

Cálculo neuro-óptico del lente intraocular como innovación en Educación Médica Superior

Neuro-optical intraocular lens calculation as an innovation in Higher Medical Education

Cálculo neuro-óptico da lente intraocular como inovação no Ensino Médico Superior

AUTORES:

Yasmari Moreno Carbonell

Licenciada en Tecnología de la Salud, Especialidad Optometría y Óptica. Hospital Docente Pediátrico Dr. Antonio María Beguez César. Santiago de Cuba, Cuba. Maestrante en el Programa de Investigación Educativa de la Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

canyaman.0374@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0008-9184-2620>

Jorge Mesa Vázquez

Doctor en Ciencias Pedagógicas. Profesor Titular e Investigador de la Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

jorge.mesa@uo.edu.cu

<https://orcid.org/0000-0001-7457-5323>

Mayelin Heredia Vega

Doctora en Ciencias. Profesor Titular e Investigador de la Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

mherediav@uo.edu.cu

<https://orcid.org/0000-0002-1471-1861>

Fecha de recepción: 2025-01-28

Fecha de aceptación: 2025-03-20

Fecha de publicación: 2025-04-24



RESUMEN

La cirugía de cataratas constituye uno de los procedimientos quirúrgicos más frecuentes en los sistemas de salud contemporáneos y representa un desafío permanente para la formación y actualización de los profesionales de la salud visual. El éxito de esta intervención depende, en gran medida, del cálculo preciso del lente intraocular (LIO), tradicionalmente sustentado en parámetros biométricos y fórmulas | está condicionada también por procesos neuro perceptuales, de adaptación cortical y de integración binocular que suelen estar subrepresentados en la formación médica convencional. El presente artículo propone un enfoque neuro-óptico para el cálculo del LIO, integrando biometría ocular, neurociencia visual y educación médica, como una innovación relevante para la Educación Superior y la Educación para la Salud. Desde una metodología de revisión analítica y reflexión teórico-práctica, se examinan las implicaciones de este enfoque en la optimización de la visión funcional, la satisfacción del paciente y la calidad de la práctica clínica. Asimismo, se discute su potencial incorporación como contenido formativo transversal en programas de pregrado, posgrado y educación médica continua en oftalmología y optometría. Se concluye que la articulación entre ciencia biomédica, neurociencia y pedagogía favorece una atención más personalizada, ética y centrada en la calidad de vida del paciente.

Palabras clave: educación para la salud; cirugía de cataratas; neurociencia visual; formación profesional.

ABSTRACT

Cataract surgery is one of the most frequently performed surgical procedures in contemporary healthcare systems and represents an ongoing challenge for the training and continuous updating of visual health professionals. The success of this intervention largely depends on accurate intraocular lens (IOL) calculation, traditionally based on biometric parameters and standardized optical formulas. However, postoperative visual experience is also conditioned by neuroperceptual processes, cortical adaptation, and binocular integration, which are often underrepresented in conventional medical training. This article proposes a neuro-optical approach to IOL calculation, integrating ocular biometry, visual neuroscience, and medical education as a relevant innovation for Higher Education and Health Education. Using an analytical review and theoretical-practical reflection methodology, the implications of this approach for optimizing functional vision, patient satisfaction, and quality of clinical practice are examined. Its potential incorporation as a transversal training component in undergraduate, postgraduate, and continuing medical education programs in ophthalmology and optometry is also discussed. It is concluded that articulating biomedical science, neuroscience, and pedagogy promotes more personalized, ethical, and quality-of-life-centered patient care.

Keywords: health education; cataract surgery; intraocular lens; visual neuroscience; professional training.

RESUMO

A cirurgia de catarata é um dos procedimentos cirúrgicos mais frequentes nos sistemas de saúde contemporâneos e representa um desafio constante para a formação e educação continuada de profissionais da saúde ocular. O sucesso dessa intervenção depende, em grande parte, do cálculo preciso da lente intraocular (LIO), tradicionalmente

baseado en parámetros biométricos e fórmulas ópticas padronizadas. No entanto, a experiência visual pós-operatória também é condicionada por processos neuro perceptivos, adaptação cortical e integração binocular, que muitas vezes são sub-representações na formação médica convencional. Este artigo propõe uma abordagem neuro-óptica para o cálculo da LIO, integrando biometria ocular, neurociência visual e educação médica, como uma inovação relevante para o Ensino Superior e a Educação em Saúde. Utilizando uma metodologia de revisão analítica e reflexão teórico-prática, as implicações dessa abordagem são examinadas para a otimização da visão funcional, a satisfação do paciente e a qualidade da prática clínica. Além disso, discute-se seu potencial incorporação como conteúdo de treinamento transversal em programas de graduação, pós-graduação e educação médica continuada em oftalmologia e optometria. Conclui-se que a integração da ciência biomédica, da neurociência e da pedagogia promove um cuidado mais personalizado e ético, focado na qualidade de vida do paciente.

Palavras-chave: educação em saúde; cirurgia de catarata; lente intraocular; neurociência visual; formação profissional.

Fecha de recepción: 2025-01-28

Fecha de aceptación: 2025-03-20

Fecha de publicación: 2025-04-24

1. INTRODUCCIÓN

Desde la perspectiva de la Educación para la Salud y la Educación Superior, la cirugía de cataratas no puede entenderse únicamente como un procedimiento técnico-quirúrgico, sino como el resultado de un proceso formativo complejo que articula conocimientos científicos, competencias clínicas, habilidades perceptuales y toma de decisiones éticas. En este sentido, la formación del oftalmólogo y del profesional de la salud visual exige enfoques pedagógicos innovadores que integren los avances de la neurociencia con la práctica clínica, favoreciendo una atención centrada en la funcionalidad visual, la satisfacción del paciente y la mejora sostenida de la calidad de vida.

La neurociencia constituye el campo científico dedicado al estudio del sistema nervioso, particularmente del cerebro, y de su influencia en el comportamiento humano y las funciones cognitivas. A través de disciplinas como la neurobiología, la psicología y la neuropsicología, la neurociencia ha permitido comprender con mayor profundidad los procesos de aprendizaje, memoria, atención y emoción, aportando bases sólidas para la transformación de los modelos educativos contemporáneos. En las últimas décadas, la relación entre neurociencia y educación ha cobrado especial relevancia, al ofrecer evidencias que permiten diseñar metodologías de enseñanza más eficaces, contextualizadas y adaptadas a las características individuales de los estudiantes.

En América Latina, el interés por la neurociencia aplicada a la educación ha crecido de manera sostenida, impulsado por la necesidad de mejorar los procesos

de enseñanza-aprendizaje en sistemas educativos marcados por desigualdades estructurales. No obstante, la incorporación de este enfoque enfrenta tensiones significativas entre la evidencia científica disponible y las realidades socioeducativas de la región. Cuando la neurociencia se articula con enfoques pedagógicos críticos y con las condiciones socioculturales específicas, puede convertirse en un eje de innovación educativa; sin embargo, su aplicación aislada o tecnocrática corre el riesgo de simplificar los procesos educativos y reproducir inequidades existentes. En consecuencia, los fundamentos de la neuroeducación se sostienen en la integración equilibrada entre ciencia, pedagogía y contexto social, orientando el análisis hacia los aportes concretos de la neurociencia en la comprensión del aprendizaje y los desafíos asociados a su implementación en contextos educativos diversos.

El desarrollo histórico de la oftalmología en Cuba ha estado marcado por un proceso sostenido de institucionalización, formación profesional y compromiso social con la salud visual de la población. Este recorrido ha permitido consolidar una tradición científica y asistencial que ha priorizado la atención integral, la prevención de la ceguera evitable y la capacitación permanente de los profesionales de la salud visual. El fortalecimiento de la formación médica y la incorporación progresiva de avances tecnológicos y metodológicos en oftalmología constituyen elementos distintivos de este proceso, que sirven de base para comprender la pertinencia de propuestas formativas innovadoras en el contexto cubano actual (Santiesteban, 2015).

En el ámbito sanitario, la salud en Cuba representa un fenómeno de elevada relevancia y complejidad, atravesado por dimensiones históricas, sociales, económicas y políticas. El sistema de salud cubano se caracteriza por un enfoque basado en la atención primaria y la prevención continua de las enfermedades, sustentando un modelo de atención integral orientado no solo al tratamiento, sino también a la promoción del bienestar general de la población. Este enfoque se refleja en la formación de médicos y profesionales de la salud altamente capacitados, así como en la implementación de programas que responden a necesidades específicas de salud pública.

Desde la perspectiva de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el sistema de salud cubano evidencia avances significativos y desafíos persistentes, particularmente en lo referido a garantizar el acceso universal, reducir desigualdades y fortalecer la prevención. Las crecientes demandas sociales imponen nuevas transformaciones y procesos de adaptación que exigen sistemas de salud equitativos, resilientes y capaces de responder a necesidades cambiantes, lo que implica elevar de manera constante la calidad y superación profesional de los especialistas.

En este contexto, la discapacidad visual constituye un problema de salud pública de alcance global. De acuerdo con informes de la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente 1 000 millones de personas presentan algún grado de

deterioro visual o ceguera, siendo las cataratas la principal causa, con alrededor de 94 millones de casos. Esta carga no se distribuye de manera uniforme en América Latina y el Caribe, donde se estima que por cada millón de habitantes existen alrededor de 5 000 personas ciegas y 20 000 con discapacidad visual, de las cuales al menos dos tercios corresponden a causas tratables como la catarata.

La discapacidad visual impacta de manera directa la calidad de vida, el aprendizaje y la productividad laboral, constituyéndose en un factor que profundiza las desigualdades sociales y económicas. Diversos estudios publicados en la Revista Cubana de Oftalmología señalan que las limitaciones en el acceso a la atención sanitaria, junto con diferencias en hábitos de vida y condiciones socioeconómicas, influyen de forma significativa en la prevalencia y las consecuencias de las afecciones visuales. En este sentido, la lucha contra la discapacidad visual se reconoce como un componente esencial en las estrategias globales para la reducción de la pobreza.

La catarata, definida como la opacidad del cristalino del ojo, constituye la primera causa de ceguera curable a nivel mundial y en Cuba. Aunque frecuentemente asociada al envejecimiento, puede presentarse en diferentes etapas de la vida. Se estima que más de 36 millones de personas son ciegas en el mundo, y más de 12 millones de estos casos se atribuyen a cataratas, con proyecciones de incremento en los próximos años. En respuesta a esta problemática, Cuba ha experimentado un aumento progresivo y significativo en la cirugía de cataratas, superando la tasa ideal propuesta por la OMS de 3 000 cirugías por millón de habitantes anuales.

La neurociencia aplicada a la oftalmología se concreta principalmente a través de la neuro-oftalmología, subespecialidad situada en la intersección entre la neurología y la oftalmología, que estudia cómo el cerebro y los ojos interactúan para producir la visión. Desde esta perspectiva, el ojo actúa como órgano receptor de la luz, mientras que el cerebro se encarga de interpretar, integrar y dotar de significado a la información visual. Este enfoque resulta especialmente relevante en el cálculo del lente intraocular (LIO), donde la precisión biométrica debe complementarse con la comprensión del procesamiento visual cortical, la adaptación neuronal y las preferencias perceptuales del paciente.

Entre las aplicaciones prácticas de este enfoque destacan la integración de la biometría ocular con perfiles neuro perceptuales para personalizar la cirugía de cataratas, la rehabilitación visual basada en principios de neuro plasticidad y la formación médica de oftalmólogos en neurociencia aplicada para la interpretación de síntomas visuales complejos. En este marco, el objetivo del presente estudio es proponer un marco neuro-óptico para el cálculo del lente intraocular en cirugía de cataratas, incorporando variables de procesamiento visual cortical, adaptación neuronal y preferencias perceptuales, como complemento a la biometría y las fórmulas ópticas estándar.

La pertinencia del estudio se fundamenta en el encargo social asignado a los especialistas en oftalmología de elevar la calidad y cultura profesional en el cálculo del LIO, incorporando herramientas tecnológicas actualizadas y enfoques formativos innovadores que garanticen resultados óptimos y eficaces. Para ello, se realizó una revisión de la literatura científica reciente, considerando artículos originales, revisiones sistemáticas y conferencias publicadas entre 2015 y 2025 en inglés y español, y se analizaron comparativamente enfoques de cálculo estándar y neuro-óptico, atendiendo a variables clínicas, funcionales y perceptuales.

2. EDUCACIÓN PARA LA SALUD Y FORMACIÓN EN OFTALMOLOGÍA

La Educación para la Salud, entendida como un proceso permanente y socialmente situado, ha sido históricamente concebida como una responsabilidad colectiva. En este sentido, las ideas pedagógicas de Enrique José Varona (1842–1933) conservan plena vigencia al afirmar que “en la sociedad todo educa y todos educamos”, subrayando el carácter transversal y formativo de toda práctica social. De manera complementaria, José Martí (1853–1895) reconocía la educación como un acto profundamente humano y transformador al expresar que “educar es crear, es amar y enseñar a amar (...) es preparar al hombre para la vida”. Estas concepciones fundacionales permiten comprender la formación en salud no solo como transmisión de conocimientos técnicos, sino como un proceso integral orientado al desarrollo ético, científico y social del profesional.

Desde esta perspectiva, la formación del oftalmólogo y del profesional de la salud visual se inscribe en un marco educativo que articula ciencia, humanismo y compromiso social. La Educación para la Salud contemporánea promueve modelos de atención preventiva, personalizada y basada en la evidencia, en los que la toma de decisiones clínicas se sustenta tanto en el dominio técnico como en la comprensión de las necesidades, expectativas y experiencias del paciente. En este contexto, la integración de la neurociencia en la formación de los profesionales de la salud visual se presenta como una vía pertinente para enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje y fortalecer la calidad de la atención oftalmológica.

La neurociencia aporta fundamentos esenciales para comprender cómo el sistema visual no se limita al funcionamiento óptico del ojo, sino que involucra complejos procesos de procesamiento cerebral, neuro plasticidad y adaptación perceptual. La incorporación de estos conocimientos en la educación médica superior permite establecer puentes entre la teoría biométrica y la experiencia visual subjetiva del paciente. Desde esta lógica, el cálculo neuro-óptico del lente intraocular (LIO) se configura como una herramienta pedagógica relevante, al favorecer un aprendizaje significativo que integra mediciones objetivas con la comprensión del procesamiento visual cortical y las preferencias funcionales individuales.

La cirugía de cataratas constituye uno de los procedimientos quirúrgicos más frecuentes y exitosos en oftalmología; sin embargo, su éxito depende de manera

crítica del cálculo preciso del LIO. A diferencia de la corrección óptica mediante gafas, el lente intraocular se implanta una sola vez, sustituyendo de forma permanente al cristalino natural, lo que exige un alto nivel de exactitud en la determinación de su potencia. Un cálculo inadecuado puede comprometer la visión postoperatoria, generar insatisfacción en el paciente y requerir intervenciones adicionales, tratándose de un error en gran medida prevenible mediante una formación rigurosa y actualizada.

En este sentido, la inclusión sistemática de contenidos de neurociencia visual aplicada en los planes de estudio de la educación médica superior contribuiría al fortalecimiento de competencias transversales clave, tales como la toma de decisiones clínicas fundamentadas, el razonamiento crítico, la comunicación efectiva con el paciente y la adecuada gestión de expectativas postoperatorias. Asimismo, este enfoque favorece una visión interdisciplinaria coherente con los modelos educativos actuales, en los que la salud es concebida como un fenómeno biopsicosocial y educativo, y no exclusivamente biomédico.

La articulación entre Educación para la Salud, neurociencia y oftalmología permite, por tanto, avanzar hacia una formación profesional más integral, humanista y contextualizada. Desde esta perspectiva, el cálculo neuro-óptico del LIO no solo representa un avance técnico-clínico, sino también una oportunidad formativa que responde a los desafíos contemporáneos de la educación médica superior y a las demandas sociales de una atención en salud visual de mayor calidad y pertinencia.

3. EL CÁLCULO DEL LENTE INTRAOCULAR COMO CONTENIDO ESTRATÉGICO EN LA EDUCACIÓN MÉDICA SUPERIOR

La formación optométrica y oftalmológica en cirugía ocular ha destacado históricamente la importancia de una actuación profesional rigurosa, basada en el dominio de los principios ópticos, biométricos y clínicos que intervienen en la toma de decisiones terapéuticas. En este sentido, los enfoques formativos orientados a la actuación optométrica en cirugía ocular subrayan la necesidad de integrar conocimientos técnicos con competencias clínicas y comunicativas, favoreciendo una comprensión más amplia del impacto funcional de las intervenciones visuales. Esta perspectiva resulta especialmente relevante en el cálculo del lente intraocular, donde la precisión técnica debe articularse con la evaluación integral del paciente y sus demandas visuales (Polo & Ares, 2016).

El cálculo del lente intraocular (LIO) constituye un contenido nuclear en la formación de pregrado, posgrado y educación médica continua en oftalmología y optometría. No obstante, los programas formativos suelen enfatizar predominantemente el dominio de fórmulas biométricas y parámetros ópticos, relegando el análisis de los procesos neuro perceptuales que condicionan la experiencia visual postoperatoria. Esta aproximación parcial limita la comprensión integral del acto quirúrgico y reduce las posibilidades de optimizar la visión funcional desde una perspectiva centrada en el paciente.

La incorporación de un enfoque neuro-óptico en la enseñanza universitaria permite ampliar la comprensión del cálculo del LIO, promoviendo profesionales con mayor capacidad crítica, reflexiva y adaptativa frente a la diversidad de respuestas visuales de los pacientes. Desde esta perspectiva, el cálculo del LIO deja de concebirse exclusivamente como un ejercicio matemático para convertirse en un proceso de toma de decisiones clínicas complejas, en el que convergen variables biométricas, neurofisiológicas y perceptuales.

Las fórmulas de cálculo del LIO han evolucionado progresivamente, desde las de primera hasta las de cuarta generación, sustentadas en mediciones biométricas cada vez más precisas y en modelos avanzados de estimación de la posición efectiva del lente y la queratometría. Estos avances han permitido reducir de manera significativa los errores refractivos postoperatorios. Sin embargo, el desempeño visual funcional posterior a la cirugía no depende únicamente de la exactitud óptica, sino también de la neurofisiología de la visión, que involucra la sensibilidad al contraste, la adaptación a aberraciones ópticas, la integración binocular y las expectativas perceptuales del paciente.

4. MARCO NEURO-ÓPTICO PARA EL CÁLCULO DEL LIO

La evolución histórica del cálculo y la implantación del lente intraocular ha estado estrechamente vinculada al desarrollo de la oftalmología moderna y al perfeccionamiento progresivo de los procedimientos quirúrgicos en cirugía de cataratas. Desde las primeras experiencias de implantación hasta la consolidación de técnicas y fórmulas de cálculo más precisas, diversos autores han documentado los avances conceptuales y técnicos que han permitido mejorar los resultados visuales y reducir complicaciones postoperatorias. En este proceso, el estudio de la implantación de lentes intraoculares y de los principios generales que sustentan su cálculo ha sido fundamental para comprender la necesidad de una formación rigurosa y sistemática de los profesionales de la salud visual, sentando las bases para la incorporación de enfoques más integradores y actualizados en la práctica clínica y educativa (Balbona & Balbona, 2003; Segovia, 2016).

Entre los fundamentos ópticos y neurocientíficos relevantes para el cálculo del lente intraocular se encuentran variables clásicas como la longitud axial, la queratometría, la profundidad de la cámara anterior y la estimación de la posición efectiva del lente. Las fórmulas modernas integran estas variables con mayor robustez, apoyadas en biometría de alta resolución; no obstante, estos parámetros deben complementarse con principios neurocientíficos que expliquen cómo el sistema visual procesa y adapta la información óptica implantada.

La precisión en la biometría ocular constituye un factor determinante en el cálculo adecuado del lente intraocular y en la obtención de resultados visuales satisfactorios tras la cirugía de cataratas. Estudios desarrollados en el contexto cubano han analizado la efectividad de distintas técnicas biométricas, destacando la relevancia de procedimientos que minimicen errores de medición y mejoren la

exactitud del poder dióptrico calculado. Estos aportes refuerzan la necesidad de una formación sólida en biometría ocular y de la incorporación de criterios técnicos rigurosos como parte de los procesos formativos y clínicos vinculados al cálculo del LIO (Vidal del Castillo, s. f.).

Desde la neurociencia visual, la codificación y sensibilidad al contraste desempeñan un papel central en la calidad percibida de la imagen. Esta no depende exclusivamente de la función de transferencia de modulación (MTF) óptica, sino de la manera en que el sistema visual pondera las frecuencias espaciales y el contraste bajo distintas condiciones de iluminación (fotópicas y mesópicas). En este sentido, pacientes con alta sensibilidad al contraste pueden beneficiarse de objetivos refractivos que minimicen las aberraciones inducidas por determinados diseños de LIO.

Otro principio relevante es el de la predicción y adaptación cortical (*predictive coding*), mediante el cual el cerebro ajusta sus expectativas visuales y se adapta progresivamente al nuevo punto de enfoque y a las aberraciones introducidas por el lente intraocular. Por ejemplo, un objetivo ligeramente miópico en pacientes con alta demanda de visión próxima puede reducir la carga atencional asociada al proceso de adaptación, favoreciendo una experiencia visual más confortable y funcional.

La tolerancia a la anisometropía y la capacidad de integración binocular varían considerablemente entre individuos. Estrategias como la mini-monovisión pueden resultar exitosas en pacientes con buen control atencional y baja susceptibilidad a la diplopía cortical; sin embargo, pueden generar insatisfacción visual en aquellos con baja tolerancia al desequilibrio interocular, lo que refuerza la necesidad de una evaluación neuro perceptual individualizada.

Perfil óptico y biométrico. El marco neuro-óptico propuesto parte de una biometría ocular de alta precisión, que incluya la medición de longitud axial, queratometría media y astigmatismo, profundidad de la cámara anterior y distancia blanco a blanco, calculadas mediante fórmulas de última generación. Asimismo, se enfatiza el control de errores comunes mediante la estandarización del queratómetro, la evaluación de la película lagrimal y la verificación cruzada del eje astigmático, con el fin de evitar fallos frecuentes en el cálculo del LIO.

Evaluación neuro perceptual preoperatoria. Se incorporan pruebas neuro perceptuales breves y fiables orientadas a evaluar la sensibilidad al contraste y la tolerancia al desenfoque mediante curvas subjetivas. Pacientes con baja tolerancia al desenfoque podrían beneficiarse de objetivos emetrópicos o de lentes de profundidad de foco extendida (EDoF) con baja inducción de halos. A ello se suma la valoración de las preferencias funcionales, considerando la demanda visual predominante del paciente —lectura prolongada, conducción nocturna o trabajo con pantallas— y ajustando el objetivo refractivo a la tarea dominante cuando la integración binocular lo permita. Complementariamente, un

cuestionario breve sobre tolerancia a fenómenos fotópicos y estrategias atencionales aporta información relevante para la toma de decisiones clínicas.

Selección del diseño y objetivo del LIO. La selección del diseño del lente intraocular debe realizarse de manera personalizada. Los lentes monofocales emetrópicos resultan preferibles cuando la conducción nocturna y la percepción fina del contraste son prioritarias. La mini-monovisión puede considerarse cuando las pruebas sugieren buena integración binocular, mientras que los lentes EDoF o multifocales constituyen una alternativa válida cuando se prioriza el rango de visión y el perfil neuro perceptual del paciente tolera adecuadamente halos y deslumbramientos.

Educación y entrenamiento perceptual. Desde una perspectiva formativa, la educación y el entrenamiento perceptual son componentes esenciales del enfoque neuro-óptico. La psicoeducación preoperatoria permite establecer expectativas realistas respecto a halos, contraste y periodos de adaptación, mientras que el entrenamiento postoperatorio mediante ejercicios de contraste y fijación puede acelerar los procesos de plasticidad perceptual. Una agenda de seguimiento orientada no solo a la refracción, sino también a la adaptación visual, refuerza la calidad de la atención y la satisfacción del paciente.

Implicaciones para la práctica clínica y la educación médica. En el ámbito clínico, se propone formalizar módulos preoperatorios de evaluación neuro perceptual y planes de adaptación postoperatoria como parte del estándar de atención, sin abandonar la precisión biométrica que sustenta el cálculo del LIO. Dado que el margen de error en la implantación de un lente intraocular es significativamente menor que en la corrección mediante gafas, la toma de decisiones debe ser especialmente cuidadosa y personalizada.

En el ámbito formativo, se recomienda incluir en los manuales y programas de oftalmología una sección específica de neuroeducación visual, que aborde cómo la atención, la sensibilidad al contraste y la adaptación cortical influyen en la satisfacción visual postoperatoria. Esta integración contribuye a la formación de profesionales más competentes, reflexivos y comprometidos con una atención centrada en la funcionalidad visual y la calidad de vida del paciente.

5. IMPLICACIONES PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y LA PRÁCTICA CLÍNICA

La integración de la neurociencia visual en los planes de estudio de la educación médica superior representa una oportunidad estratégica para fortalecer modelos formativos centrados en el desarrollo de competencias profesionales integrales, más allá de la adquisición fragmentada de conocimientos técnicos. Desde una perspectiva pedagógica, este enfoque favorece el desarrollo de habilidades transversales tales como la toma de decisiones fundamentadas, el razonamiento clínico avanzado, la comunicación efectiva con el paciente y la gestión ética de expectativas, competencias ampliamente reconocidas en los marcos

contemporáneos de formación universitaria en ciencias de la salud (Sud et al., 2022; Filipe et al., 2025).

En el ámbito de la Educación Superior, el cálculo del lente intraocular (LIO), abordado desde un enfoque neuro-óptico, se configura como un contenido formativo integrador, idóneo para articular saberes provenientes de la óptica, la neurociencia, la pedagogía y la educación para la salud. Esta integración contribuye a superar modelos de enseñanza centrados exclusivamente en la memorización de fórmulas biométricas, promoviendo en su lugar procesos de aprendizaje significativo, reflexivo y contextualizado. De este modo, el estudiante no solo aprende a calcular un valor refractivo, sino a comprender las implicaciones funcionales, perceptuales y humanas de sus decisiones profesionales.

Desde el punto de vista curricular, la incorporación de la neurociencia visual favorece una formación orientada a resultados funcionales y experienciales, alineada con enfoques educativos que reconocen la centralidad del estudiante y del futuro paciente en el proceso formativo. Estudios recientes destacan que la satisfacción visual y los resultados percibidos por los pacientes dependen de variables que trascienden la agudeza visual tradicional, lo que refuerza la necesidad de que los programas universitarios incluyan estas dimensiones como parte de los resultados de aprendizaje esperados (Hecht et al., 2023; Tañá-Rivero et al., 2023).

Asimismo, este enfoque fortalece una visión interdisciplinaria de la formación en salud, coherente con modelos educativos que conciben la salud como un fenómeno biopsicosocial y educativo, influido por factores cognitivos, emocionales, comunicacionales y contextuales. La neurociencia visual aporta marcos conceptuales que permiten comprender cómo los procesos perceptuales, la atención y la adaptación influyen en la experiencia de salud, lo cual resulta especialmente pertinente para la Educación para la Salud y para la formación de profesionales con sensibilidad social y humanista (Card, 2022).

En términos metodológicos, la integración de contenidos neurocientíficos en la educación médica superior impulsa la adopción de estrategias didácticas activas, tales como el aprendizaje basado en problemas, el análisis de casos, la simulación y la reflexión guiada, que favorecen la construcción de conocimiento situado y el desarrollo del pensamiento crítico. La evidencia reciente respalda el valor de estas estrategias en la formación universitaria en salud, al demostrar mejoras en la comprensión conceptual, la transferencia del aprendizaje y la preparación para la práctica profesional (Dormegny et al., 2024; Zhang et al., 2025).

Desde la perspectiva de la Educación para la Salud, este enfoque contribuye a formar profesionales capaces de educar al paciente, comunicar de manera clara y empática, y promover una participación activa en las decisiones relacionadas con su salud visual. En este sentido, la integración de la neurociencia visual en la

educación superior no solo impacta en la calidad técnica de la práctica clínica, sino también en la responsabilidad social de la universidad, al favorecer una atención en salud más equitativa, informada y centrada en la calidad de vida.

6. CONCLUSIONES

El cálculo neuro-óptico del lente intraocular se consolida como una innovación conceptual, formativa y metodológica de alto valor para la oftalmología contemporánea y, de manera particular, para la educación médica superior. Al integrar de forma sistemática la biometría ocular, los aportes de la neurociencia visual y los principios de la Educación para la Salud, este enfoque trasciende el modelo tradicional centrado exclusivamente en la precisión refractiva, orientándose hacia la optimización de la visión funcional, la experiencia perceptual del paciente y su calidad de vida.

Desde la perspectiva clínica, el enfoque neuro-óptico permite comprender que el éxito de la cirugía de cataratas no se define únicamente por parámetros ópticos objetivos, sino también por procesos de adaptación cortical, sensibilidad al contraste, integración binocular y expectativas perceptuales. Esta visión ampliada favorece una toma de decisiones más cuidadosa, personalizada y fundamentada, reduciendo la probabilidad de insatisfacción postoperatoria y reforzando la centralidad del paciente en la práctica asistencial.

En el ámbito de la educación médica superior, la incorporación del cálculo neuro-óptico del LIO como contenido estratégico contribuye de manera significativa al desarrollo de competencias profesionales integrales. Entre ellas destacan el razonamiento clínico avanzado, la toma de decisiones fundamentadas, la comunicación efectiva con el paciente, la gestión ética de expectativas y la capacidad de integrar saberes provenientes de distintas disciplinas. Este enfoque favorece modelos de enseñanza-aprendizaje más reflexivos, contextualizados y coherentes con los principios de la formación universitaria por competencias.

Asimismo, la integración de la neurociencia visual en los planes de estudio fortalece una concepción interdisciplinaria y biopsicosocial de la salud, en la que los aspectos cognitivos, perceptuales, emocionales y contextuales adquieren un papel relevante. Desde esta perspectiva, la educación del futuro profesional de la salud visual no se limita al dominio técnico, sino que incorpora una dimensión humanista y educativa, coherente con el encargo social de la universidad y con los principios de la Educación para la Salud.

El marco neuro-óptico propuesto ofrece, además, oportunidades para la innovación curricular y didáctica, al facilitar la incorporación de estrategias pedagógicas activas como el aprendizaje basado en problemas, el análisis de casos, la simulación clínica y la reflexión guiada. Estas estrategias favorecen el aprendizaje significativo y la transferencia del conocimiento a situaciones reales de la práctica profesional, fortaleciendo la preparación de los estudiantes para enfrentar contextos clínicos complejos y diversos.

Finalmente, se reconoce la necesidad de profundizar en futuras investigaciones que evalúen de manera sistemática el impacto educativo y clínico del enfoque neuro-óptico en distintos contextos universitarios y sanitarios. Estudios longitudinales, comparativos y multicéntricos permitirán valorar su contribución al desempeño profesional, la satisfacción del paciente y la calidad de los servicios oftalmológicos. En este sentido, el cálculo neuro-óptico del lente intraocular se proyecta no solo como una mejora técnica, sino como un aporte significativo a la transformación de la formación en salud visual, en consonancia con los desafíos contemporáneos de la Educación Superior y la Educación para la Salud.

7. DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en relación con este artículo. No han recibido financiamiento ni apoyo de ninguna organización o entidad que pudiera influir en el contenido del trabajo

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Autor 1	Conceptualización, Curación de datos, Investigación, Metodología, Redacción – borrador original –
Autor 2	Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Supervisión, Redacción – revisión y edición
Autor 3	Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Supervisión, Redacción – revisión y edición

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemañy, J., & Villar, R. (2005). *Oftalmología* (5.^a ed.). Editorial Ciencias Médicas.
- Alió, J. L., & Rodríguez, J. L. (2012). *Buscando la excelencia en la cirugía de la catarata*. GLOSA.
- Balbona, R., & Balbona, C. (2003). Evolución histórica en la implantación de lentes intraoculares. *Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas*, 25(1), 52–59.
- Calavache, J. A. (2017). *Manual de biometría ocular y cálculo de lentes intraoculares*. SAERA.
- Card, A. J. (2022). The biopsychosociotechnical model: A systems-based framework for human-centered health improvement. *Health Systems*, 12(4), 387–407. <https://doi.org/10.1080/20476965.2022.2029584>
- Díaz Alonso, L. R., Zamora Galindo, I., González Iglesias, Y., Chang Chao, P., Fernández Ferrer, K. R., & Hernández Peña, E. (2016). Cálculo biométrico. *Revista Cubana de Oftalmología*, 29(2). <http://www.revofthalmologia.sld.cu/index.php/oftalmologia/article/view/31>
- Dormegny, L., Lansingh, V. C., Lejay, A., Chakfe, N., Yaici, R., Sauer, A., Gaucher, D., Henderson, B. A., Skou Thomsen, A. S., & Bourcier, T. (2024). Virtual reality simulation and real-life training programs for cataract surgery: A scoping review of the literature. *BMC Medical Education*, 24, 1245. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-06245-w>
- Filipe, H. P., Yaici, R., Ivekovic, R., Curtin, D., Asoklis, R., Atila, H., Bak, E., Pueyo-Bestué, A., Beaconsfield, M., Creuzot-Garcher, C., Cvenkel, B., Flanagan, L., Imhof, S., Kivelä, T., Koppen, C., Mrukwa-Kominec, E., Maino, A., Mouriaux, F., Muselier, A., Ni Dhubghaill, S., Paust, K., Priglinger, S., Stopa, M., Strong, B., Tanner, F., Tassignon, M.-J., & Ursell, P. (2025). Competency-based European training requirements for the specialty of ophthalmology: Recommendations from the UEMS Section of Ophthalmology and the European Board of Ophthalmology. *Acta Ophthalmologica*. <https://doi.org/10.1111/aos.17575>

- Hecht, I., Kanclerz, P., & Tuuminen, R. (2023). Secondary outcomes of lens and cataract surgery: More than just “best-corrected visual acuity”. *Progress in Retinal and Eye Research*, 95, 101150. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2022.101150>
- Martí, J. (2001). *Obras completas* (Vol. 8). Editorial de Ciencias Sociales. (Trabajo original publicado 1884–1895)
- Mollan, S. P., Lee, A. G., Clare, L., & Fraser, C. L. (2024). Neuro-ophthalmology: Recent advances and paradigm shifts. *The Lancet Neurology*, 23(2), 145–157. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(23\)00345-6](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(23)00345-6)
- Mura, J. J. (2010). Cirugía actual de la catarata. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 21(6), 912–919. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(10\)70652-0](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(10)70652-0)
- Nieves, M., Asorey, A., Santos, E., & García, J. (2015). Historia de la cirugía de cataratas (II): Desde la extracción del cristalino hasta la facoemulsificación. *Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología*, 90(3), e22–e24. <https://doi.org/10.1016/j.oftal.2014.10.006>
- Organización de las Naciones Unidas. (2016). *Transformar nuestro mundo: La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- Polo, V., & Ares, J. (2016). *Actuación optométrica en cirugía ocular*. Universidad de Zaragoza.
- Prado, A., & Nava, N. G. (2019). Cálculo del poder dióptrico de lentes intraoculares: ¿Cómo evitar la sorpresa refractiva? *Revista Mexicana de Oftalmología*, 83(5), 272–280. <https://doi.org/10.24875/RMO.M19000035>
- Ramos Colmenares, B. A. (2022). Estrategias de mejora continua en la formación docente como vía para perfeccionar el trabajo académico. *Revista Conrado*, 18(85), 309–315. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/2486>
- Ramos Ventura, B. (2025). *Neurociencias en la educación latinoamericana: Una revisión sistemática sobre diseño universal para el aprendizaje en los últimos 10 años* (Tesis doctoral). Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://repositorio.upch.edu.pe>
- Santiesteban, R. (2015). *Historia de la oftalmología en Cuba*. Editorial Ciencias Médicas.
- Segovia, M. P. (2016). *Cálculo del lente intraocular: generalidades*. Ediciones Médicas Panamericanas.
- Sud, R., & Khanduja, S. (2022). Implementing competency-based medical education in post-graduate ophthalmology training: Understanding key concepts and methodologies and overcoming challenges. *Indian Journal of Ophthalmology*, 70(10), 3701–3706. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_417_22
- Tañá-Rivero, P., Orts-Vila, P., Aguilar-Córcoles, S., Tañá-Sanz, P., & Tañá-Sanz, S. (2023). Contrast sensitivity and patient-reported outcomes after bilateral implantation of a bi-aspheric hydrophobic trifocal diffractive intraocular lens. *Clinical Ophthalmology*, 17, 247–258. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S400136>
- Vargas-Tipula, W. G., Zavala-Cáceres, E. M., & Zuñiga-Aparicio, P. (2024). Estrategias para el aprendizaje desde la neurociencia: Revisión sistemática. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 9(Supl. 1). <https://doi.org/10.35381/r.k.v9iS1.3456>
- Vidal del Castillo, M. (s. f.). Efectividad de la biometría de inmersión para el cálculo del poder dióptrico de la lente intraocular. *Revista Cubana de Oftalmología*. <http://www.revoftalmologia.sld.cu>
- Zhang, M.-L., Bai, W., Yan, Z.-P., Ge, H.-M., Zhang, Q.-Y., Ding, X.-Y., Liu, Y.-Q., Li, X., Jiang, Q., Li, K.-R., & Shang, W.-H. (2025). Virtual simulation system in cataract education for medical undergraduates: A prospective quasi-experimental study. *BMC Medical Education*, 25. <https://doi.org/10.1186/s12909-025-08497-6>