

Evolución de la clasificación de la opacidad del cristalino: de la subjetividad a la precisión

Evolution of the Classification of Lens Opacity: from Subjectivity to Precision

Fátima Fabra González^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-2940-5381>

Iván Hernández López² <https://orcid.org/0000-0001-5291-8292>

Taimi Cárdenas Díaz² <https://orcid.org/0000-0003-3220-4553>

Seila de la Caridad Hechavarría Polanco³ <https://orcid.org/0000-0003-4117-4149>

¹Hospital Docente Clínico-Quirúrgico General Calixto García. La Habana, Cuba.

²Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer. La Habana, Cuba.

³Hospital General Docente Dr. Ernesto Guevara de la Serna. Las Tunas, Cuba.

*Autor para la correspondencia: fatimafabragonzalez@gmail.com

RESUMEN

Las afecciones oculares que pueden causar discapacidad visual y ceguera, como las cataratas, son parte principal de las estrategias de atención oftálmica. En el estudio de la catarata como afección oftalmológica, la clasificación del grado de opacidad del cristalino es de suma importancia en el ámbito de la oftalmología y la salud visual en general. A lo largo de la historia de la oftalmología, la evaluación de la opacidad del cristalino ha sido realizada principalmente a través de métodos subjetivos. Sin embargo, con el avance de la ciencia se han innovado en métodos objetivos para cuantificar el grado de opacidad del cristalino. En la actualidad, se aúna el avance de la tecnología con el uso de la inteligencia artificial en este campo. El conocimiento actualizado de estos métodos de clasificación es importante para el oftalmólogo. Por eso el objetivo es analizar de manera detallada la evolución de los métodos de clasificación de la opacidad del cristalino.

Palabras clave: catarata; clasificación; método subjetivo; método objetivo; inteligencia artificial.

ABSTRACT

Ocular conditions that can cause visual impairment and blindness, such as cataracts, are a major part of ophthalmic care strategies. In the study of cataract as an ophthalmologic condition, the classification of the degree of lens opacity is of utmost importance in the field of ophthalmology and visual health in general. Throughout the history of ophthalmology, the evaluation of lens opacity has been performed mainly through subjective methods. However, with the advancement of science, objective methods have been innovated to quantify the degree of lens opacity. Nowadays, the advance of technology is combined with the use of artificial intelligence in this field. Up-to-date knowledge of these classification methods is important for the ophthalmologist. Therefore, the aim is to analyze in detail the evolution of classification methods for lens opacity.

Keywords: cataract; classification; subjective method; objective method; artificial intelligence.

Recibido: 05/12/2024

Aceptado: 12/02/2025

Introducción

El órgano visual ocupa un lugar importante en la vida del ser humano. Hoy en día, a nivel mundial, las enfermedades oculares -en particular la ceguera- constituyen un problema de salud cuya prevención merece alta prioridad. Por este motivo, las afecciones oculares que pueden causar discapacidad visual y ceguera, como las cataratas, son, por motivos bien fundamentados, parte principal de las estrategias de atención oftálmica.

En el estudio de la catarata como afección oftalmológica, la clasificación del grado de opacidad del cristalino es de suma importancia en el ámbito de la oftalmología

y la salud visual en general. Clasificar el grado de opacidad permite a los profesionales de la salud determinar la gravedad de las cataratas en los pacientes, lo que a su vez influye en la toma de decisiones sobre el tratamiento más adecuado. Permite establecer comparaciones entre pacientes, evaluar la progresión de la enfermedad y medir la eficacia de las intervenciones terapéuticas. Cabe considerar, por otra parte, que su importancia radica en su capacidad para guiar las decisiones clínicas, facilitar la comunicación entre los oftalmólogos y contribuir al avance del conocimiento en el campo de la oftalmología.⁽¹⁾

A lo largo de la historia de la oftalmología, la evaluación de la opacidad del cristalino ha sido realizada principalmente a través de métodos subjetivos, que dependen en gran medida de la experiencia y habilidad del oftalmólogo para interpretar los signos clínicos. Sin embargo, con el avance de la ciencia se ha innovado en métodos objetivos para cuantificar el grado de opacidad del cristalino, que permiten superar el gran sesgo humano que conlleva la subjetividad.⁽²⁾

En la actualidad, se aúna el avance de la tecnología con el uso de la inteligencia artificial en este campo. Los sistemas basados en inteligencia artificial, como redes neuronales y algoritmos de aprendizaje automático, están revolucionando la forma en que se diagnostican y clasifican la opacidad del cristalino, ofreciendo una mayor precisión, objetividad y rapidez en el proceso de evaluación.⁽³⁾

El conocimiento actualizado de estos métodos de clasificación es importante para el oftalmólogo. Por eso con la elaboración de la presente revisión bibliográfica el objetivo es analizar de manera detallada la evolución de los métodos de clasificación de la opacidad del cristalino.

Métodos

Para llevar a cabo esta revisión bibliográfica sobre los métodos de clasificación de la opacidad del cristalino primero se estableció su propósito. Luego se realizó una búsqueda exhaustiva en bases de datos científicas como PubMed, SciELO y Scopus utilizando términos de búsqueda específicos relacionados con la clasificación de la opacidad del cristalino. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar los estudios relevantes. Como criterio de inclusión se tuvo en cuenta

aquellas investigaciones que presentaran resultados claros y relevantes sobre el tema. Las investigaciones obsoletas que no reflejaron el conocimiento actual en la materia quedaron descartadas. Luego se seleccionaron los datos que los autores consideraron importante y se redactó el texto final.

Evolución de la clasificación de la opacidad del cristalino

De la catarata existen múltiples clasificaciones atendiendo a diferentes características. Según su período de madurez se puede clasificar en incipiente, intumesciente, madura e hipermadura. Según la porción anatómica afectada se puede clasificar en nuclear, cortical y subcapsular. La progresión de los síntomas va a depender de estos dos tipos de clasificaciones.^(1,2)

Debido a que en cada persona la progresión de la opacidad puede sucederse de manera diferente, los oftalmólogos presentaron la necesidad de tener sistemas de clasificación que les permitieran estar orientados de manera uniforme. Con el transcurso de los años surgen numerosos métodos de clasificación de esta, uno de los primeros fue: *Lens Opacities Classification System* (LOCS). El LOCS I fue desarrollado por el Comité de Oftalmología de la Liga de Socios Cooperativos de los Estados Unidos de América en 1984. Su objetivo era proporcionar una herramienta uniforme de clasificación para la catarata.⁽³⁾

El sistema divide las cataratas en cinco tipos principales basados en la localización y la gravedad de la opacidad del cristalino. Estos tipos son nuclear, cortical, subcapsular posterior, total y supraesferoidal. Los subtipos dentro de cada uno de estos tipos se basan en la gravedad de la opacidad y se clasifican en una escala numérica del uno al cinco, donde uno indica opacidad escasa y cinco indica opacidad avanzada.⁽³⁾

El LOCS II lo desarrolló el Comité de Cataratas y Cirugías del Crystax en 1989. LOCS II introduce una escala numérica más amplia y categorías adicionales para una clasificación más precisa de la localización e intensidad de la opacidad del cristalino. El Sistema LOCS II clasifica las cataratas en tres partes principales: nuclear, cortical y subcapsular posterior. Cada parte se evalúa por separado en cuatro estándares nucleares, cinco estándares corticales y cuatro estándares

subcapsulares. Además, LOCS II también incluye la clasificación de cataratas nucleares en tipos diferentes como polar, brunesciente entre otro.⁽⁴⁾

El LOCS III establece grados intermedios con respecto a LOCS I y LOCS II; aumentando la escala de opacidades nucleares, y evaluando grados más precoces de catarata subcapsular, con una escala decimal que define el tipo y grado de la catarata. El sistema de clasificación de opacidades del cristalino (LOCS III) fue desarrollado en 1993 por Chylack y otros adaptada del LOCS II. Este sistema contiene seis imágenes de lámpara de hendidura que gradúan el color del núcleo (NC) y la opalescencia nuclear (NO) de las cataratas nucleares; y cinco imágenes por retroiluminación para graduar las cataratas corticales (C) y subcapsulares posteriores (P). Para la graduación de la catarata se utiliza un sistema de escala decimal, esta escala fue originalmente desarrollada con el uso de imágenes fotográficas, pero también puede ser utilizada para graduar cataratas en tiempo real en la lámpara de hendidura.^(5,6,7)

El *Oxford Clinical Cataract and Grading System* (OCCGS) lo desarrolló el equipo de investigación liderado por el Doctor David Spalton del Hospital John Radcliffe en Oxford, Reino Unido. El sistema fue introducido en 1995 y ha sido revisado y actualizado desde entonces. El OCCGS utiliza una clasificación mixta basada en componentes y características de la catarata, lo que proporciona una evaluación más precisa y completa de esta. Es un sistema completo que evalúa la densidad del núcleo y la opacidad cortical además de la localización del epitelio y la opacidad subcapsular posterior. También proporciona una evaluación de la cápsula anterior y del ángulo de la cámara anterior.⁽⁸⁾

En el 2001 surge el *Age-Related Eye Disease Study* (AREDS), que tiene en consideración imágenes que se obtienen por lámpara de hendidura y retroiluminación. Lo novedoso es que diferencia las opacidades nucleares con escala numérica más amplia que va desde el de 0,9 al 7,1.⁽⁹⁾

Barraquer en el 2007 desarrolla su propia clasificación, parecida al LOCS III y la denomina BCN10. Esta clasificación se basa en tres componentes para realizar la descripción clínica: Nuclear (N), Cortical (C) y Subcapsular Posterior (SCP). Si bien se basa en tres componentes, cada uno debe ser evaluado por separado, evitando así la posible influencia de opacidades vecinas. Luego se informa N#, C#+, SCP#+,

correspondiente el signo # al grado que le corresponde. El examen del núcleo lenticular es de mayor importancia en la práctica clínica por su relación directa con el grado de dificultad del procedimiento quirúrgico. La escala decimal es lo suficientemente amplia como para adaptarse a cualquier situación. Desde los núcleos aspirables sin necesidad de energía ultrasónica hasta la dureza extrema.⁽¹⁰⁾

La clasificación del componente N se basa en una combinación de la densidad óptica y la densidad nuclear. Los intervalos los escogieron en espacios equidistantes desde la transparencia hasta la catarata nigra. En la escala de colores la N1 (azulado), N2 (azul grisáceo), N3 (gris verdoso), N4 (verde amarillento), N5 (amarillo verdoso), N6 (amarillo anaranjado), N7 (anaranjado), N8 (rojizo anaranjado), N9 (marrón rojizo) y N10 (castaño oscuro u negro).⁽¹⁰⁾

Se aprecia que el N0 corresponde al cristalino infantil totalmente transparente. N1 es el núcleo normal del adulto hacia la cuarta o quinta década, aspirable sin energía ultrasónica, mientras N2 ya requiere cierto grado de energía, pero sin necesidad de división nuclear. A partir del N3 se hacen divisiones en dos hemisferios que pueden abordarse enteros o, progresivamente, requieren subdivisión en 4 (N4), 6 (N5), 8 (N6) o más sectores. A partir de N7 y sobre todo de N8, es útil el surco en cruz u otras técnicas de división previa, así como un número mayor de sectores.⁽¹⁰⁾

Los componentes C y SCP tienen interés descriptivo pero menor incidencia en la práctica quirúrgica. Por ello basta una simple escala de 0+ a 3+, es decir, ausente, leve, moderada y alta. El grado C3+ implica un córtex opaco en toda su extensión, es decir, una catarata madura. SCP 3+ corresponde a opacidad densa y difusa en toda el área subcapsular.⁽¹¹⁾

Estos métodos de clasificación que se basan en la biomicroscopía con lámpara de hendidura permiten enfocar una sola imagen, la cápsula anterior o posterior, dejando el resto del cristalino desenfocado. Esto constituye una de las mayores limitantes de estas clasificaciones subjetivas. Estos métodos, aunque simples, son cualitativos e influenciados por la percepción y experiencia del oftalmólogo. Así como por la configuración de la lámpara de hendidura. Debido a estos y otros factores, el gremio médico ha dirigido las investigaciones a métodos objetivos de la clasificación de la opacidad del cristalino.⁽¹⁰⁾

La forma objetiva de clasificar el grado de opacidad del cristalino es mediante la obtención de imágenes. Una de las variantes que se usa es la tomografía de coherencia óptica (OCT, del inglés *Optical Coherence Tomography*). Esta es muy útil en oftalmología debido a la facilidad con la que la luz alcanza las estructuras oculares de las cámaras, tanto anterior como posterior. Además, mediante esta técnica la luz incide directamente sobre el tejido, sin la necesidad de usar un transductor.⁽⁹⁾

Brown en 1972 fue el primero en fotografiar las cataratas por el sistema de fotografía de Scheimpflug, y luego Hockwin en 1979. A partir de esos estudios fueron creados otros sistemas como el Oxford Scheimpflug System, Topcon SL-45, la video cámara Zeiss Scheimpflug, el Nidek EAS-1000 y por último el Pentacam. Este sistema es nombrado así en honor al capitán Theodore Scheimpflug quien patentó esta técnica en Viena en 1904 para ser usada como fotografía aérea militar.^(9,12)

En 2003, esta tecnología brinda la posibilidad de evaluar la densidad del cristalino. Con solo mover el *mouse*, se puede evaluar cada capa del lente. El dispositivo puede adquirir imágenes de áreas muy finamente enfocadas desde la cápsula anterior a la posterior. Permite analizar la densidad en diferentes puntos hasta en cientos de radios.^(10,13)

La densidad del cristalino se calcula midiendo la transmitancia de este y se le asigna una graduación que puede ir de 0 a 100 %. La transmitancia es una medida que indica la cantidad de luz que pasa a través de un medio, objeto o sustancia. Se expresa como la relación entre la intensidad de la luz que pasa a través del objeto y la intensidad de la luz incidente sobre él. Un objeto diáfano dejaría pasar absolutamente toda la luz, la transmitancia en este caso es del 100 % y la absorbancia de 0 %. La densidad relativa es una relación entre los niveles de grises y los niveles observados de grises, asumiendo que puede haber un máximo de 256 niveles de gris.⁽¹⁰⁾

Pentacam Nucleus Staging (PNS) es el *software* recientemente lanzado del Sistema Scheimpflug Pentacam giratorio, que, según sus fabricantes, proporciona mediciones exactas y precisas de la densidad del cristalino. Esto se origina gracias a capacidades del *software* como la generación de una puntuación de clasificación

de cataratas nucleares en cinco etapas a partir de una densidad máxima y otra promedio.⁽¹³⁾

La densitometría del cristalino medida en el Pentacam se condiciona por los niveles variables de la opacidad de la córnea, la iluminación fotográfica incorrecta y la dilatación pupilar insuficiente. El procesamiento y análisis de las imágenes requieren mucho tiempo y es muy costoso en comparación con otras alternativas.⁽¹³⁾

El procesamiento de imágenes con Image J puede considerarse un método de clasificación objetivo. Image J es un *software*, desarrollado en el entorno de ejecución Java por el National Institutes of Health (NIH) de los Estados Unidos de América, ampliamente utilizado en los campos de la ciencia y la investigación. Este programa ofrece muchas funciones de análisis de imágenes, incluidas herramientas para medir áreas, contar objetos, realizar análisis de densidad y más. Además, Image J es altamente personalizable, lo que permite a los usuarios adaptar el programa a sus necesidades específicas.⁽¹⁴⁾

En la investigación científica, Image J se ha transformado en una herramienta invaluable para el análisis de imágenes en campos como la biología, la medicina, la geología, la ingeniería entre otras. Su capacidad para realizar mediciones precisas y repetibles ha contribuido significativamente al desarrollo del conocimiento en estos campos. También se ha documentado su uso en la evaluación de imágenes oftálmicas.^(3,15)

Además, Image J es una herramienta de código abierto, lo que significa que su desarrollo y mejoras están en constante evolución gracias a las contribuciones de la comunidad de usuarios y desarrolladores. Esto garantiza que el *software* se mantenga actualizado y útil en un entorno tecnológico en constante cambio.⁽³⁾

Así como los sistemas de clasificación se perfeccionan, la tecnología, especialmente de sistemas, también lo hace. El desarrollo y la innovación científica en la actualidad se dirigen a la evolución de la inteligencia artificial (IA). La IA es un término acuñado por John McCarthy en 1955. Morales⁽³⁾ en su artículo la define como “la ciencia y la ingeniería de hacer máquinas inteligentes”. Este último término hace alusión a dotar a las máquinas con habilidades que son específicas del ser humano, como es el aprender.

Los métodos de la IA se desarrollan aplicando conocimientos técnicos, también denominados conocimientos algorítmicos, para procesar la información, lo que lleva a producir algoritmos informáticos rápidos e inteligentes. Entre estos métodos se encuentran el aprendizaje automático (del inglés, *machine learning*), el aprendizaje profundo (del inglés, *deep learning*), la visión por ordenador, el *big data* y la red neuronal convolucional.⁽³⁾

El uso de la IA en oftalmología ha demostrado ser una herramienta prometedora y revolucionaria en el campo de la atención ocular. Para la clasificación de la opacidad del cristalino mediado por la inteligencia artificial se encuentran varios estudios. *Zhang* y otros (2019)⁽¹⁶⁾ diseñaron un método automático para determinar el grado de catarata basado en el aprendizaje profundo. Empezaron proponiendo un sistema de clasificación de seis grados, basado en la imagen del fondo de ojo. En su desarrollo, utilizaron un sistema de extracción de múltiples funciones y conjunto de modelos. Para la extracción y caracterización aplicaron una red residual. Una vez terminada la configuración, adoptaron un algoritmo de apilamiento. Luego, usaron dos máquinas de vectores de soporte que se utilizan como aprendices básicos, y se articulan en el metaaprendizaje de las capas interconectadas, para que se pueda dar interpretación al tipo de catarata.⁽¹⁶⁾

Ñuflo⁽¹⁷⁾ en su estudio hace alusión al estudio de *Hu* y otros (2020).⁽¹⁷⁾ Los autores evalúan un algoritmo automatizado de clasificación y detección de cataratas nucleares utilizando imágenes oculares capturadas por una lámpara de hendidura basada en teléfonos inteligentes. La función del algoritmo es detectar automáticamente la gravedad de las cataratas en términos de la apariencia fotométrica de la región nuclear del cristalino. Posteriormente, se utilizó la combinación de una red de aprendizaje profundo, *ShuffleNet*, y un clasificador de máquina de vectores de soporte (SVM, del inglés *Support Vector Machine*) para graduar la gravedad de las cataratas, evaluando las características de la región nuclear.⁽¹⁷⁾

Zhou y otros (2020)⁽¹⁸⁾ desarrollaron un sistema de clasificación de catarata a través de redes neuronales de aprendizaje profundo. Teniendo en cuenta que la catarata genera una imagen borrosa del fondo de ojo, dividieron la imagen original en 4 x 4 subáreas de superposición, eliminaron las imágenes de la esquina por

considerarlas de poco valor de análisis y su probabilidad de error, se quedaron finalmente 12 imágenes útiles, en tres tamaños diferentes. Así la red puede definir el grado promediando las 12 subáreas de una sola imagen.⁽¹⁸⁾

En la actualidad en el Instituto Cubano de Oftalmología Ramón Pando Ferrer se está desarrollando un programa de diseño propio. Se basa en el entrenamiento de una red neuronal. Con la finalidad de lograr que al introducir la imagen del OCT de segmento anterior del IOL Máster 700 esta sea capaz por sí sola de determinar la región de interés que se corresponde al núcleo del cristalino. Una vez concluido el programa presentará como funcionalidad que al introducir las imágenes del OCT de segmento anterior del IOL Máster 700 de un paciente se pueda obtener de manera automática el índice densitométrico de la opacidad nuclear del cristalino. Al analizar la evolución de los métodos de clasificación de opacidad del cristalino permite obtener como conclusión que la clasificación de la catarata debe de realizarse de manera integral, teniendo en cuenta la información que nos aportan los métodos de clasificación subjetivos y objetivos como uno solo. No como métodos que nos pueden aportar información por separado, sino como métodos que vienen a complementarse para conformar un todo único de información, y así permitir una atención individualizada del paciente.

Referencias bibliográficas

1. Khazaeni LM. Cataratas. Manual MSD. Versión para profesionales. Estados Unidos: MSD; 2022 [acceso 20/01/2014]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es/professional/trastornos-oft%C3%A1lmos/cataratas/cataratas>
2. Riccardi Palacios JG, Paliz Sánchez CR, Robles Campoverde DA. La catarata como dolencia oftalmológica progresiva o degenerativa. Univ Cienc Tec. 2022;26(115):135-145. DOI: [10.47460/uct.v26i115.627](https://doi.org/10.47460/uct.v26i115.627)
3. Morales J. La inteligencia artificial en la investigación científica. Health Care and Global Health. 2023;7(1). DOI: [10.22258/hgh.2023.71.147](https://doi.org/10.22258/hgh.2023.71.147)
4. Franja Ocular. Clasificación de la catarata a través de redes neuronales avanzadas. 2023 [acceso 01/04/2024]. Disponible en:

<https://franjaocular.com/clasificacion-de-la-catarata-a-traves-de-redes-neuronales-avanzadas/>

5. García González FR, Novoa Sánchez E, Pérez Gómez D, González Vargas P. La coloración, la consistencia y la opacidad nuclear en la facoemulsificación de la catarata senil. *Acta Médica*. 2021 [acceso 31/03/2024];22(1):e138. Disponible en: <https://revactamedica.sld.cu/index.php/act/article/view/138>

6. Llantada Soto FE. Correlación entre densidad de catarata medida por LOCS III y facodinamia [tesis]. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México; 2013 [acceso 31/03/2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000698470>

7. Gali HE, Sella R, Afshari NA. Cataract grading systems: a review of past and present. *Curr Opin Ophthalmol*. 2019;30(1):13-18. DOI: [10.1097/ICU.0000000000000542](https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000542)

8. Chylack LT. Sistema de clasificación de opacidades de lentes II (LOCS II). *Archivos de Oftalmología*. 1989;107(7):991. DOI: [10.1001/archophth.1989.01070020053028](https://doi.org/10.1001/archophth.1989.01070020053028)

9. Veitía Roviroza ZA, Cerna Garnica A, López Hernández I, Bauza Fortunato Y, Pérez Candelaria E, Rodríguez Suárez B. Utilidad del sistema Scheimpflug por Pentacam para la cuantificación de la opacidad de cápsula posterior en pacientes pseudofáquicos con aceite de silicona. *Rev Cubana Oftalmol*. 2016 [acceso 31/03/2024];29(3):444-64. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21762016000300007&lng=es

10. Bernal-Reyes N, Hormigó-Puertas I, Arias-Díaz A. Correlación de la densidad del cristalino medida por imágenes de Scheimpflug y parámetros fotodinámicos en la optimización de la facoemulsificación. *Rev Mex Oftalmol*. 2014;88(1):32-8. DOI: [10.1016/j.mexoft.2014.04.005](https://doi.org/10.1016/j.mexoft.2014.04.005)

11. Barraquer RI, Pinilla Cortés L, Allende MJ, Montenegro GA, Ivankovic B, D'Antin JC, et al. Validation of the Nuclear Cataract Grading System BCN 10. *Ophthalmic Research*. 2017 [acceso 24/03/2024];57(4):247-51. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/FullText/456720>

12. Macías Rule AA. Correlación entre el Sistema de Clasificación de Opacidades del Cristalino LOCS III y la densitometría del cristalino medida con cámara rotatoria Scheimpflug [tesis]. [México, D.F]: Universidad Nacional Autónoma de México; 2011 [acceso 24/03/2024]. Disponible en: <https://es.studenta.com/content/111399100/correlacion-entreel-sistema-de-clasificacion-de-opacidades-del-cristalino-locs->
13. Grewal DS, Brar GS, Grewal SP. Correlation of nuclear cataract lens density using Scheimpflug images with Lens Opacities Classification System III and visual function. *Ophthalmology*. 2009;116(8):1436-43. DOI: [10.1016/j.ophtha.2009.03.002](https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.03.002)
14. Sánchez Valenciano D. Análisis del software Image J para el análisis científico de imágenes. Madrid: E.T.S.I y Sistemas de Telecomunicación (UPM); 2014 [acceso 25/01/2024]. Disponible en: <https://oa.upm.es/33069/>
15. Na Kim Y, Hyoung Park J, Tchah H. Quantitative Analysis of Lens Nuclear Density using Optical Coherence Tomography (OCT) with a Liquid Optics Interface: Correlation between OCT Images and LOCS III grading. *Journal of Ophthalmology*. 2016;2016:5. DOI: [10.1155/2016/3025413](https://doi.org/10.1155/2016/3025413)
16. Zhang H, He Z. Automatic cataract grading methods based on deep learning. *Comput Methods Programs Biomed*. 2019;182:104978. DOI: [10.1076/j.cmpb.2019.07.006](https://doi.org/10.1076/j.cmpb.2019.07.006)
17. Ñuflo I, Mecca F. Sistema para diagnosticar la catarata mediante el uso de redes neuronales convolucionales [tesis]. [Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Software; 2022 [acceso 24/03/2024]. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/18348/%C3%91uflo_gi.pdf?sequence=3
18. Zhou Y, Li G, Li H. Automatic Cataract Classification using Deep Neural Network with discrete state transition. *Trans Med Imaging*. 2020;39(2):436-46. DOI: [10.1109/TMI.2019.2928229](https://doi.org/10.1109/TMI.2019.2928229)

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.