

Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

DOI de la Revista: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

AVANCES EN LA DETECCIÓN DE RETINOPATÍA DIABÉTICA: EL ROL PROMETEDOR DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

**ADVANCES IN DIABETIC RETINOPATHY DETECTION:
THE PROMISING ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

Ericka Martínez López

Tecnológico Nacional de México, México

Eduardo De la Cruz Gámez

Tecnológico Nacional de México, México

Mario Hernández Hernández

Tecnológico Nacional de México, México

Miriam Martínez Arroyo

Tecnológico Nacional de México, México

Jose Antonio Montero Valverde

Tecnológico Nacional de México, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9925

Avances en la Detección de Retinopatía Diabética: El Rol Prometedor de la Inteligencia Artificial

Ericka Martínez López¹MM22320002@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0000-5816-8322>Tecnológico Nacional de México
Campus Acapulco
México**Eduardo De la Cruz Gámez**eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3318-788X>Tecnológico Nacional de México
Campus Acapulco
México**Mario Hernández Hernández**mario.hh@chilpancingo.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0001-8330-4779>Tecnológico Nacional de México
Campus Chilpancingo
México**Miriam Martínez Arroyo**miriam.ma@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0000-0002-5685-1731>Tecnológico Nacional de México
Campus Acapulco
México**Jose Antonio Montero Valverde**jose.mv@acapulco.tecnm.mx
<https://orcid.org/0009-0000-5357-3257>Tecnológico Nacional de México
Campus Acapulco
México

RESUMEN

Actualmente, la retinopatía diabética es un gran problema que afecta a la población en edad laboral, cuya principal causa es la diabetes. La detección temprana de esta enfermedad es fundamental para prevenir complicaciones graves y es aquí donde la inteligencia artificial (IA) muestra su potencial. Los enfoques basados en el aprendizaje profundo se han mostrado prometedores en la detección y clasificación de lesiones retinianas asociadas con la retinopatía diabética. Sin embargo, se necesita más investigación para determinar completamente la efectividad de estos métodos. Por otro lado, el glaucoma, una enfermedad ocular que pone en peligro la vista, es difícil de detectar a tiempo. Aunque son posibles técnicas como el examen del nervio óptico mediante imágenes del fondo de ojo, la interpretación subjetiva y costosa del oftalmólogo es un obstáculo importante. En este contexto, nuestro objetivo es aumentar la eficiencia y precisión del diagnóstico aprovechando nuevas tecnologías como la IA. El uso de algoritmos de IA en el análisis de imágenes oculares puede conducir a una detección más rápida y precisa de anomalías relacionadas con el glaucoma. Estos sistemas pueden detectar patrones sutiles que pueden no ser visibles para el ojo humano, lo que permite un diagnóstico temprano y un tratamiento más eficaz. La IA también puede realizar automáticamente análisis proactivos para reducir la carga de trabajo de los profesionales de la salud, permitiéndoles centrarse en casos más complejos o en la atención directa al paciente. En conclusión, si bien la retinopatía diabética y el glaucoma representan desafíos importantes en el campo de la oftalmología, el uso de la IA ofrece una esperanza real para mejorar la detección, el diagnóstico y, en última instancia, el tratamiento de estas enfermedades. Sin embargo, la investigación y validación continua de estas tecnologías es esencial para garantizar la eficacia y seguridad en la práctica clínica.

Palabras Clave: retinopatía diabética, retinopatía diabética no proliferativa, retinopatía diabética proliferativa

¹ Autor principal

Correspondencia: MM22320002@acapulco.tecnm.mx

Advances in Diabetic Retinopathy Detection: The Promising Role of Artificial Intelligence

ABSTRACT

Currently, diabetic retinopathy is a major problem that affects the working-age population, the main cause of which is diabetes. Early detection of this disease is essential to prevent serious complications and this is where artificial intelligence (AI) shows its potential. Deep learning-based approaches have shown promise in detecting and classifying retinal lesions associated with diabetic retinopathy. However, more research is needed to fully determine the effectiveness of these methods. On the other hand, glaucoma, an eye disease that endangers sight, is difficult to detect in time. Although techniques such as examination of the optic nerve using fundus imaging are possible, subjective and costly interpretation by the ophthalmologist is a major obstacle. In this context, our goal is to increase the efficiency and accuracy of diagnosis by leveraging new technologies such as AI. The use of AI algorithms in ocular image analysis can lead to faster and more accurate detection of glaucoma-related abnormalities. These systems can detect subtle patterns that may not be visible to the human eye, allowing for earlier diagnosis and more effective treatment. AI can also automatically perform proactive analyzes to reduce the workload of healthcare professionals, allowing them to focus on more complex cases or direct patient care. In conclusion, while diabetic retinopathy and glaucoma represent significant challenges in the field of ophthalmology, the use of AI offers real hope to improve the detection, diagnosis and ultimately treatment of these diseases. However, continued research and validation of these technologies is essential to ensure efficacy and safety in clinical practice.

Keywords: diabetic retinopathy, nonproliferative diabetic retinopathy, proliferative diabetic retinopathy

*Artículo recibido 28 diciembre 2023
Aceptado para publicación: 30 enero 2024*



INTRODUCCION

En la actualidad, la retinopatía diabética (RD) emerge como una amenaza significativa para la población en edad productiva, desencadenando la pérdida de visión en diversos individuos. La diabetes, en particular, se posiciona como la principal causa de esta preocupante tendencia. Aunque no todos los diabéticos desarrollan retinopatía diabética, existe un riesgo latente de padecer la enfermedad. Para abordar esta problemática, la detección de la RD mediante el uso de Inteligencia Artificial (IA) se presenta como una herramienta prometedora.

Antes de explorar en detalle los métodos de detección de RD con IA, es esencial comprender las dos variantes de la enfermedad: la no proliferativa (NPDR) y la proliferativa (PDR). La NPDR se caracteriza por la presencia de microaneurismas, exudados, hemorragias y cambios en la pigmentación de la retina, mientras que la PDR se distingue por la presencia de neovascularización y hemorragias vítreas. Ambas pueden ser identificadas mediante la evaluación de imágenes de la retina (Al-Hazaimeh et al., 2022b).

La detección de RD con IA ha sido abordada desde diversos enfoques, destacando especialmente los basados en aprendizaje profundo o redes neuronales convolucionales (CNN). Estas técnicas emplean conjuntos extensos de imágenes etiquetadas para entrenar la red, permitiendo así la detección automática de la enfermedad en nuevas imágenes. En 2018, Google presentó un estudio en el que una red neuronal profunda, entrenada con más de 128,000 imágenes de retina etiquetadas, logró una precisión del 90% en la detección de la RD.

Otro enfoque valioso es el análisis de características de la retina, que implica la extracción de elementos específicos de las imágenes para clasificar la presencia o ausencia de la enfermedad. Investigadores de la Universidad de Duke, por ejemplo, desarrollaron un método en 2019 que utiliza la relación de aspecto de los vasos sanguíneos de la retina como característica discriminativa.

Adicionalmente, se han diseñado sistemas de detección de RD basados en técnicas de segmentación de imagen. Estos métodos implican dividir la imagen de la retina en regiones relevantes, como los vasos sanguíneos y las lesiones características de la RD. En 2019, investigadores de la Universidad de Indiana combinaron la segmentación de imagen con una red neuronal convolucional para desarrollar un método de detección automática de la enfermedad.

Aunque la evaluación tradicional de la retina por oftalmólogos o especialistas en retina ha sido el estándar, la interpretación visual puede ser subjetiva y variar entre médicos. Además, es un proceso lento y costoso. Las herramientas de diagnóstico basadas en aprendizaje automático buscan mejorar la eficiencia y precisión del diagnóstico de la retinopatía diabética.

Desafíos y Avances en la Detección del Glaucoma mediante Imágenes de Fondo Ocular

El glaucoma, una afección ocular que puede afectar a cualquier persona en cualquier etapa de la vida, representa una seria amenaza para la salud visual. A menudo, esta enfermedad progresa sin advertencia y puede ocasionar pérdida de visión incluso en aquellos que reciben tratamiento adecuado.

Para la detección del glaucoma, se emplean diversas técnicas, entre las cuales destaca el examen del nervio óptico a través de imágenes de fondo ocular. Este examen se centra en evaluar los límites de la copa óptica y el disco. Aunque las imágenes de fondo de ojo son no invasivas y de bajo costo, el proceso de evaluación basado en la interpretación visual de expertos es subjetivo, lento y costoso (Nieto, 2022). La detección temprana del glaucoma es crucial para prevenir la pérdida de visión. A pesar de la variedad de técnicas disponibles, la necesidad de mejorar la eficiencia y precisión persiste. La aplicación de tecnologías como la IA en la interpretación de imágenes de fondo ocular podría representar un avance significativo en este ámbito. La búsqueda de métodos más eficientes y accesibles para la detección del glaucoma continúa, con el objetivo de proporcionar diagnósticos más rápidos y precisos para preservar la salud visual de la población.

METODOLOGÍA

Selección del tema

“Detección de lesiones de retinopatía diabética y glaucoma implementando técnicas de IA para el desarrollo de posibles soluciones”.

Definir criterios

Se definen ciertos criterios antes de iniciar una búsqueda de los documentos científicos a analizar, de los cuales se consideraron las siguientes condiciones:

Tiempo: Se analizarán documentos menores a 10 años a partir de la fecha de la investigación.

Origen de los documentos: Se tomaron en cuenta como prioridad los documentos donde los estudios recientes de la retinopatía diabética.



Idioma: se tomaron en cuenta los documentos escritos en idioma inglés y español.

Base de datos: Se eligieron bases de datos de importancia académica, esta información debe ser de acceso libre (“open source”). Algunos de estos repositorios destacan los siguientes:

- Scopus
- IEEE
- Science direct
- Messidor 1 y 2.
- Kaggle

Técnicas y/o Algoritmos: se mencionaron varias técnicas y algoritmos utilizados en la investigación y desarrollo de diagnósticos automatizados. Algunas de las principales técnicas y algoritmos incluyen:

Aprendizaje Profundo y Redes Neuronales Convolucionales (CNN): La detección de retinopatía diabética se ha abordado con enfoques basados en aprendizaje profundo y CNN. Google, por ejemplo, presentó un estudio en 2018 donde utilizaron una red neuronal profunda entrenada con un extenso conjunto de más de 128,000 imágenes etiquetadas para lograr una alta precisión en la detección de la enfermedad.

Análisis de Características de la Retina: Otra técnica utilizada implica la extracción de características específicas de la imagen de la retina. Por ejemplo, investigadores de la Universidad de Duke desarrollaron un método en 2019 que utiliza la relación de aspecto de los vasos sanguíneos de la retina como característica discriminativa para la detección de retinopatía diabética.

Segmentación de Imagen: Se han desarrollado sistemas de detección basados en técnicas de segmentación de imagen. Estos métodos implican dividir la imagen de la retina en regiones relevantes, como los vasos sanguíneos y las lesiones características de la retinopatía diabética. Investigadores de la Universidad de Indiana combinaron la segmentación de imagen con una red neuronal convolucional para desarrollar un método de detección automática de la enfermedad.

Estas técnicas y algoritmos demuestran la diversidad de enfoques empleados para mejorar la eficiencia y precisión en el diagnóstico de enfermedades oculares, contribuyendo significativamente a la investigación y aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la oftalmología.

Definiendo las palabras clave o keywords

Las palabras clave son términos o frases cortas (lexemas) que permiten clasificar y direccionar las entradas en los sistemas de indexación y de recuperación de la información en las bases de datos de un manuscrito o área temática en particular.

Como resultado final, las keywords fueron divididas en los siguientes temas:

Ciencias de la computación: IA, Machine Learning, Deep Learning, CNN.

Área de Medicina: retinopatía diabética, exudados, microaneurismas, hemorragias.

Elección de los subtemas

El tema es la idea principal del objetivo que se está desarrollando, los subtemas son las ideas que parten del tema principal, bajo esta idea se abordaron las siguientes ideas a la hora de seleccionar los escritos adecuados.

- Inteligencia Artificial
- Retinopatía Diabética
- Redes Neuronales
- Machine Learning
- Deep Learning
- Aprendizaje automático
- CNN

Análisis de los escritos obtenidos con base a los siguientes criterios

Con el objetivo de brindar un mejor entendimiento a los escritos obtenidos se implementó un filtro de análisis con base a los siguientes criterios:

- Año de publicación
- Técnicas implementadas
- Variables usadas para realizar los entrenamientos

La constante evolución del conocimiento científico ha llevado a la adopción de criterios específicos al realizar búsquedas bibliográficas. En este contexto, se ha establecido la pauta de preferir escritos con fechas de publicación inferiores a 10 años. No obstante, se reconoce la posibilidad de que escritos con fechas anteriores posean una relevancia significativa en estudios actuales.

La recomendación de utilizar fechas más recientes en las investigaciones se fundamenta en la premisa de acceder a la información más actualizada disponible. Sin embargo, esta sugerencia no excluye la consideración de trabajos previos que puedan aportar una perspectiva valiosa y sustancial al campo de estudio en cuestión.

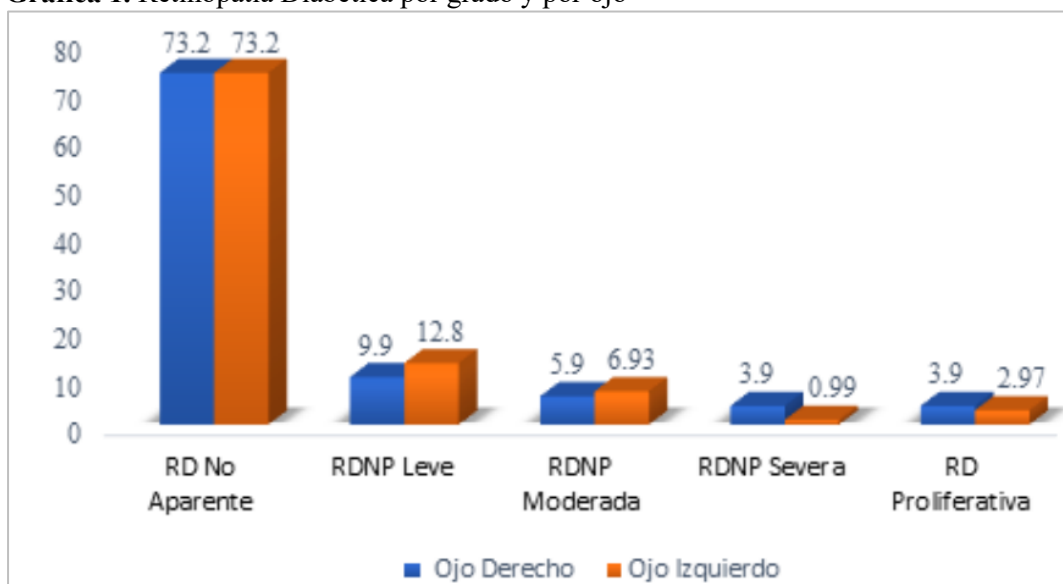
La tabla siguiente proporciona un panorama general de diversas técnicas comúnmente empleadas en redes convolucionales para la detección de retinopatía diabética. Cada técnica presenta sus propias ventajas y desafíos, y la selección de la más apropiada dependerá de los recursos disponibles y de los objetivos específicos en el ámbito médico. La colaboración estrecha entre profesionales médicos y científicos de datos emerge como un elemento crucial para el éxito en esta área.

Tabla 1. comparación de técnicas de redes convolucionales.

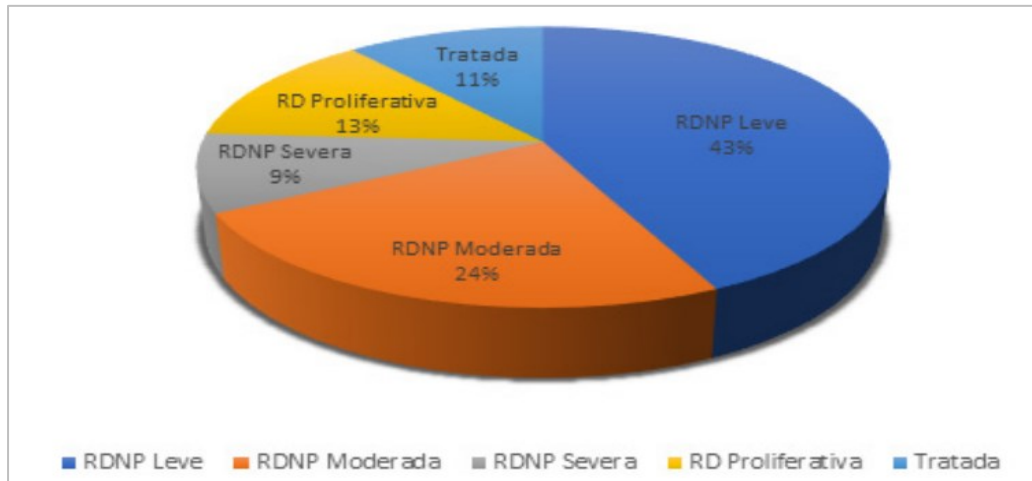
Técnica de Red Convolutiva	Ventajas	Desafíos	Aplicaciones
ConvNets Tradicionales	- Ampliamente utilizadas en visión por computadora.	- Requieren grandes conjuntos de datos etiquetados.	- Detección temprana y seguimiento de retinopatía diabética.
Redes Residuales (ResNet)	- Mitigan el problema de desvanecimiento del gradiente.	- Mayor complejidad en la arquitectura.	- Detección de patrones complejos en imágenes retinianas.
Redes Inception (InceptionNet)	- Eficientes en el uso de recursos computacionales.	- Requieren menos parámetros en comparación con otras arquitecturas.	- Detección precisa de características relevantes en la retina.
Redes VGG (VGGNet)	- Estructura simple y fácil de entender.	- Requieren más recursos computacionales.	- Detección de patrones y clasificación en imágenes retinianas.
Redes Neuronales Convolucionales 3D (3D-CNN)	- Capacidad para considerar la información en múltiples cortes de la retina.	- Mayor complejidad en el procesamiento de datos 3D.	- Análisis de volúmenes retinianos en la detección de retinopatía diabética.
Transferencia de Aprendizaje	- Reutilización de modelos preentrenados para tareas de detección de retinopatía diabética.	- Necesidad de afinar los modelos preentrenados en el dominio médico.	- Reducción de la necesidad de grandes conjuntos de datos médicos.

Los resultados mostrados en el artículo “**Incidencia de retinopatía y neuropatía diabética en pacientes del Centro de Salud Urbano de Comalcalco, Tabasco, México. Enero 2019**” nos muestra las siguientes estadísticas del estado de tabasco. La valoración oftalmológica se individualiza por ojo, por lo que se ha separado en Fondo de ojo derecho y fondo de ojo izquierdo; para el ojo derecho se obtuvo un porcentaje del 73.2% para RD no aparente seguida de RDNP Leve con un 9.9%, 5.9% RDNP Moderada, RDNP y RD Proliferativa con un 3.9% cada una, y 2.9% presentaban una RD previamente tratado (Gráfica 1). Para el Fondo de ojo izquierdo se obtuvo un por porcentaje del 73.2% para RD no aparente seguida de RDNP Leve con un 12.8%, 6.9% RDNP Moderada, RD Proliferativa con un 2.9% y RDNP Severa 0.99% y 2.9% presentaban una RD previamente tratado. (Gráfica 1) Con lo anterior se llega a la incidencia de un 26.5% de retinopatía diabética; dividida en: 43% RPNP Leve, 24% RDNP Moderada, 13% RD Proliferativa, 11% RPD Previamente tratada y 9% con RDNP Severa (Gráfica 2). (Ángel González-Ochoa,2019).

Gráfica 1. Retinopatía Diabética por grado y por ojo



Gráfica 2. Retinopatía por Grado



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los estudios mencionados, se evidencia que la aplicación de la inteligencia artificial (IA) para la detección de retinopatía diabética y glaucoma se consolida como una herramienta prometedora en el ámbito oftalmológico. Estas enfermedades oculares ocupan posiciones destacadas entre las principales causas de ceguera global, subrayando la vital importancia de la detección temprana para un tratamiento efectivo y resultados optimizados para los pacientes.

La IA ha demostrado su capacidad para analizar imágenes retinianas de manera precisa y veloz, identificando características y patrones específicos asociados con la retinopatía diabética y el glaucoma. Los algoritmos de aprendizaje automático integrados en la IA pueden procesar grandes volúmenes de datos y aprender a reconocer indicios tempranos de estas enfermedades, incluso antes de que sean perceptibles mediante métodos tradicionales.

Un beneficio clave de la detección con IA radica en su capacidad para realizar análisis a gran escala y de manera masiva. Esto resulta particularmente valioso en entornos donde escasean los especialistas oftalmológicos y los recursos son limitados. La IA puede aligerar la carga de trabajo de los médicos, optimizando el proceso de detección y permitiendo diagnósticos más rápidos.

Adicionalmente, la detección temprana a través de la IA puede traducirse en tratamientos más oportunos y eficaces. Al posibilitar diagnósticos precoces de retinopatía diabética y glaucoma, se facilita la implementación de intervenciones médicas tempranas, como ajustes en el estilo de vida, administración de medicamentos y, cuando es necesario, procedimientos quirúrgicos. Esto contribuye a retardar la

progresión de la enfermedad y disminuir el riesgo de complicaciones graves, incluida la pérdida de visión.

No obstante, es esencial abordar desafíos y consideraciones éticas en la implementación de la IA para la detección de estas enfermedades oculares. Garantizar la calidad de los datos empleados para entrenar los modelos de IA resulta fundamental, ya que cualquier sesgo o falta de representatividad en los conjuntos de datos podría afectar la precisión de los resultados. Además, se destaca la importancia de salvaguardar la privacidad y la confidencialidad de los datos de los pacientes a lo largo de todo el proceso.

CONCLUSIONES

El desarrollo de esta investigación ha permitido una comprensión integral de la problemática abordada, estableciendo los parámetros cruciales para el entrenamiento de los algoritmos y explorando diversas técnicas aplicables en el marco de la investigación.

En resumen, la detección de retinopatía diabética mediante el empleo de diversas técnicas de inteligencia artificial (IA) se revela como una herramienta altamente prometedora y eficaz en el ámbito de la salud ocular. Estrategias como el aprendizaje automático y el análisis de imágenes han demostrado su capacidad para identificar patrones y características específicas en las imágenes de la retina, posibilitando una detección temprana y precisa de la retinopatía diabética.

Las variadas técnicas de IA aplicadas en este contexto, tales como el procesamiento de imágenes, la segmentación y la clasificación automatizada, han mejorado significativamente la eficiencia y precisión del diagnóstico. La IA, al analizar volúmenes considerables de imágenes de retina en un breve lapso, puede detectar cambios sutiles y signos tempranos de la enfermedad, aspectos que podrían pasar inadvertidos para especialistas humanos.

Estas técnicas de IA demuestran particular utilidad en regiones donde la carencia de especialistas en oftalmología y recursos limitados es una realidad. Al acelerar el proceso de detección y facilitar un diagnóstico temprano, la IA contribuye a aliviar la carga de trabajo de los profesionales de la salud y facilita una atención oportuna y adecuada para los pacientes. Además, la detección temprana de la retinopatía diabética puede desencadenar intervenciones médicas precoces, llevando a una mejor gestión de la enfermedad y a resultados más favorables.

No obstante, es imperativo reconocer que la implementación exitosa de la detección de retinopatía diabética mediante técnicas de IA implica superar desafíos técnicos y éticos. La calidad de los conjuntos de datos empleados para el entrenamiento de los modelos de IA, así como la salvaguarda de la privacidad y confidencialidad de los datos de los pacientes, son consideraciones esenciales que demandan una atención adecuada.

En perspectiva, el continuo desarrollo de técnicas de IA en la detección de retinopatía diabética anticipa mejoras adicionales en la precisión y eficiencia del diagnóstico. A medida que se recopilen y analicen más datos de pacientes, los modelos de IA podrán perfeccionarse aún más, posibilitando una detección más temprana y precisa de la enfermedad. Este avance puede generar un impacto significativo en la prevención de la ceguera y en la mejora sustancial de la calidad de vida de las personas afectadas por la retinopatía diabética.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Al-Hazaimeh, O. M., Abu-Ein, A., Tahat, N., Al-Smadi, M., & Al-Nawashi, M. (2022). Combining Artificial Intelligence and Image Processing for Diagnosing Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Images. *International journal of online and biomedical engineering*, 18(13), 131-151. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i13.33985>
- Zhang, J., Yang, K., Shen, Z., Sang, S., Yuan, Z., Hao, R., Zhang, Q., & Cai, M. (2023). End-to-End Automatic Classification of Retinal Vessel Based on Generative Adversarial Networks with Improved U-Net. *Diagnostics*, 13(6), 1148. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13061148>
- Deshmukh, S. V., Roy, A., & Agrawal, P. (2023). Retinal Image Segmentation for Diabetic Retinopathy Detection using U-Net Architecture. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 15(1), 79-92. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2023.01.07>
- Nieto, W. (2022, 1 diciembre). Aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial para el diagnóstico asistido de glaucoma. Universidad del Norte. <http://hdl.handle.net/10584/11235>
- Ting, D. S. W., Cheung, G. C. M., Lim, G., Tan, G. S. W., Quang, N. D., Gan, A., ... & Wong, T. Y. (2018). Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and



- related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes. *Jama*, 318(22), 2211-2223.
- Gulshan, V., Peng, L., Coram, M., Stumpe, M. C., Wu, D., Narayanaswamy, A., ... & Webster, D. R. (2016). Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. *Jama*, 316(22), 2402-2410.
- Abramoff, M. D., Lavin, P. T., Birch, M., Shah, N., & Folk, J. C. (2010). Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices. *npj Digital Medicine*, 3(1), 1-10.
- Abramoff, M. D., Lou, Y., Erginay, A., Clarida, W., Amelon, R., Folk, J. C., ... & Niemeijer, M. (2016). Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning. *Investigative ophthalmology & visual science*, 57(13), 5200-5206.
- Grzybowski, A., Told, R., Sacu, S., & Bandello, F. (2019). Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening: a review. *Eye*, 33(3), 401-410.
- Wang, Z., Yan, H., Han, L., Huang, Y., & Liu, X. (2019). Detection of diabetic retinopathy based on the ratio of vascular diameter using fundus images. *Computers in Biology and Medicine*, 106, 1-9.
- Ji, X., & Jia, S. (2019). Retinal vessel segmentation and diabetic retinopathy detection based on threshold and active contour model. *Journal of Medical Systems*, 43(12), 1-11.
- Xia, Y., Wu, X., Zhang, Y., Zhang, L., & Wang, Y. (2020). Deep learning-based automated detection of diabetic retinopathy using retinal fundus photographs: a review. *Computers in Biology and Medicine*, 118, 1-14.
- Wong TY, Bressler NM. Artificial intelligence with deep learning technology looks into diabetic retinopathy screening. *JAMA*. 2016; 316(22):2366-2367.
- Ting DSW, Cheung CY, Lim G, 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*. 2017; 318(22):2211-2223.
- Abramoff MD, Lou Y, Erginay A, et al. Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016; 57(13):5200-5206.



- Gargeya R, Leng T. Automated identification of diabetic retinopathy using deep learning. *Ophthalmology*. 2017; 124(7):962-969.
- Prasad, D. K., Vibha, L., & R, V. K. (2018). Early detection and Multistage classification of Diabetic Retinopathy using Random Forest Classifier. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 10(3), 77-84. <https://doi.org/10.21817/ijcse/2018/v10i3/181003012>
- Al-Hazaimeh, O. M., Abu-Ein, A., Tahat, N., Al-Smadi, M., & Al-Nawashi, M. (2022). Combining Artificial Intelligence and Image Processing for Diagnosing Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Images. *International journal of online and biomedical engineering*, 18(13), 131-151. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v18i13.33985>
- Ángel González-Ochoa,(1) Lizbeth Alcudia-Olivé. Incidencia de retinopatía y neuropatía diabética en pacientes del Centro de Salud Urbano de Comalcalco, Tabasco, México. Enero 2019. Vol. 25 Núm.2. Mayo-Diciembre 2019 Pags. 80-87 *Salud Tab* 2019; 25(2-3).

