

Detección de cataratas oculares utilizando visión por computadora.

Josué Daniel Aguila Ortega | Jesús Manuel Olivares Ceja | Melanie Jazmine Serrano Ipiña
aguila.ortega.josue.daniel@gmail.com

Abstract

Una catarata ocular sucede cuando el cristalino del ojo se empieza a volver opaco, esto sucede porque las proteínas que lo conforman se rompen y se agrupan en alguna zona del ojo que hace que la vista se vea afectada, de modo que dificulta la comunicación con el mundo exterior por medio de la vista, en este trabajo se propone un veloz método que pretende ser una herramienta al momento de la detección de las cataratas oculares, utilizando metodos poco convencionales y sin utilizar inteligencia artificial, se pueden identificar con éxito un 60% de los casos de catarata. Este método utiliza imágenes de fondo de ojo para operar, debido a que estas imágenes nos proporcionan información muy valiosa de la retina y permiten una mayor precisión. Tiene el proposito de ayudar al personal médico en la detección temprana de este tipo de afecciones visuales y permitir que las personas puedan tomar acciones preventivas ante esta afección.

1. Introducción

El ojo es un órgano muy importante y delicado, permite la comunicación visual con el mundo que nos rodea. Las afecciones visuales hacen que esta comunicación se vea afectada provocando que las personas presenten dificultades al momento de interactuar con el mundo. Las cataratas oculares son uno de los problemas más recurrentes y una afección que puede llegar a provocar ceguera si es que estas no se diagnostican y no se tratan a tiempo (**fig. 1**).

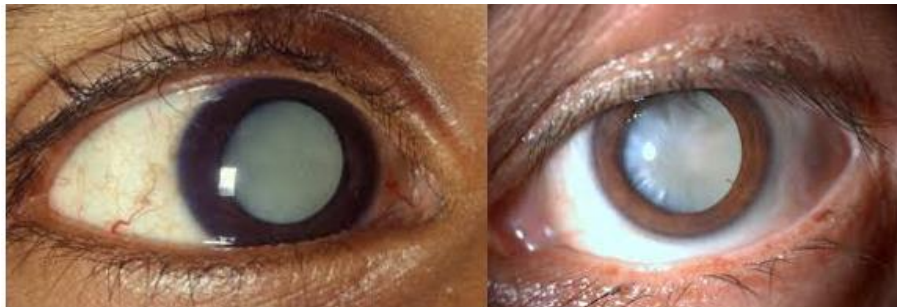


fig. 1. Ojo afectado por catarata

Una catarata es una peligrosa enfermedad que hace que el cristalino del ojo se nuble poco a poco debido a que las proteínas de este se empiezan a descomponer y conglomerar en alguna zona del ojo. Regularmente se presentan de manera natural, principalmente en personas de edad avanzada; aunque tambien es posible que se presenten por otras causas como: fumar, beber demasiado alcohol, pasar mucho tiempo frente a rayos ultravioleta, diabetes o tener algun antecedente familiar con este problema.

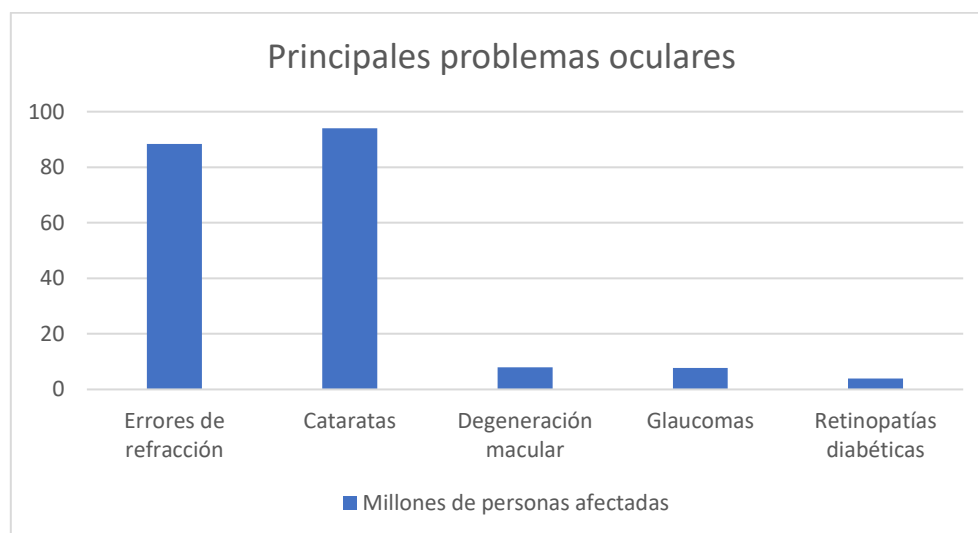
Algunos de los principales síntomas de las cataratas son la visión borrosa, vista de colores de manera opaca, falta de nitidez en la visión al momento de tener poca luz, ver “estrellas” al momento de ver luces, ver doble e incluso llegar a perder la visión por completo.

La pérdida de visión por cataratas oculares se puede prevenir si es que estas se tratan con los medios adecuados o llegando al extremo de una cirugía en la que se retira este cristalino y se remplaza por un lente artificial (**fig. 2**); sin embargo, esta ultima opción resulta muy costosa e inaccesible para muchas personas de escasos recursos haciendo que estas se vean obligadas a vivir con esta catarata antes que operarla.



fig. 2. Proceso de cirugía de catarata

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), para el año 2022 existen alrededor de 2200 millones de personas con alguna clase de discapacidad visual, de las cuales, al menos 1000 millones se pudieron haber evitado o tratado, entre las más comunes se encuentran los errores de refracción (88.4 millones), seguido de las cataratas (94 millones), degeneraciones maculares (8 millones), glaucomas (7.7 millones) así como por retinopatías diabéticas (3.9 millones). (**grafica. 1**)



grafica. 1. Representación gráfica de las millones de personas afectadas por algun problema ocular

Los oftalmólogos realizan diferentes pruebas para detectar estos problemas visuales; para la detección de cataratas oculares se tienen los exámenes de

lampara de hendidura, los exámenes con luz especular, una ecografía ocular entre otros. Estos metodos pueden ser realizados solo por personas con equipo especializado para la detección de estas, lo que nos indica que la detección de estas es algo compleja, debido a que a pesar de que existen oftalmólogos no todos cuentan con las herramientas necesarias para la detección temprana de las cataratas.

Otra solución para la detección de las cataratas es utilizar tecnología basada en inteligencia artificial que permita una detección por medio de, regularmente, Redes Neuronales Convolucionales; estas tecnologías permiten que personas sin especialización en la detección de estas afecciones puedan realizar diagnósticos mas certeros; sin embargo, el costo de estas tecnologías es muy elevado, imposibilitando asi su uso para la mayor parte de la comunidad médica.

Debido a este repentino problema se desarrolló un método que puede llegar a ser accesible a todo público que permite, de igual manera, la detección de estas afecciones oculares; se optó por un enfoque fuera de los ya probados metodos de inteligencia artificial, haciendo que no sea necesario un entrenamiento de alguna red neuronal, ademas de que se puso énfasis en la velocidad de detección de estas, volviéndolo una solución versátil al momento de la detección de las cataratas.

2. Estado del arte

Los trabajos relacionados con la detección de cataratas asistidos por computadora, en la actualidad, tienen sus bases en los sistemas de redes neuronales para su detección, estos sistemas tiene un índice de exactitud de alrededor de un 90-93% al momento de la detección de estas cataratas, uno de los trabajos mas recientes elaborado por Jay Kant Pratap Singh Yadav logró obtener en su artículo "A reliable automatic cataract detection using deep learning" resultados de 92.7% en cuestiones de exactitud; sin embargo, como en su titulo de trabajo lo menciona, utiliza técnicas de Deep learning para obtener estos resultados. Metodos de ondícula de HAAR (HAAR Transform) tienen resultados de 85.98%, algunos otros que utilizan Redes Neuronales de Función de Base Radial (RBF NN) obtuvieron resultados de 91.7%. Estos métodos comparten algo en común y es que todos ellos se apoyan en el uso de inteligencia artificial para obtener esos resultados.

Estos métodos tienen como factor común tambien que se utiliza como imagen a procesar el fondo de ojo, y es comprensible y usable debido a que este provee mucha información acerca de lo estructura de la retina y permite identificar con mucha mas facilidad la catarata, seguido de eso la imagen se somete a un preprocesamiento para permitir que la imagen tenga las características necesarias para ser sometidas al software de clasificación, una vez teniendo las características necesarias entra al proceso de clasificación, hecho por cualquier método antes mencionados, seguido del paso final de clasificación.

3. Metodología propuesta

La metodología que se propone en este trabajo es muy distinta a la que se está desarrollando actualmente, debido a que se utilizan metodos sin uso de la inteligencia artificial para conseguir los resultados. Esto permitiendo una mucha rapidez al momento de procesar las imágenes junto con una precisión bastante alta. La metodología se basa en que las imágenes que contienen un fondo de ojo con catarata tienen una coloratura diferente a las que contienen un fondo de ojo sano. Especialmente se pueden diferenciar en el canal verde (Green) (fig. 3) dentro del sistema de color RGB (Red, Green, Blue) esta diferencia permitió la separación de las imágenes utilizando metodos de agrupación y, de esta manera, poder clasificar cada una de las imágenes que se utilizaron.

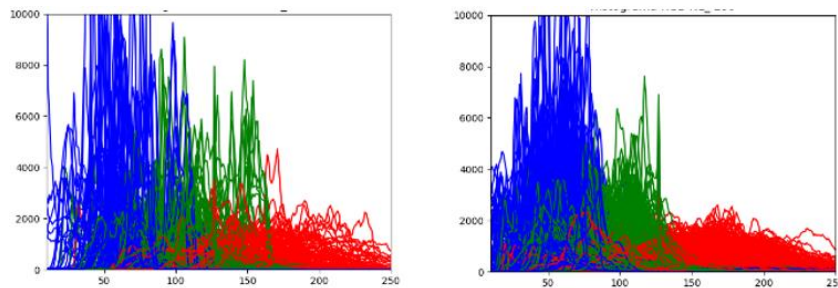


fig. 3. Histogramas de coloratura de cada grupo de imágenes, a la izquierda el grupo de imágenes con presencia de catarata y a la derecha el grupo de imágenes con ojo sano

3.1 Imágenes utilizadas

Las imágenes que se utilizaron provinieron de un dataset de uso libre que se encuentra en internet, el cual contiene un total de 300 imágenes de fondo de ojo libre de catarata o cualquier otra afección, y contiene 100 imágenes de fondo de ojo con catarata. Se usan imágenes de este tipo porque se aprecia a la perfección la retina junto con pequeños detalles que podrían ser de ayuda para el programa al momento de detectar estas condiciones médicas.

3.2 Preprocesamiento de imágenes

Una vez obtenidas las imágenes hubo que adaptarlas a un formato en el que todas estas puedan ser procesadas de igual manera; primeramente, se redimensionan las imágenes para que tengan el mismo tamaño cada una de ellas en este caso tenían un tamaño de 2592 X 1728 pixeles, fueron reducidas a un tamaño de 500 X 333 pixeles, obteniendo una medida estándar por cada una de ellas. Posteriormente, las imágenes contienen un fondo negro que debe de ser retirado, una vez retirado este fondo nos queda la imagen de fondo de ojo sin ningún tipo de fondo que obstruya la sección que se desea analizar, permitiéndonos así que no haya ningún ruido o variación al momento de procesar las imágenes.

3.3 Procesamiento de las imágenes

Una vez las imágenes se encuentran sin ningún fondo que altere el procesamiento, y con un tamaño reducido podemos proceder con el procesamiento de estas. Para esto la imagen es recorrida pixel por pixel y obteniendo los valores RGB de cada uno de estos, estos valores son guardados dentro de una lista que, al momento de finalizar todos los píxeles de la imagen, se encarga de devolver una media de cada uno de los canales respectivamente RGB con estos valores se obtiene un color promedio de toda la imagen (**fig. 4**), una vez realizados con todas las imágenes el siguiente paso consiste en registrar los resultados obtenidos y agruparlos dentro de una nube de datos, una vez realizado se obtuvo dos nubes dentro de un espacio tridimensional, teniendo cada canal como un eje de plano cartesiano, se colocan los puntos de cada imagen dependiendo de sus resultados al momento del procesamiento y finalmente se obtienen las coordenadas de cada centro de nube (**fig. 5**). Esto se realiza con el propósito de que, con cada nuevo dato que entre, se localice la distancia que hay entre cada centro de nube permitiendo tener resultados acerca de la condición del ojo de la persona a analizar.



fig. 4. Representación del preprocesamiento de las imágenes

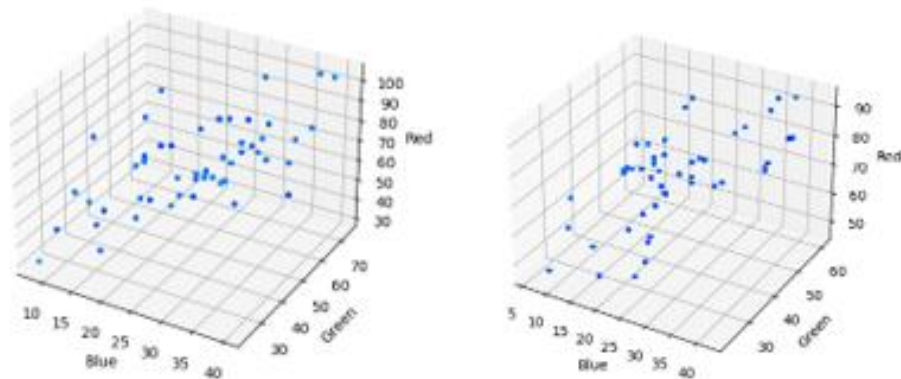


Fig. 5. Izquierda: fragmento de la nube de puntos de catarata; derecha: fragmento de la nube de puntos de ojos saludables

4. Resultados

Durante la experimentación se calculó una precisión de 60% al momento de detectar cataratas oculares; se presentaron 100 imágenes de las cuales detecto

correctamente 60 de ellas; por el contrario, al momento de detectar las imágenes negativas a cataratas, tuvo una precisión de 58% entre 300 imágenes mostradas. Al momento de recopilar los datos de la investigación se obtuvo la siguiente matriz de confusión.(fig. 6)

True Positive 60	False Positive 126
False Negative 40	True Negative 174

fig. 6. Matriz de confusión

Con esta matriz de confusión podemos obtener los siguientes resultados

- Sensibilidad de 60%
- Especificidad de 58%
- Exactitud de 58.5%

Estos tres valores nos permiten darnos cuenta de que este método a pesar de tener altos resultados no es infalible, sin embargo, en mas de la mitad de los casos que se le presenten este será acertado; podemos observar que los primeros dos valores son los que discriminan entre los casos positivos y los casos negativos al momento de ejecutar el software con nuestro dataset. La exactitud nos dice que en un 58.5% de los casos este método será efectivo y cierto.

5. Análisis de resultados y conclusiones

Primeramente, recolectamos un dataset de 400 imágenes las cuales se dividían entre 300 imágenes con un resultado de negativo a catarata, y las restantes 100 imágenes positivas a catarata, estas imágenes eran muy variadas debido a que hay imágenes que parecía que tenían catarata cuando el dataset decía que no, y a su vez, imágenes que el dataset decía que tenían cataratas sin embargo no se detectaban; se decidió por seleccionar todas las imágenes del dataset para no maquillar resultados.

Al momento de realizar la experimentación, los resultados de cada uno de los casos se tardan en procesar menos de 5 segundos, lo cual nos está indicando una rapidez al momento de predecir bastante sorprendente, sin embargo, los resultados son un poco mas bajo de lo esperado, pero claro, este programa tiene como proposito el ser solo una herramienta de facil acceso para los oftalmólogos, por lo que, con este software se podrían detectar de manera muy rápida indicios de cataratas oculares, permitiendo que las personas que no tienen en sus posibilidades la detección utilizando metodos mas avanzados tengan acceso a una oportunidad de tomar las acciones pertinentes para controlar esta enfermedad ocular.

Referencias

1. Varma, N., Yadav, S. & Yadav, J.K.P.S. A reliable automatic cataract detection using deep learning. *Int J Syst Assur Eng Manag* **14**, 1089–1102 (2023). <https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1007/s13198-023-01923-2>
2. Shaheen, I., Tariq, A. (2019). Survey Analysis of Automatic Detection and Grading of Cataract Using Different Imaging Modalities. In: Khan, F., Jan, M., Alam, M. (eds) *Applications of Intelligent Technologies in Healthcare*. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1007/978-3-319-96139-2_4
3. Qian X, Patton EW, Swaney J, Xing Q, Zeng T (2018) Machine learning on cataracts classification using SqueezeNet. In: 2018 4th international conference on universal village (UV), pp 1–3. <https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1109/UV.2018.8642133>
4. Khan, A.A., Akram, M.U., Tariq, A., Tahir, F., Wazir, K. (2018). Automated Computer Aided Detection of Cataract. In: Abraham, A., Haqiq, A., Ella Hassanien, A., Snasel, V., Alimi, A. (eds) *Proceedings of the Third International Afro-European Conference for Industrial Advancement — AECIA 2016*. AECIA 2016. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 565. Springer, Cham. https://doi-org.bibliotecaipn.idm.oclc.org/10.1007/978-3-319-60834-1_34
5. Angeline, R., Vani, R., Jeshron Sonali, A., Rao, D.A. (2022). Automated Detection of Cataract Using a Deep Learning Technique. In: Kumar, A., Zurada, J.M., Gunjan, V.K., Balasubramanian, R. (eds) *Computational Intelligence in Machine Learning*. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 834. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8484-5_38
6. Shetty, A., Bathija, K., Priya, R.L. (2021). Cataract Eye Detection Using Machine Learning Models. In: Tavares, J.M.R.S., Chakrabarti, S., Bhattacharya, A., Ghatak, S. (eds) *Emerging Technologies in Data Mining and Information Security*. *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 164. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9774-9_84
7. Shaheen, I., Tariq, A. (2019). Survey Analysis of Automatic Detection and Grading of Cataract Using Different Imaging Modalities. In: Khan, F., Jan, M., Alam, M. (eds) *Applications of Intelligent Technologies in Healthcare*.

EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-96139-2_4

8. Kaur, J., Sinha, P., Shukla, R., Tiwari, V. (2021). Automatic Cataract Detection Using Haar Cascade Classifier. In: Jeena Jacob, I., Kolandapalayam Shanmugam, S., Piramuthu, S., Falkowski-Gilski, P. (eds) Data Intelligence and Cognitive Informatics. Algorithms for Intelligent Systems. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8530-2_43
9. Cao L et al (2020) Hierarchical method for cataract grading based on retinal images using improved Haar wavelet. Inf Fusion 53:196208. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2019.06.022>
10. X. Qian, E. W. Patton, J. Swaney, Q. Xing and T. Zeng, "Machine Learning on Cataracts Classification Using SqueezeNet," *2018 4th International Conference on Universal Village (UV)*, Boston, MA, USA, 2018, pp. 1-3, doi: 10.1109/UV.2018.8642133.
11. Weni I, Utomo PEP, Hutabarat BF (2021) Detection of cataract based on image features using convolutional neural networks. IJCCS (indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems) 15:75–86. <https://doi.org/10.22146/ijccs.61882>
12. <https://www.kaggle.com/jr2ngb/cataractdataset>