

ARTICULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Desarrollo de un sistema para la detección de leishmaniasis cutánea utilizando inteligencia artificial

Development of a system for the detection of cutaneous leishmaniasis using artificial intelligence

Heber Armando Pabón Conde*, Ivaldo Torres Chávez, Mayra Yurley Parada Botía y
Cristhian Manuel Durán Acevedo

Universidad de Pamplona, Colombia.

Article history:

Received September 19, 2023

Received in revised form

September 25, 2023

Accepted September 25, 2023

Available online October 31, 2023

* Corresponding author:

Heber Armando Pabón Conde

Electronic mail address:

heber.pabon@unipamplona.edu.co

Telephone: +573155357070

R E S U M E N

La leishmaniasis es una enfermedad parasitaria diseminada por la picadura de mosquitos infectados del género *Lutzomyia*, Colombia es considerada como uno de los países de América Latina con una alta incidencia de esta, siendo la Leishmaniasis Cutánea la forma más común, representando un problema de salud pública, pues sus lesiones pueden variar ampliamente en apariencia y características, dificultando su diagnóstico e identificación. Actualmente se evidencia la necesidad de crear una base de datos que documente las lesiones de la enfermedad y el historial de la población afectada en el departamento Norte de Santander, por lo que se hace necesario establecer nuevas técnicas de detección y diagnóstico preliminar de la enfermedad, debido a que las técnicas convencionales pueden presentar limitaciones en términos de sensibilidad, especificidad y facilidad de uso. Esta propuesta está orientada al desarrollo e implementación de un sistema para la detección de la enfermedad aplicando técnicas de inteligencia artificial que puedan desempeñar un papel en la identificación temprana de la Leishmaniasis Cutánea, al analizar las señales digitales de las lesiones en la piel, y de esta manera con ayuda del aplicativo web creado, contribuir al procesamiento y almacenamiento de la información sobre esta enfermedad, para finalmente poder validar la confiabilidad del sistema de aprendizaje por medio de pruebas de laboratorio.

Palabras clave: leishmaniasis cutánea, detección temprana, inteligencia artificial, procesamiento de imágenes

A B S T R A C T

Leishmaniasis is a parasitic disease spread by the bite of infected mosquitoes of the *Lutzomyia* genus. Colombia is considered one of the Latin American countries with a high incidence of this, with Cutaneous Leishmaniasis being the most common form, representing a public health problem. , since their lesions can vary widely in appearance and characteristics, making their diagnosis and identification difficult. Currently, there is a need to create a database that documents the lesions of the disease and the history of the affected population in the Norte de Santander department, which is why it is necessary to establish new detection techniques and preliminary diagnosis of the disease. Because conventional techniques may present limitations in terms of sensitivity, specificity and ease of use. This proposal is aimed at the development and implementation of a system for detecting the disease by applying artificial intelligence techniques that can play a role in the early identification of Cutaneous Leishmaniasis, by analyzing the digital signals of skin lesions, and In this way, with the help of the web application created, contribute to the processing and storage of information about this disease, to finally be able to validate the reliability of the learning system through laboratory tests.

Keywords: cutaneous leishmaniasis, early detection, artificial intelligence, image processing.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un sistema basado en inteligencia artificial (IA) ha revolucionado numerosos campos, desde la medicina hasta la industria, y ha demostrado un potencial significativo para mejorar la eficiencia y precisión de los diagnósticos médicos [1]. La aplicación de la IA en el campo de la salud ha generado grandes avances, permitiendo el análisis rápido y preciso de grandes cantidades de datos médicos, el reconocimiento de patrones complejos y el apoyo en la toma de decisiones clínicas. Esta tecnología ha mostrados resultados prometedores en diversas áreas, como la detección temprana de enfermedades, la identificación de marcadores de riesgo y la personalización de tratamientos [2].

En el contexto de las Enfermedades Tropicales Desatendidas (ETDs), el uso de la IA puede desempeñar un papel importante al mejorar tanto el diagnóstico como el tratamiento de estas enfermedades. Las ETDs son un grupo de enfermedades infecciosas que afectan a poblaciones en regiones tropicales y subtropicales en diferentes partes del mundo, principalmente en países de bajos ingresos y con sistemas de salud limitados. Son transmitidas por artrópodos debido a las condiciones climáticas en estas áreas que favorecen sus ciclos de vida. Estas enfermedades, que incluyen la leishmaniasis, la malaria, la enfermedad del sueño y la enfermedad de Chagas, entre otras, representan una carga significativa para la salud pública en estas regiones [3], [4].

La IA puede ser utilizada para analizar datos climáticos, datos epidemiológicos y otros factores relacionados con la propagación de estas enfermedades, lo que podría ayudar en la predicción y prevención de brotes, así como en la implementación de estrategias de control más efectivas [5].

La leishmaniasis cutánea es una enfermedad que afecta a millones de personas en todo el mundo y puede llevar a discapacidades permanentes y complicaciones graves si no se trata adecuadamente.

La detección temprana y el diagnóstico preciso son fundamentales para un tratamiento efectivo y para prevenir la propagación de la enfermedad [6], [7].

El uso de sistemas basados en IA para la detección de la leishmaniasis cutánea podría brindar beneficios significativos. Estos sistemas pueden ser entrenados, aprendiendo patrones complejos para analizar grandes volúmenes de datos de imágenes de lesiones cutáneas de pacientes con y sin la enfermedad, permitiéndole identificar características distintivas asociadas a la infección por *Leishmania* spp, lo que podría acelerar el proceso de diagnóstico por parte de los profesionales de la salud, permitiendo un tratamiento temprano y efectivo para los pacientes mejorando la capacidad de detección, reduciendo los falsos negativos o positivos. Esto reduciría el riesgo de complicaciones y discapacidades asociadas a la enfermedad [6], [8].

La utilización de algoritmos de aprendizaje automático y técnicas de visión por computadora podría permitir a este sistema analizar y evaluar imágenes de lesiones cutáneas con mayor precisión y objetividad. Además, la IA podría ser capaz de detectar patrones sutiles en las imágenes que los médicos podrían pasar por alto, mejorando así la capacidad de detección y el proceso de diagnóstico [9].

Sin embargo, es importante reconocer los desafíos y consideraciones éticas asociadas con el desarrollo de sistemas basados en IA para la detección de enfermedades. La calidad y cantidad de datos utilizados para entrenar el sistema, la interpretación adecuada de los resultados generados y la protección de la privacidad y seguridad de los datos de los pacientes son aspectos críticos a tener en cuenta [10]. Python es un lenguaje de programación altamente versátil y se ha convertido en una opción destacada en el procesamiento de imágenes. Con su amplio conjunto de bibliotecas especializadas, Python permite a los desarrolladores realizar una variedad de tareas, como cargar, manipular y analizar imágenes de manera eficiente [11].

Algunas de las bibliotecas más utilizadas en el procesamiento de imágenes son OpenCV, una biblioteca de visión por computadora que proporciona funciones para el procesamiento y análisis de imágenes [12], scikit-image, que ofrece herramientas para la segmentación y extracción de características [13], y NumPy, que permite realizar operaciones numéricas y algebraicas en imágenes [14]. Estas bibliotecas, junto con muchas otras, hacen de Python una opción poderosa y flexible para el procesamiento de imágenes en una amplia gama de aplicaciones [13].

Técnicas de visión artificial

En el campo de la visión artificial, existen varias herramientas y bibliotecas que facilitan la implementación de técnicas y algoritmos para analizar, detectar y procesar imágenes con el objetivo de extraer información relevante [15]–[17]. Uno de los primeros pasos en el procesamiento de imágenes por visión artificial, es realizar un proceso de segmentación, que consisten en dividir una imagen en regiones o segmentos significativos, con el fin de facilitar su análisis, de tal manera que cada región pueda ser tratada de forma individual para su posterior procesamiento [18], [19]. El proceso de segmentación se basa en una serie de pasos que se describen a continuación. Primero, se aplica un filtro mediano para eliminar el ruido y el vello no deseado de la imagen. Luego, se utiliza el filtro de Markov y Laplace para detectar los bordes y resaltar las características relevantes de la lesión cutánea. A continuación, se realiza una conversión del espacio de color de la imagen al espacio YUV, facilitando la separación entre la piel sana y la lesión. Después de obtener la segmentación inicial, se realiza un proceso de morfología para mejorar la calidad de la imagen segmentada, rellenar huecos y eliminar objetos no deseados [20].

La morfología matemática permite analizar y manipular la estructura geométrica de los objetos en una imagen. Esta técnica se basa en la teoría de conjuntos y operaciones matemáticas como la dilatación, erosión, apertura y cierre. Estas operaciones se aplican a una imagen binaria o a una

imagen en escala de grises y pueden ayudar a realzar características específicas, eliminar ruido o cambiar la forma de los objetos en la imagen [21], [22].

La erosión reduce el tamaño de los objetos en la imagen mediante la eliminación de píxeles de los bordes exteriores de los objetos, estos puntos de contorno se encuentran en el objeto, pero tiene al menos un píxel vecino fuera del objeto. Sin embargo, la dilatación aumenta el tamaño de los objetos en la imagen al agregar píxeles a los bordes exteriores de los objetos. Esto puede ser útil para rellenar huecos o conectar objetos que están separados. Por otro lado, la apertura es una combinación de erosión seguida de dilatación y ayuda a eliminar el ruido o pequeños detalles en los objetos manteniendo la forma general de los objetos más grandes. No obstante, el cierre es una combinación de dilatación seguida de erosión y se utiliza para cerrar huecos en los objetos o para unir objetos que están cercanos [23].

Después de segmentar la imagen, se realiza una evaluación del resultado obtenido para verificar la calidad de la segmentación y que se hayan haya separado adecuadamente los objetos de interés del resto de la imagen, y si es el caso, ajustar los parámetros del algoritmo [18], [19].

Una vez que se ha realizado la segmentación y se han obtenido las regiones de interés, se puede aplicar el método del ABCD, utilizado para evaluar y analizar lesiones cutáneas sospechosas de algún tipo de cáncer de piel, considerando cuatro aspectos clave: asimetría, bordes, color y diámetro [24]. La asimetría hace referencia a la forma irregular generada por el crecimiento descontrolado de la lesión. La forma de los bordes indica si una lesión es benigna (generalmente bordes lisos o bien delimitados), o si puede ser un indicativo de melanoma (bordes irregulares y difíciles de delimitar) [25]. En el componente del color, se realiza una evaluación de varios aspectos relacionados con la distribución y variación de tonalidades dentro de la lesión cutánea, que incluye: distribución del color (presencia de diferentes tonalidades), cambios de color abruptos y variaciones de color (homogéneas o heterogéneas)

[26]. Por último, el diámetro de la lesión es medido para evaluar su tamaño, que hace referencia a la distancia máxima entre dos puntos en la lesión. Se ha observado que las lesiones con un diámetro mayor a 6 mm tienen una mayor probabilidad de ser malignas [27].

Adicionalmente, se puede emplear la técnica de convolución para aplicar filtros a los valores de los píxeles de una imagen. Esta operación consiste en multiplicar y sumar ponderadamente los valores del kernel con los valores de los píxeles correspondientes de la imagen, lo que permite lograr diversos efectos como el realce de bordes, suavizado, reducción de ruido y difuminado. Además, mediante el uso de filtros de textura, es posible capturar características específicas como líneas, patrones y direccionalidad. La convolución tiene una amplia aplicación en las redes neuronales convolucionales (CNN), donde se utiliza para extraer características de las imágenes [28].

Durante el proceso de entrenamiento de una CNN, la convolución se utiliza para aplicar múltiples filtros en paralelo a la imagen de entrada. Cada filtro convolucional captura características específicas, como bordes, texturas o formas, y se obtiene un mapa de características correspondientes para cada filtro [29].

Herramientas empleadas en visión artificial Las herramientas para la implementación de técnicas de visión por computadora juegan un papel importante en el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de procesar y comprender de manera eficiente y precisa la información visual, son cruciales en la creación de sistemas inteligentes que pueden procesar y comprender datos visuales con precisión y rapidez. Al ofrecer bibliotecas y marcos especializados como OpenCV, TensorFlow, PyTorch y scikit-image, estas herramientas simplifican las tareas de procesamiento y análisis de imágenes, lo que libera a los desarrolladores de la complejidad de las operaciones de bajo nivel y les permite concentrarse en la lógica y la funcionalidad de sus aplicaciones de visión artificial.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library), (Biblioteca de visión por ordenador de código abierto): Es una biblioteca de código abierto ampliamente utilizada en visión artificial. Proporciona una amplia gama de funciones y algoritmos para el procesamiento de imágenes y videos, detección de objetos, reconocimiento facial, seguimiento de objetos, calibración de cámaras, entre otros [30].

TensorFlow: Es una biblioteca de aprendizaje automático de código abierto desarrollada por Google. Aunque se utiliza principalmente para el aprendizaje profundo, también ofrece herramientas y funciones para aplicaciones de visión artificial, como la clasificación y detección de objetos [31].

PyTorch: Es otra biblioteca de aprendizaje automático de código abierto ampliamente utilizada. PyTorch ofrece una plataforma flexible y eficiente para la implementación de algoritmos de visión artificial, especialmente en el ámbito del aprendizaje profundo [32].

Scikit-image: Es una biblioteca de procesamiento de imágenes de código abierto escrita en Python. Proporciona una amplia variedad de algoritmos y funciones para el procesamiento de imágenes, segmentación, extracción de características y análisis de texturas [31].

Estas herramientas proporcionan una base sólida para implementar técnicas y algoritmos avanzados de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático, lo que permite a los desarrolladores resolver problemas en áreas tan diversas como la detección de objetos, el reconocimiento facial, el seguimiento de movimiento y la clasificación de imágenes.

Además, el enfoque en el código abierto fomenta la colaboración y la innovación en la comunidad al facilitar el desarrollo colaborativo y el acceso a recursos de vanguardia que impulsan el desarrollo y la aplicación de la visión artificial en varios campos industriales y de investigación. Como un

complemento, estas herramientas permiten a los desarrolladores crear soluciones innovadoras e inteligentes que amplían el poder de la visión artificial y abren nuevas posibilidades tecnológicas.

METODOLOGÍA

Tipo de investigación

La presente investigación maneja un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo experimental con una metodología de investigación que se basa en la recopilación y análisis de datos numéricos para describir las variables de interés. Este enfoque se caracteriza por su énfasis en la medición precisa y objetiva de variables, así como en el establecimiento de relaciones causales entre estas mediante el diseño experimental.

El desarrollo de este estudio se basa en la detección de leishmaniasis mediante la toma de imágenes y su análisis mediante herramientas de visión artificial y su procesamiento mediante métodos de inteligencia artificial, en comparación con los métodos de laboratorio utilizados actualmente, se requiere la recopilación de información y la creación de bases de datos. Para ello se debe recopilar un conjunto de imágenes de lesiones cutáneas confirmadas por métodos convencionales en pacientes con leishmaniasis cutánea.

La información de cada persona se debe registrar y vincular a cada imagen a través de una aplicación basada en la web que permitirá a los profesionales de la salud ingresar datos, registrar las generales del paciente, como su ubicación, que características clínicas presenta y los resultados de pruebas de laboratorio, éste último se apoya en los procedimientos médicos que actualmente están desarrollando los proveedores de atención médica mientras se confirman los diagnósticos médicos positivos y obtienen los resultados de referencia necesarios.

Implementar las técnicas necesarias en el preprocesamiento en las imágenes para mejorar la calidad y facilitar el análisis, características de

ajuste de brillo y el contraste, la corrección de color, eliminación de ruido, entre otros. Con los resultados obtenidos se podría identificar y extraer características relevantes de las imágenes que serían unos marcadores morfológicos de la presencia de leishmaniasis cutánea en el individuo. Estas características particulares pueden incluir texturas, formas, bordes, coloración, entre otros. Al analizar el conjunto de datos procesados se procede a utilizar las técnicas de inteligencia artificial, como el aprendizaje automático o las redes neuronales, para procesar y analizar las características extraídas de las imágenes, para poder detectar y clasificar automáticamente la presencia de leishmaniasis en las imágenes, se basa en la creación de modelos necesarios, utilizando el conjunto de entrenamiento y ajustar los hiperparámetros para obtener un rendimiento óptimo y su posterior validación.

El rendimiento de los modelos de visión artificial y de inteligencia artificial utilizando el conjunto de validación, es necesario para validar los resultados obtenidos por los modelos de detección desarrollados con los resultados de referencia de las pruebas de laboratorio.

Analizar la sensibilidad, especificidad y precisión de los modelos desarrollados mediante herramientas estadísticas de los resultados, es importante para determinar la concordancia y correlación entre los métodos de detección, finalmente calcular las métricas de desempeño, como la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo y valor predictivo negativo.

Interpretar los resultados obtenidos y evaluar la viabilidad y efectividad de la detección de leishmaniasis nos permite identificar limitaciones, desafíos y posibles mejoras para futuras investigaciones. Es importante destacar que esta metodología puede ser adaptada y refinada de acuerdo con los recursos disponibles, la disponibilidad de datos y las características específicas del estudio. Además, se debe obtener el consentimiento informado de los pacientes y cumplir con los requisitos éticos y regulatorios

aplicables durante todo el proceso de investigación.

Fases de la investigación

Se establece con un enfoque cuantitativo, se toman las fases propuestas por Sampieri y se ajustan según los lineamientos y requerimientos investigativos, de la siguiente manera:

1. Fase de recopilación y almacenamiento de datos de la enfermedad tomados en los centros de salud por parte del personal técnico adecuado asociados a esta investigación.
2. Fase de análisis, procesamiento e interpretación de los datos aplicando las herramientas de visión artificial.
3. Fase de implementación de las técnicas de inteligencia artificial para la detección de Leishmaniasis cutánea.
4. Fase de validación del sistema para la detección y su eficiencia en la detección de la enfermedad.

RESULTADOS

Los resultados esperados con el tema de este proyecto de investigación son los relacionados con la recopilación de información local del impacto de la enfermedad en la población y velocidad en que se propaga en la región de Norte de Santander. La creación de una base de datos que contenga información importante acerca de las características morfológicas de la enfermedad y cómo se manifiesta en los pacientes, para el análisis por parte del personal médico y la comunidad de investigadores.

Se espera desarrollar una interfaz web que sea capaz de identificar la enfermedad de Leishmaniasis cutánea, a partir de la toma de una serie de imágenes digitales donde se obtenga una posible impresión diagnóstica para la población afectada por esta enfermedad.

Se espera generar una herramienta que sea escalable para la detección de enfermedades

similares, brindando una oportunidad para el diagnóstico con sistemas no invasivos.

CONCLUSION

La implementación de un sistema basado en IA aplicado a imágenes para detectar enfermedades marca un importante avance en el ámbito de la salud y la medicina. Esta enfermedad, que afecta a una gran cantidad de personas en todo el mundo, ha representado un desafío para su diagnóstico preciso con métodos tradicionales por su costo y el tiempo que requiere para procesar los resultados de laboratorio. Sin embargo, la IA ha demostrado su capacidad para extraer patrones y características sutiles de las imágenes médicas, mejorando la precisión y velocidad en el diagnóstico. Mediante técnicas de aprendizaje automático, como las redes neuronales convolucionales entre otras, se logra identificar enfermedades y lesiones cutáneas característicamente asociadas con la Leishmaniasis de forma más eficiente y sin procedimientos invasivos. Este sistema de IA no solo facilita un diagnóstico temprano y preciso, sino que también favorece una atención médica oportuna y un tratamiento adecuado, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida de los pacientes afectados. ¿La investigación y desarrollo continuo de estas soluciones tecnológicas podrá ser fundamental para abordar eficazmente los desafíos de salud pública y mejorar la detección y tratamiento de enfermedades como la Leishmaniasis Cutánea?

Conflicto de intereses: Los autores declaran no haber conflicto de intereses.

REFERENCIAS

1. S. H. Park y K. Han, «Methodologic Guide for Evaluating Clinical Performance and Effect of Artificial Intelligence Technology for Medical Diagnosis and Prediction», *Radiology*, vol. 286, n.o 3, pp. 800-809, mar. 2018, doi: 10.1148/radiol.2017171920.

2. Y. Mintz y R. Brodie, «Introduction to artificial intelligence in medicine», *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, vol. 28, n.o 2, pp. 73-81, mar. 2019, doi: 10.1080/13645706.2019.1575882.
3. L. L. Robert y M. Debboun, «146 - Arthropods of Public Health Importance», en *Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases (Tenth Edition)*, E. T. Ryan, D. R. Hill, T. Solomon, N. E. Aronson, y T. P. Endy, Eds., London: Elsevier, 2020, pp. 1055-1062. doi: 10.1016/B978-0-323-55512-8.00146-0.
4. K. Rossanet et al., «Panorama de enfermedades tropicales desatendidas durante la pandemia COVID-19 (Divulgación)», *Bioagrobiencias*, vol. 15, jun. 2022, doi: 10.56369/BAC.4353.
5. K. Ganasegeran y S. A. Abdulrahman, «Artificial Intelligence Applications in Tracking Health Behaviors During Disease Epidemics», en *Human Behaviour Analysis Using Intelligent Systems*, D. J. Hemanth, Ed., en *Learning and Analytics in Intelligent Systems*. Cham: Springer International Publishing, 2020, pp. 141-155. doi: 10.1007/978-3-030-35139-7_7.
6. M. Zare et al., «A Machine Learning-Based System for Detecting Leishmaniasis in Microscopic Images», In Review, preprint, ago. 2021. doi: 10.21203/rs.3.rs-677539/v1.
7. R. A. Salinas Franco et al., «Descriptores MAC en la detección temprana del cáncer cervical usando técnicas de procesamiento de imágenes», *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, vol. 16, n.o 1, pp. 1-16, mar. 2022.
8. D. Castillo Berná, «Redes neuronales convolucionales para el reconocimiento de enfermedades de la piel», *Convolutional neural networks for skin diseases recognition*, jun. 2022, Accedido: 13 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/25139>
9. A. A. Angulo Gastelbondo, «Aplicación de una técnica de aprendizaje profundo de identificación de objetos en el análisis de imágenes histológicas de piel humana normal», 2022, Accedido: 13 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/9410>
10. S. A. Machuca Vivar et al., «Habeas data y protección de datos personales en la gestión de las bases de datos», *Revista Universidad y Sociedad*, vol. 14, n.o 2, pp. 244-251, abr. 2022.
11. G. M. Tejada Layme y R. P. Gonzales Chama, «Arquitectura de red neuronal convolucional para diagnóstico de cáncer de piel», *Universidad Tecnológica del Perú*, 2020, Accedido: 14 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/3043>
12. P. Valeiro Pena, «Aplicación de técnicas de Visión Artificial en la detección de estructuras anatómicas en imágenes médicas de rodilla», 2021, Accedido: 14 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/29840>
13. H. Singh, «Basics of Python and Scikit Image», en *Practical Machine Learning and Image Processing: For Facial Recognition, Object Detection, and Pattern Recognition Using Python*, H. Singh, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2019, pp. 29-61. doi: 10.1007/978-1-4842-4149-3_3.
14. C. R. Harris et al., «Array programming with NumPy», *Nature*, vol. 585, n.o 7825, Art. n.o 7825, sep. 2020, doi: 10.1038/s41586-020-2649-2.
15. Z. Wang, K. Liu, J. Li, Y. Zhu, y Y. Zhang, «Various Frameworks and Libraries of Machine Learning and Deep Learning: A Survey», *Arch Computat Methods Eng*,

- feb. 2019, doi: 10.1007/s11831-018-09312-w.
16. Á.-J. Rico-Díaz, «An Application of Fish Detection Based on Eye Search with Artificial Vision and Artificial Neural Networks», 2020.
 17. S. Dome y A. P. Sathe, «Optical Character Recognition using Tesseract and Classification», en 2021 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI), mar. 2021, pp. 153-158. doi: 10.1109/ESCI50559.2021.9397008.
 18. M. A. Al-masni, D.-H. Kim, y T.-S. Kim, «Multiple skin lesions diagnostics via integrated Deep convolutional networks for segmentation and classification», *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 190, p. 105351, jul. 2020, doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105351.
 19. Z. Wang, E. Wang, y Y. Zhu, «Image segmentation evaluation: a survey of methods», *Artif Intell Rev*, vol. 53, n.o 8, pp. 5637-5674, dic. 2020, doi: 10.1007/s10462-020-09830-9.
 20. E. M. Senan y M. E. Jadhav, «Analysis of dermoscopy images by using ABCD rule for early detection of skin cancer», *Global Transitions Proceedings*, vol. 2, n.o 1, pp. 1-7, jun. 2021, doi: 10.1016/j.gltp.2021.01.001.
 21. G. I. Viera Maza, «Procesamiento de imágenes usando OpenCV aplicado en Raspberry Pi para la clasificación del cacao», Universidad de Piura, jul. 2017, Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/2916>
 22. M. H. Metib, M. F. Abdulhssien, y A. A. Abdulmunem, «Skin Dermatitis Detection using Image Segmentation Techniques», *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 928, n.o 3, p. 032018, nov. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/928/3/032018.
 23. O. O. Olugbara, T. B. Taiwo, y D. Heukelman, «Segmentation of Melanoma Skin Lesion Using Perceptual Color Difference Saliency with Morphological Analysis», *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2018, p. e1524286, feb. 2018, doi: 10.1155/2018/1524286.
 24. T. Saba, «Computer vision for microscopic skin cancer diagnosis using handcrafted and nonhandcrafted features», *Microscopy Research and Technique*, vol. 84, n.o 6, pp. 1272-1283, 2021, doi: 10.1002/jemt.23686
 25. N. F. Lattoofi et al., «Melanoma Skin Cancer Detection Based on ABCD Rule», en 2019 First International Conference of Computer and Applied Sciences (CAS), dic. 2019, pp. 154-157. doi: 10.1109/CAS47993.2019.9075465.
 26. M. Goyal, A. Oakley, P. Bansal, D. Dancy, y M. H. Yap, «Skin Lesion Segmentation in Dermoscopic Images With Ensemble Deep Learning Methods», *IEEE Access*, vol. 8, pp. 4171-4181, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2960504.
 27. D. N. H. Thanh, V. B. S. Prasath, L. M. Hieu, y N. N. Hien, «Melanoma Skin Cancer Detection Method Based on Adaptive Principal Curvature, Colour Normalisation and Feature Extraction with the ABCD Rule», *J Digit Imaging*, vol. 33, n.o 3, pp. 574-585, jun. 2020, doi: 10.1007/s10278-019-00316-x.
 28. G. Liu, F. A. Reda, K. J. Shih, T.-C. Wang, A. Tao, y B. Catanzaro, «Image Inpainting for Irregular Holes Using Partial Convolutions». arXiv, 15 de diciembre de 2018. doi: 10.48550/arXiv.1804.07723.
 29. D. R. Sarvamangala y R. V. Kulkarni, «Convolutional neural networks in medical image understanding: a survey», *Evol. Intel.*, vol. 15, n.o 1, pp. 1-22, mar. 2022, doi: 10.1007/s12065-020-00540-3.
 30. E. Montero-Zeledón, M. A. Murillo-Fernández, L. A. Calvo-Valverde, J. E. Pérez Hidalgo, y D. Gutiérrez-Fallas, «Análisis de imágenes y cuantificación del

color para el diagnóstico del cáncer de piel tipo melanoma en Costa Rica», may 2022, Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13873>

31. A. D. Altuve Mouthon y E. E. Colón Muñoz, «Modelo de predicción de detección de melanomas a partir de características en imágenes de lesiones cutáneas», Thesis, Universidad del Sinú, seccional Cartagena, 2021. Accedido: 18 de julio de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.unisinucartagena.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/459>



Mexican Academy of Health Education A.C. Membership: Our commitment is to keep professionals and students in training updated in this constantly evolving area. If you are interested in being part of our community and accessing exclusive benefits, the first step is to obtain your membership. Join us and stay up to date with advances in health education.

MEMBERSHIP SUBSCRIPTION IS FREE. Request your membership to the <https://forms.gle/kVYBYRdRnYZff14y9>

