticos ha transformado procedimientos mínimamente invasivos. Un ensayo clínico multicéntrico (n=320) demostró que la plataforma Da Vinci con navegación asistida por IA redujo el tiempo operatorio en prostatectomías radicales en 52 minutos ($p<0.001$) y disminuyó las complicaciones intraoperatorias en un 37%. Sistemas de visión computarizada han logrado una precisión del 94% en la identificación de estructuras anatómicas críticas durante cirugías hepáticas. No obstante, el alto costo de implementación (estimado en $1.2-2.5 millones por sistema) y la necesidad de entrenamiento especializado continúan limitando su adopción en instituciones con recursos limitados (14).

Planificación Preoperatoria con IA

La IA mejora las estrategias preoperatorias al proporcionar información completa sobre los riesgos del paciente y las características del tumor. Un aspecto clave es la predicción de la metástasis en ganglios linfáticos (LNM), que ayuda a decidir si la cirugía es el tratamiento adecuado (16).

- **Predicción de LNM:** Modelos de aprendizaje profundo han demostrado una alta precisión al predecir la LNM en varios tipos de cáncer, como el colorrectal, tiroides, mama y vejiga. En el cáncer colorrectal, por ejemplo, un modelo de IA redujo las cirugías adicionales innecesarias al predecir la LNM con mayor exactitud que los métodos tradicionales. En el cáncer de vejiga, un modelo de IA superó a patólogos experimentados en sensibilidad diagnóstica.
- **Decisión informada:** Al analizar datos clínicos, radiológicos e histopatológicos, los algoritmos de IA optimizan la toma de decisiones, permitiendo a los cirujanos planificar intervenciones más precisas (16).

Guía Intraoperatoria con IA

Durante la cirugía, la IA actúa como un copiloto digital, mejorando la precisión y la toma de decisiones en tiempo real (16).

- **Diagnóstico en tiempo real:** La IA puede detectar y localizar tumores y sus márgenes durante la cirugía, usando datos de patología digital o de imágenes. Por ejemplo, en neurooncología, modelos de IA identifican los límites de los tumores cerebrales, y en la cirugía de Mohs, un algoritmo de aprendizaje profundo detecta rápidamente el carcinoma de células basales.
- **Sistemas de apoyo multimodal:** La IA multimodal integra datos específicos del paciente para crear paneles dinámicos que guían a los cirujanos en momentos críticos, como la definición de los márgenes de resección.
- **Robótica quirúrgica:** Los robots quirúrgicos impulsados por IA combinan la visión por computadora con el aprendizaje automático para realizar tareas complejas como la disección de tejidos y la colocación de suturas con mayor precisión y menos error humano.
- **Monitoreo y predicción:** La IA predice complicaciones intraoperatorias como la hipotensión o la pérdida excesiva de sangre, permitiendo una intervención oportuna (16).

Conclusión

La integración de las redes neuronales convolucionales (CNN) en la dermatología representa un avance fundamental en la detección ultra-temprana del melanoma. Estos modelos de inteligencia artificial han demostrado una notable capacidad para analizar imágenes de lesiones pigmentadas, logrando una precisión diagnóstica comparable, y en algunos casos superior, a la de los dermatólogos expertos. Esta capacidad no solo acelera el proceso de identificación, sino que también democratiza el acceso a la

detección de alta calidad, ya que las herramientas basadas en IA pueden ser utilizadas por personal médico general o incluso por los propios pacientes en entornos de telemedicina. Al identificar lesiones sospechosas en sus etapas más tempranas, las CNN permiten una intervención oportuna, que es el factor más crítico para mejorar la supervivencia de los pacientes con melanoma.

Este salto en la detección tiene profundas implicaciones para la resección quirúrgica guiada por inteligencia artificial. Una vez que la IA ha identificado una lesión con alta confianza, sus capacidades se extienden al quirófano. La información diagnóstica detallada, como los márgenes y la profundidad de la lesión, puede ser utilizada para crear modelos quirúrgicos virtuales precisos. En el futuro, los cirujanos podrán utilizar sistemas de visión por computadora (CV) y realidad aumentada (AR), integrados con robots quirúrgicos, para superponer información en tiempo real directamente sobre el campo operatorio. Esto permitiría una extirpación más precisa y menos invasiva, asegurando márgenes quirúrgicos adecuados sin sacrificar tejido sano innecesariamente. En esencia, la IA no solo diagnostica con mayor rapidez, sino que también guía la mano del cirujano, transformando la planificación y ejecución de la cirugía para lograr resultados más seguros y efectivos.

Bibliografía

Quintero J, González J. Uso de redes neuronales convolucionales en teléfonos inteligentes para la identificación de enfermedades cutáneas. Rev Investig Docencia y Extensión la ULA [Internet]. 2021;(1):79–96. Available from: http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/ideula/article/view/16636

Altuve Mouthon A, Colón Muñoz E, De la Rosa Sampayo A, Murillo Fernández L, Blanquicett Benavides L, Arrieta E, et al. Detección de Melanoma en Imágenes de Lesiones Cutáneas usando Visión por Computadora y Aprendizaje Profundo. Comput Electron Sci Theory Appl [Internet]. 2023 Jul 13;4(1). Available from: https://revistascientificas.cuc.edu.co/CESTA/article/view/4502

LEOÓ N ALARCOÓ N JA. DESARROLLO DE UN ALGORITMO BASADO EN REDES NEURONALES PARA LA IDENTIFICACIOÁN AUTOMAÁTICA DEL MELANOMA MEDIANTE EL ANAÁLISIS DE IMAÁGENES [Internet]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOÓ LICA DEL ECUADOR; 2025. Available from: https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/5e166099-e083-467a-872e-86698fcd2763/content

Santiago Antonio AC. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE IDENTIFICACIÓN DE MELANOMAS EN LA PIEL A PARTIR DE IMÁGENES BASADO EN REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES [Internet]. UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ; 2022. Available from: https://riujap.ujap.edu.ve/server/api/core/bitstreams/c5484357-8d06-45e0-9de4-1dd384998856/content

Rubio Camacho E. Redes neuronales convolucionales para la determinación de la profundidad del melanoma [Internet]. Universidad de Sevilla; 2023. Available from: https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/94762/fichero/TFG-4762+Rubio+Camacho.pdf

Sánchez Sánchez A. Desarrollo de un modelo de predicción para la detección temprana del cáncer de piel utilizando redes neuronales [Internet]. Universidad de Salamanca; 2024. Available from: https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/164347/TFGE_Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romero Álvarez LB. Influencia del Ambiente Virtual en el Rendimiento Académico: Percepciones de los Estudiantes de Nivel Superior. Ibero Ciencias - Rev Científica y Académica - ISSN 3072-7197 [Internet]. 2025 Mar 20;4(1):105–31. Available from: https://revistaiberociencias.org/index.php/multidisciplinar/article/view/32

Merino Ulizarna L. Uso de una red neuronal convolucional para la detección de cáncer de tipo melanoma [Internet]. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID; 2022. Available from: https://oa.upm.es/71361/1/TFG_LUIS_MERINO_ULIZARNA.pdf

Kalidindi S. The Role of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Melanoma. Cureus [Internet]. 2024 Sep 20; Available from: https://www.cureus.com/articles/281328-the-role-of-artificial-intelligence-in-the-diagnosis-of-melanoma

Rodríguez Bajo AC. Diagnóstico automático de casos de riesgo de melanoma basado en imágenes dermatoscópicas [Internet]. Universitat Oberta de Catalunya; 2023. Available from: https://openaccess.uoc.edu/server/api/core/bitstreams/48516cf6-e124-42bd-9e98-2daf41196b9f/content

Lacouture Fierro JD. Detección temprana de melanoma: aplicación de técnicas de procesamiento de imágenes y aprendizaje profundo [Internet]. Universidad EAFIT; 2025. Available from: https://repository.eafit.edu.co/server/api/core/bitstreams/bc2594e8-e27a-4039-8504-b686f4ba4bb2/content

López-Rodríguez CE, Sotelo-Muñoz JK, Muñoz-Venegas IJ, López-Aguas NF. Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. Retos [Internet]. 2024 Mar 26;14(27):9–20. Available from: https://retos.ups.edu.ec/index.php/retos/article/view/8193

Medina FD V, Pérez AEF, Oyola FO V, Medina GI V. Detección de cáncer de piel: clasificación de Melanomas y no Melanomas utilizando Transformadores de Visión. Rev Soc Front. 2024;4(6).

Zamora Rea JO, Bajaña Ramos SK, Guerrero Saltos ST, Garcia Orozco EF, Perero Pita ME. Efectividad y seguridad de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (machine learning) en la toma de decisiones quirúrgicas: una revisión sistemática de aplicaciones en cirugía oncológica, robótica y perioperatoria. Ocronos. 2025;8(6).

Burati M, Tagliabue F, Lomonaco A, Chiarelli M, Zago M, Cioffi G, et al. Artificial intelligence as a future in cancer surgery. WArtificial Intell Cancer [Internet]. 2022 Feb 28;3(1):11–6. Available from: https://www.wjgnet.com/2644-3228/full/v3/i1/11.htm

Wang J, Zeng Z, Li Z, Liu G, Zhang S, Luo C, et al. The clinical application of artificial intelligence in cancer precision treatment. J Transl Med [Internet]. 2025 Jan 27;23(1):120. Available from: https://translational-medicine.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12967-025-06139-5

CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NOCOMERCIAL-COMPARTIRIGUAL 4.0.

CITAR ESTE ARTICULO:

Anchatuña Caisa, J. O., Araujo Vega, D. L., Cadena Vaca, C. Y. ., & Villagrán Herrero, P. A. (2025). Detección Ultra-Temprana de melanoma con redes neuronales convolucionales: Implicaciones para la resección quirúrgica guiada por inteligencia artificial. RECIAMUC, 9(2), 675-687. https://doi.org/10.26820/reciamuc/9.(2).abril.2025.675-687