

Análisis comparativo del uso de la inteligencia artificial para personas con discapacidad visual

Renzo Geomar Mamani Quispe¹,

¹Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú, remamaniq@unsa.edu.pe

ABSTRACT

La retinopatía diabética, una de las principales causas de ceguera prevenible, afecta a millones de personas en el mundo, especialmente en regiones con limitado acceso a especialistas. La inteligencia artificial (IA) surge como una solución escalable para la detección temprana, ayudando a reducir las brechas en el acceso a la salud ocular.

Este estudio compara cuatro enfoques basados en IA para la detección autónoma de retinopatía diabética, evaluando su precisión, escalabilidad y viabilidad de implementación en entornos con recursos limitados.

Se analizaron cuatro casos de estudio que utilizan redes neuronales convolucionales (CNN), incluyendo Inception-v3. Los conjuntos de datos abarcaron desde 128.175 hasta 494.661 imágenes retinianas, evaluando sensibilidad y especificidad. Las aplicaciones incluyen plataformas de telemedicina (como EyePACS) y sistemas autónomos aprobados por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA).

La inteligencia artificial igualó el rendimiento de especialistas humanos en precisión diagnóstica, demostrando potencial para cribados masivos en zonas con escasos recursos. Se propone un modelo que integra cámaras retinianas portátiles y triaje automatizado en atención primaria, optimizando el uso de recursos. Esta solución se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 3 (salud y bienestar), ofreciendo un enfoque ético y costo-efectivo para el diagnóstico temprano.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la discapacidad visual afecta a aproximadamente 2.200 millones de personas a nivel global, siendo la retinopatía diabética una de las principales causas prevenibles de ceguera en adultos [1]. Esta problemática se relaciona directamente con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 3 (ODS 3): salud y bienestar, que busca garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades [2].

Estudios recientes indican que el 50% de los pacientes diabéticos desarrollarán esta condición, con mayor prevalencia en regiones de bajos recursos donde el acceso a oftalmólogos es limitado [3]. Ante este desafío, la inteligencia artificial (IA) emerge como una herramienta prometedora para el cribado masivo, demostrando en investigaciones previas una precisión

comparable a la de especialistas humanos en el análisis de imágenes retinales [4].

Este artículo analiza el uso de redes neuronales convolucionales (CNN) para la detección autónoma de retinopatía diabética, evaluando cuatro casos de estudio con diferentes enfoques metodológicos. Se destacan sus semejanzas, diferencias y potencial de implementación en contextos regionales con escasez de recursos.

El documento se organiza así: la Sección II introduce conceptos clave de IA aplicada a visión por computadora; la Sección III aborda la discapacidad visual y sus desafíos; la Sección IV detalla la metodología de los cuatro casos analizados; la Sección V presenta resultados y conclusiones; finalmente, se propone un modelo adaptado a entornos locales.

II. INTELIGENCIA ARTIFICIAL

En esta sección presentaremos la definición, características y herramientas IA para la discapacidad visual.

A. Definición

Según McCarthy [5] et al., la inteligencia artificial (IA) se entiende como cualquier forma de aprendizaje o capacidad intelectual humana que puede definirse con suficiente exactitud como para que una máquina sea capaz de interpretarla. Por otro lado, la IA es también una herramienta tecnológica que transforma aspectos claves de la vida moderna y por su impacto requiere que la sociedad como los gobiernos entiendan su uso y establezcan límites [6].

B. Características

La IA se define por una serie de características clave que le permiten simular capacidades cognitivas. Las tres más importantes son:

Como primera característica tenemos al Machine Learning (ML) que es parte fundamental de la IA, enfocada en aprender de datos para automatizar tareas [7]. En el contexto de la salud, el ML permite desarrollar algoritmos capaces de detectar enfermedades mediante el análisis de grandes volúmenes de datos clínicos o imágenes médicas.

La segunda característica es el Deep Learning (DL) que se emplea en redes neuronales profundas para procesar datos complejos y extraer características automáticamente [8]. A diferencia del ML tradicional, el DL puede manejar estructuras de datos de alta dimensionalidad, como imágenes, videos o

secuencias temporales. Este tipo de aprendizaje ha sido especialmente útil en aplicaciones de visión por computadora.

Finalmente, la tercera característica es la imitación del comportamiento humano que busca reproducir o incluso superar la capacidad humana para resolver tareas complejas como el razonamiento, el aprendizaje, la percepción y la comunicación [8].

C. Aplicaciones de visión por computadora e IA en el apoyo a personas con discapacidad visual

La IA, especialmente la visión por computadora y el aprendizaje profundo, ha dado lugar a herramientas que mejoran la vida de personas con discapacidad visual. A continuación, se muestran tres ejemplos destacados.

Primeramente, el EyePACS (Eye Picture Archive Communication System) [9] es una plataforma de telemedicina diseñada para capturar, almacenar y analizar imágenes de retina, con el fin de facilitar la detección temprana de enfermedades oculares como la retinopatía diabética.

Como segundo punto tenemos a las redes neuronales convolucionales (CNN) [10] el cual es una arquitectura de aprendizaje profundo especializadas en procesar datos con estructura de malla (como imágenes), mediante operaciones locales y jerárquicas que capturan patrones espaciales.

Por último, tenemos a las Inception-v3 [11] el cual es una red neuronal convolucional avanzada que mejora la eficiencia y precisión mediante técnicas como factorización de convoluciones (descomponer operaciones grandes en otras más pequeñas). Su diseño modular optimiza el equilibrio entre profundidad y rendimiento, logrando alta precisión en tareas de visión por computadora con menor costo computacional que otras arquitecturas.

III. DISCAPACIDAD VISUAL

En esta sección presentaremos la definición, retos en la vida cotidiana y detección autónoma de enfermedades visuales con IA.

A. Definición

La discapacidad visual ocurre cuando una enfermedad ocular altera el funcionamiento del sistema visual y sus capacidades relacionadas con la visión [12]. Además, puede ser causada por afecciones como cataratas, glaucoma, retinopatía diabética o trastornos del sistema nervioso, cuya prevalencia varía entre regiones según sus condiciones socioeconómicas y de salud [13].

B. Retos en la vida cotidiana

Según el World Report on Vision de la OMS [14] las personas con discapacidad visual enfrentan tres desafíos principales: a)

movilidad, por dificultades para navegar espacios desconocidos y evitar obstáculos; b) acceso a información, debido a limitaciones para leer textos impresos o digitales; y c) interacción social, al no reconocer rostros o expresiones.

C. Detección autónoma de enfermedades visuales con IA

Ting et al. [15] demuestran que el DL puede detectar automáticamente enfermedades oculares como retinopatía diabética y glaucoma con una precisión comparable a la de expertos humanos. Este sistema analiza imágenes retinales para permitir diagnósticos rápidos y masivos, aunque los autores destacan la necesidad de validación clínica rigurosa.

IV. METODOLOGÍA

A. CASO 1

En el trabajo de Gulshan et al. [16] se evaluó el uso de la IA para detectar retinopatía diabética en imágenes de retina. El estudio incluyó 128175 imágenes de pacientes con diabetes recolectadas de EyePACS y del programa de detección de enfermedades oculares de la India (Indian Eye Screening Program).

Los sujetos participaron en la toma de imágenes retinales, utilizando un enfoque de aprendizaje profundo (DL), basado en la arquitectura de red neuronal convolucional Inception-v3[11]. Este está específicamente diseñado para analizar imágenes retinales.

Los sujetos participantes fueron sometidos a toma de imágenes retinales utilizando cámaras especializadas, y las imágenes fueron evaluadas por un comité de oftalmólogos que estableció la referencia diagnóstica. Este proceso permitió desarrollar un modelo supervisado, es decir, con etiquetas precisas para cada imagen.

Este algoritmo logró 90,3% de precisión al detectar retinopatía diabética, demostrando que la IA puede igualar el rendimiento de especialistas humanos en este campo. El estudio destacó el potencial de esta tecnología para realizar cribados masivos, especialmente en regiones con escasez de médicos.

B. Caso 2

En el trabajo de Ting et al. [17] se evaluó el uso de la inteligencia artificial para detectar no solo retinopatía diabética, sino también otras enfermedades visuales como el glaucoma y la degeneración macular asociada a la edad. El estudio incluyó un total de 494 661 imágenes provenientes de múltiples cohortes multiétnicas con pacientes diabéticos.

Se desarrolló un sistema utilizando aprendizaje profundo mediante redes neuronales convolucionales (CNN) [10], entrenada para reconocer patrones patológicos en imágenes del

fondo de ojo. A diferencia de otros estudios más enfocados, este trabajo integró múltiples tareas de diagnóstico dentro de un solo sistema.

El sistema alcanzó una sensibilidad del 90,5 % y una especificidad del 91,6 % para la detección de retinopatía diabética referible, comparándose favorablemente con especialistas humanos. El estudio demostró el alto rendimiento del sistema automatizado y su potencial utilidad para implementar programas de cribado oftalmológico masivo en comunidades con recursos limitados o con escasez de profesionales capacitados.

C. Caso 3

En el trabajo de Abràmoff et al. [18] se evaluó un sistema autónomo basado en inteligencia artificial para la detección de retinopatía diabética en imágenes de retina, en un entorno de atención primaria. El estudio incluyó a 900 participantes con diabetes, sin diagnóstico previo de retinopatía, y fue realizado en 10 centros clínicos en Estados Unidos.

Se empleó un enfoque de aprendizaje automático utilizando redes neuronales convolucionales (CNN) [10], específicamente diseñadas para detectar signos clínicos como micro aneurismas, hemorragias y exudados en imágenes retinales.

Lo innovador de este sistema es que no requiere intervención humana para el análisis, lo que lo convierte en una herramienta única para facilitar el triaje automatizado. Las imágenes fueron capturadas por técnicos no especialistas y el algoritmo realizó diagnósticos en tiempo real en el punto de atención.

Este fue el primer sistema de IA autorizado por la Food and Drug Administration (FDA) [19] para realizar diagnósticos autónomos en medicina, lo que subraya su potencial para facilitar el cribado masivo.

Además, el algoritmo alcanzó una sensibilidad del 87,2 % y una especificidad del 90,7 % para identificar casos de retinopatía diabética más que leve, demostrando un rendimiento comparable al de especialistas humanos. El estudio subraya su potencial para facilitar el cribado masivo en atención primaria y mejorar el acceso al diagnóstico en comunidades con recursos limitados.

D. Caso 4

En el trabajo de Li et al. [20] se desarrolló y validó un algoritmo de aprendizaje profundo (DLA) para detectar retinopatía diabética referible con riesgo de visión en fotografías de fondo de ojo. El estudio utilizó un total de 106,244 imágenes retinales, de las cuales 71,043 fueron empleadas para entrenamiento y validación interna, y 35,201 para validación externa en cohortes multiétnicas.

El algoritmo utiliza una red neuronal convolucional (CNN) [10] profunda con arquitectura Inception-v3 [11], diseñada para extraer automáticamente características complejas de las imágenes retinales. Se incorporaron técnicas de normalización, reducción de resolución y aumento de datos para mejorar su robustez ante posibles variaciones. Además, el sistema incluye módulos específicos para detectar lesiones, evaluar la calidad de imagen y verificar la visibilidad de la región macular.

Una de las innovaciones metodológicas del estudio fue el uso de técnicas como aumento de datos, normalización y control de resolución, lo cual permitió mejorar la robustez del modelo frente a imágenes de baja calidad. Esto es esencial para la aplicación en clínicas rurales donde el equipamiento puede ser limitado.

El estudio demostró que la herramienta alcanza un alto nivel de precisión diagnóstica, con sensibilidades y especificidades superiores al 90%. Estos resultados indican que el sistema automatizado puede igualar e incluso superar el desempeño de especialistas humanos en la detección de retinopatía diabética, lo que refuerza su potencial como solución eficaz para programas de cribado masivo, especialmente en contextos con acceso limitado a servicios oftalmológicos especializados.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan las semejanzas, diferencias y una propuesta para el contexto regional.

A. Semejanzas:

En los 4 casos utilizaron redes neuronales convolucionales (CNN) [10] basado en aprendizaje profundo, con arquitecturas como Inception-v3 [11]. Todos los algoritmos fueron entrenados con grandes conjuntos de imágenes retinales, desde 128175 hasta 494661 imágenes.

Todos los estudios buscaban automatizar el cribado de retinopatía diabética con un rendimiento comparable al de oftalmólogos, destacando su potencial para áreas con escasez de especialistas.

B. Diferencias:

Solo el sistema de Abramoff et al. [18] obtuvo aprobación regulatoria de la Food and Drug Administration (FDA) [19] para uso autónomo en diagnóstico, mientras que los otros [16] [17] [20] se centraron en validación técnica.

C. Propuesta:

De los casos analizados para el contexto para el contexto local se propone implementar algoritmos de IA, tal como lo plantea Gulshan [16] y Ting [17] para examinar pacientes con cámaras retinales portátiles como las EyePACS [9] el cual es un sistema de telemedicina diseñado para la detección y monitoreo de enfermedades oculares, especialmente la retinopatía diabética,

esto ayudará a pacientes en comunidades con acceso limitado a oftalmólogos.

Además, como en el caso de Abramoff [18], los sistemas de IA podrían usarse en clínicas de primer nivel para triaje automatizado, derivando solo casos complejos a especialistas. Esto optimizará recursos y reducirá tiempos de espera.

VI. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha abordado la discapacidad visual como un problema de salud a nivel global, enfocándose específicamente en la retinopatía diabética. Asimismo, se ha explorado el potencial de la inteligencia artificial (IA) como herramienta de apoyo para la realización de cribados masivos, demostrando, a través de diversas investigaciones, que su precisión puede equipararse a la de los especialistas humanos.

Con este propósito, se presentaron las características técnicas de la inteligencia artificial, en particular el uso de redes neuronales convolucionales (CNN), que han demostrado ser eficaces en la detección autónoma de la retinopatía diabética. También se expuso cómo la discapacidad visual afecta significativamente la calidad de vida de las personas que la padecen.

Entre los principales hallazgos, destaca la utilidad de las CNN para identificar de forma automática signos de retinopatía diabética, lo que representa un avance importante en el ámbito del diagnóstico temprano.

La principal limitación del presente estudio radica en el reducido número de casos analizados, ya que se trabajó únicamente con cuatro.

Como línea de trabajo futuro, se plantea la implementación masiva de esta tecnología en los centros de salud, con el objetivo de complementar el trabajo de los especialistas en oftalmología. Además, se busca que esta herramienta sea accesible en comunidades rurales o zonas con escaso acceso a profesionales de la salud visual.

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization, “WHO launches first World report on vision,” World Health Organization (WHO).
- [2] United Nations, “Salud y bienestar – Objetivo de Desarrollo Sostenible 3,” United Nations (ONU).
- [3] J. W. Y. Yau *et al.*, “Global prevalence and major risk factors of diabetic retinopathy,” *Diabetes Care*, vol. 35, no. 3, pp. 556–564, Mar. 2012, doi: 10.2337/dc11-1909.
- [4] M. M. Islam, H. C. Yang, T. N. Poly, W. S. Jian, and Y. C. (Jack) Li, “Deep learning algorithms for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs: A systematic review and meta-analysis,” *Comput Methods Programs Biomed*, vol. 191, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.cmpb.2020.105320.
- [5] J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, and C. E. Shannon, “A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence,” 2006.
- [6] J. Estevez, G. Garate, and M. Grana, “Gentle Introduction to Artificial Intelligence for High-School Students Using Scratch,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 179027–179036, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2956136.
- [7] C. Janiesch, P. Zschech, and K. Heinrich, “Machine learning and deep learning”, doi: 10.1007/s12525-021-00475-2/Published.
- [8] M. A. Goralski and T. K. Tan, “Artificial intelligence and sustainable development,” *International Journal of Management Education*, vol. 18, no. 1, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.ijme.2019.100330.
- [9] “EyePACS,” EyePACS Official Website.
- [10] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “ImageNet classification with deep convolutional neural networks,” *Commun ACM*, vol. 60, no. 6, pp. 84–90, Jun. 2017, doi: 10.1145/3065386.
- [11] C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, and J. Shlens, “Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision.”
- [12] World Health Organization (WHO), “Ceguera y discapacidad visual,” WHO.
- [13] I. , y R. S. Kocur, “Visual impairment and blindness in Europe and their prevention,” 2002. [Online]. Available: www.bjophthalmol.com
- [14] World Health Organization (WHO), “World report on vision,” WHO.
- [15] D. S. W. Ting *et al.*, “Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology,” Feb. 01, 2019, *BMJ Publishing Group*. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313173.
- [16] V. Gulshan *et al.*, “Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs,” *JAMA - Journal of the American Medical Association*, vol. 316, no. 22, pp. 2402–2410, Dec. 2016, doi: 10.1001/jama.2016.17216.
- [17] D. S. W. Ting *et al.*, “Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes,” *JAMA - Journal of the American Medical Association*, vol. 318, no. 22, pp. 2211–2223, Dec. 2017, doi: 10.1001/jama.2017.18152.
- [18] M. D. Abràmoff, P. T. Lavin, M. Birch, N. Shah, and J. C. Folk, “Pivotal trial of an autonomous AI-based

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

- diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices,” *NPJ Digit Med*, vol. 1, no. 1, Dec. 2018, doi: 10.1038/s41746-018-0040-6.
- [19] “U.S. Food and Drug Administration (FDA).”
- [20] Z. Li *et al.*, “An automated grading system for detection of vision-threatening referable diabetic retinopathy on the basis of color fundus photographs,” *Diabetes Care*, vol. 41, no. 12, pp. 2509–2516, Dec. 2018, doi: 10.2337/dc18-0147.