



**Universidad de Valladolid**

**PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA VISIÓN**

**TESIS DOCTORAL:**

**DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN E-SIMULADOR  
DE INTERACCIÓN CLÍNICA EN LENTES DE CONTACTO  
PARA APOYAR LA ENSEÑANZA DE LA CONTACTOLOGÍA**

Presentada por Sabrina Braga Vieira para optar  
al grado de Doctora por la Universidad de Valladolid

Dirigida por:  
Dr. Raúl Martín Herranz



## DEDICACIÓN

A mi esposo y compañero de vida, **Leandro**, te amo a ti y a nuestra historia. La profesión que compartimos nos unió, pero fue el amor y la admiración lo que nos mantuvo juntos. Eres mi refugio emocional y mi compañero intelectual. Esta tesis lleva la fuerza de nuestra alianza y la belleza de soñar juntos.

A mi amado hijo, **Leonardo**, gracias por tu fuerza, generosidad y paciencia durante mi ausencia. En este largo camino, supiste ser inmenso y maduro. Si hoy he logrado algo, es también gracias a ti. Siento un orgullo infinito por todo lo que eres.

A **Marilene (in memoriam) y Rivadavia (in memoriam)**, son partes vivas de quien soy y me acompañaron en cada etapa. Aunque no estén aquí, siento su presencia amorosa en cada paso. Estoy segura de que me siguen viendo y alentando, como siempre lo hicieron.



"Feliz aquel que transmite lo que sabe y  
aprende lo que enseña"

*Cora Coralina*

"Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la  
ciencia y la tecnología, en la que prácticamente nadie  
entiende de ciencia y tecnología"

*Carl Sagan*

"No tengamos prisa, pero no perdamos tiempo"

*José Saramago*



## AGRADECIMIENTOS

Con todo mi cariño, agradezco profundamente a mi esposo **Leandro**, compañero de vida y de sueños, por su amor, apoyo incondicional y por caminar a mi lado en cada etapa de este recorrido. A mi hijo **Leonardo**, mi mayor inspiración, gracias por tu generosidad y comprensión. Todo lo que hago también es por ustedes y para ustedes.

A mis padres, **Marilene y Rivadavia** (in memoriam), gracias por haberme formado con amor, valores y coraje.

A **Ana y Lauro**, mis queridos suegros, gracias por la ayuda y por haberme acogido en esta familia a la que tanto quiero. A **Élida, Eduardo y Rafael**, por el cariño de siempre. **Lili** (in memoriam), qué saudades de tu clásica pregunta: “¿están estudiando?”.

A mis hermanos **Alexandre, Leandro y Gilberto**, y en especial a mi “hermanito” **Rivinha**, por su apoyo constante y por haberme mostrado España como una posibilidad de crecimiento. A pesar de las dificultades, seguimos riendo como cuando éramos niños.

Querida **Dagmar**, más que una madre prestada, fuiste una consejera amorosa en este camino.

Mi profunda gratitud al **Dr. Raúl Martín**, mi tutor y director de tesis, por su dedicación constante y apoyo a lo largo de este proceso. Su nobleza y generosidad al estar siempre disponible marcaron mi camino académico. Gracias a su orientación, pude superar barreras de idioma, cultura y distancia. Esta tesis no habría sido posible sin su ayuda.

A la **Universidad de Valladolid y al IOBA**, por brindarme una formación de excelencia. A la **Dra. Yolanda Diebold**, por su apoyo académico y por confiar en mí. Al **Profesor José Carlos Pastor Jimeno** (in memoriam), por sus palabras motivadoras y su cercanía. Como él decía: “si es fácil, no es correcto”. A la **Dra. Margarita Calonge**, por haber sido la primera en hacerme creer en el doctorado.

Agradezco a la **Universidade do Contestado y a Fafiltec** por el apoyo pedagógico y por fomentar la participación de sus docentes y estudiantes en nuestra investigación. Me honra contribuir al fortalecimiento de nuestra profesión en Brasil junto a instituciones comprometidas.

Mi agradecimiento al **Dr. James Wolffsohn**, por abrirme las puertas de la **Aston University**, confiar en nuestro trabajo y compartir generosamente su conocimiento. A **Jeremy y Valia**, por hacerme sentir en casa en el Reino Unido.

**A mis estudiantes, colegas y pacientes**, por la confianza, la paciencia y el apoyo. Gracias por creer en mí y acompañarme, incluso en los momentos más exigentes de esta trayectoria.

A **Fabiane y Teresinha**, por cuidar de la empresa en mi ausencia con tanta lealtad y compromiso. Fueron mi brazo derecho.

Y a mi pequeño **Pitoco**, mi compañero silencioso e incondicional.

**A todos ustedes, gracias por formar parte de este trayecto.**



## BIOGRAFÍA BREVE

### Formación académica

- Graduada en Optometría - Universidade Luterana do Brasil (ULBRA, 2003) - en la primera promoción del país en esta carrera.
- Técnica en Óptica (SENAC, 2009).
- Posgrado *lato sensu* orientados a la formación pedagógica y docencia. (Saint Pastous, 2011)
- Máster en Investigación en Ciencias de la Visión (UVa/IOBA), con doble especialización en óptica visual y fisiología/neurofisiología de la visión (2016/17)
- Doctoranda en Ciencias de la Visión (UVa/IOBA), desde 2017.

### Experiencia profesional

- Vinculada al sector óptico desde 1994, con experiencia en atención al cliente y adaptación de lentes de contacto.
- Ejercicio clínico continuo como optometrista desde 2003, en consulta privada, especializada en contactología.
- Fundadora de Estude Visão (2009), proyecto independiente de formación profesional continua en óptica.
- Docencia técnica desde 2009 y universitaria desde 2019 como profesora en asignaturas de contactología y superficie ocular en el grado de Optometría de la Universidad del Contestado y Faculdade Filadélfia.

### Actividad científica

- Investigadora predoctoral del Grupo de Investigación en Optometría del IOBA desde 2017.
- Cuenta con tres publicaciones indexadas, dos de ellas como autora principal.
- Ha presentado varias comunicaciones científicas en congresos nacionales (Brasil) e internacionales.
- Ha realizado una estancia de investigación en la Aston University (Birmingham, Reino Unido) entre septiembre y diciembre de 2023.

## SHORT BIOGRAPHY

### Academic Background

- Graduated in Optometry – Universidade Luterana do Brasil (ULBRA, 2003) - part of the first cohort of this degree in Brazil.
- Technical degree in Optics (SENAC, 2009).
- Postgraduate studies (*lato sensu*) focused on pedagogical training and teaching (Saint Pastous, 2011).
- Master's degree in Vision Science Research (UVa/IOBA), with a double specialization in visual optics and physiology/neurophysiology of vision (2016/17).
- PhD candidate in Vision Sciences (UVa/IOBA) since 2017.

### Professional Experience

- Working in the optical sector since 1994, with experience in customer service and contact lens fitting.
- Continuous clinical practice as an optometrist since 2003 in private clinics, specializing in contact lenses.
- Founder of Estude Visão (2009), an independent initiative for continuing professional education in optics.
- Technical teaching since 2009 and at the university since 2019 as lecturer in contact lens and ocular surface modules in the Optometry programme at Universidade do Contestado and Faculdade Filadélfia.

### Scientific Activity

- Predoctoral researcher in the Optometry Research Group at IOBA since 2017.
- Author of three indexed publications, two of them as first author.
- Presented several scientific communications at both national (Brazil) and international conferences.
- Completed a research stay at Aston University (Birmingham, United Kingdom) from September to December 2023.

## DIVULGACIÓN CIENTÍFICA

### **Publicaciones**

---

Braga Vieira S, Rivadeneira-Bueno D, Ortiz-Toquero S, Martin R. **Optometric practices and attitudes in keratoconus patient management in Latin America.** Clin Exp Optom. 2023 May;106(4):386-394. doi: 10.1080/08164622.2022.2048997 (FI: 1,7 – Q1 SCIE)

Braga S, Stuermer L, Martin R. **A snapshot of contact lens teaching in an international sample of universities.** Clin Exp Optom. 2025 In press. doi: 10.1080/08164622.2025.2515985 (FI: 1,7 – Q1 SCIE)

### **Comunicaciones en congresos**

---

1º Congreso Interamericano de Optometría y Ciencias de la Visión / 17º Congreso Internacional de Optometría. CIO2018 Ponencia: **Comparación de las actitudes profesionales a la hora de manejar el paciente con queratocono en España, Reino Unido y Brasil.** Braga S - al 30 de mayo de 2018. (Orlando, Estados Unidos).

27º Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica – OPTOM 2022. Comunicación Póster: **Enseñanza de lentes de contacto: un análisis de la organización curricular entre diferentes programas de optometría.** Braga S, Stuermer L, Martín R. al 03 de abril de 2022. (España).

28º Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica – OPTOM 2024. Comunicación Póster: **Análisis del uso de**

**las tecnologías de información y comunicación en la educación en lentes de contacto.** Braga S, Stuermer L, Martín R. al 14 de abril de 2024. (España).

28º Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica – OPTOM 2024. Comunicación Póster: **Simulador de casos clínicos utilizando inteligencia artificial como herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje en contactología.** Braga S, Stuermer L, Martín R. al 14 de abril de 2024. (España).

1º Simpósio Internacional Fafiltec de Optometria. Conferencia: **Inteligencia artificial en lentes de contacto.** Braga S. 21 de septiembre de 2024 (Itajaí – Brasil).

1º Simpósio Nacional de Optometria da Universidade do Contestado (UnC). Conferencia: **Avances tecnológicos en el entrenamiento en lentes de contacto: simulador de caso clínico.** Braga S. 30 de mayo de 2025. (Canoinhas - Brasil).

## **Premios**

---

VI Jornada de Investigadores Predoctorales de la UVa em Ciencias de la Visión. *Premio a la mejor comunicación.* **Desarrollo y validación de un e-simulador de casos clínicos de lentes de contacto para ayuda en la enseñanza de la contactología.** Vieira SB. al 30 de junio de 2022.

## **Página Web**

---

Sitio web de acceso libre para divulgar los procesos de desarrollo relacionados con la salud visual digital. Stuermer L, Braga S. **<https://www.visioncare.digital/>**

## FINANCIACIÓN

Esta Tesis Doctoral no ha contado con financiación externa. Todas las actividades fueron llevadas a cabo con recursos propios de la autora.



Capítulo

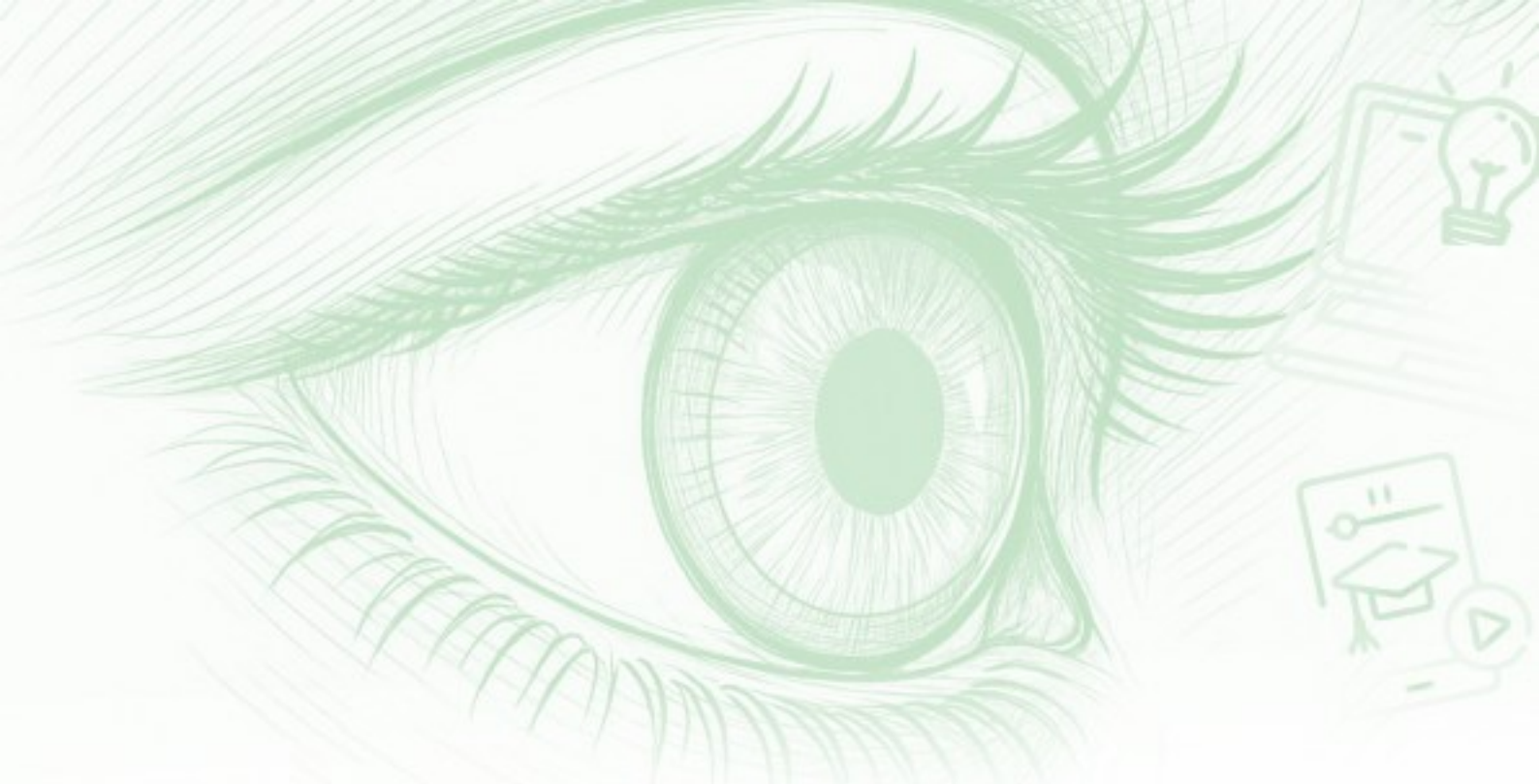
# 0

## Organización general

*General organization*







## ÍNDICE | TABLE OF CONTENTS

<b>PREFACIO</b>	<b>I</b>
Frases .....	III
Dedicación.....	V
Agradecimientos.....	VII
Biografía breve .....	IX
<i>Brief Biography (English)</i> .....	X
Difusión de los resultados.....	XI
Financiación .....	XIII
<b>CAPÍTULO 0. Organización general</b>	<b>1</b>
Índice / <i>Table of contents</i> .....	3
Abreviaturas / <i>Abbreviations</i> .....	9
Organización de la tesis .....	11
<i>Organization of the doctoral (English)</i> .....	13

**CAPÍTULO 1. Summary** \_\_\_\_\_ **15**

Chapter 3. Introduction .....	17
Chapter 4. Justification .....	21
Chapter 5. Hypothesis, Objectives and General Methodology .....	22
Chapter 6. Teaching Contact Lenses: An Analysis of the Curricular Organization Among Different Optometry Programs.....	25
Chapter 7. Analysis of the Use of Information and Communication Technologies in Contact Lens Education .....	27
Chapter 8. Clinical case simulator with artificial intelligence: from design to development as an educational tool in contact lenses .....	29
Chapter 9. Proof of Concept: Usability and Opinion Evaluation of the Clinical Case Simulator for Contact Lenses .....	32
Chapter 10. Challenges and future lines .....	35
Chapter 11. Conclusions .....	36

**CAPÍTULO 2. Resumen** \_\_\_\_\_ **39**

Capítulo 3. Introducción .....	41
Capítulo 4. Justificación .....	45
Capítulo 5. Hipótesis, Objetivos y Metodología General .....	46
Capítulo 6. Enseñanza de lentes de contacto: un análisis de la organización curricular entre diferentes programas de Optometría .....	49
Capítulo 7. Análisis del uso de las tecnologías de información y comunicación en la educación en lentes de contacto .....	51
Capítulo 8. E-simulador de interacción clínica en lentes de contacto: del diseño al desarrollo como herramienta educativa en contactología .....	53
Capítulo 9. Prueba de Concepto: Evaluación de la Usabilidad y Opinión del Simulador de Casos Clínicos para Lentes de Contacto .....	56
Capítulo 10. Desafíos y líneas futuras .....	59
Capítulo 11. Conclusiones .....	60

**CAPÍTULO 3. Introducción \_\_\_\_\_ 63**

3.1. Educación en salud y en ciencias de la visión .....	67
3.1.1. Panorama de la educación en salud y salud visual .....	68
3.1.2. Panorama de la educación en Contactología .....	71
3.2. Enseñanza-aprendizaje en contactología .....	73
3.2.1. Habilidades para profesionales de LC .....	74
3.2.2. Evaluación, desafíos y continuidad formativa .....	78
3.3. Diseño instruccional y entornos virtuales .....	81
3.3.1. Teorías del aprendizaje .....	81
3.3.2. Introducción al DI .....	83
3.3.3. Metodologías activas como estrategia pedagógica .....	85
3.3.4. Entornos virtuales de aprendizaje .....	90
3.4. Innovación educativa .....	95
3.4.1. TICs y Objetos de Aprendizaje Digitales.....	97
3.4.2. Barreras en la integración tecnológica.....	102
3.5. Simuladores en el aprendizaje clínico .....	105
3.5.1. Simulación como herramienta educativa .....	106
3.5.2. Escenarios clínicos y aprendizaje basado en casos.....	108
3.5.3. Aplicaciones educativas para el cuidado de la visión .....	110
3.6. Inteligencia artificial en educación .....	115
3.6.1. Fundamentos de la IA .....	115
3.6.2. Impactos de la IA en la educación .....	118
3.6.3. Aplicaciones educativas en salud y cuidados de la visión .....	120

**CAPÍTULO 4. Justificación \_\_\_\_\_ 123****CAPÍTULO 5. Hipótesis, objetivos y metodología General \_\_\_\_\_ 127**

5.1. Hipótesis.....	129
5.2. Objetivos.....	131
5.3. Metodología general .....	133

**CAPÍTULO 6. Enseñanza de lentes de contacto: un análisis de la organización curricular entre diferentes programas de Optometría \_\_\_\_\_ 137**

6.1. Introducción .....	139
6.2. Material y Método .....	145
6.3. Resultados.....	149
6.4. Discusión .....	165
6.5. Difusión del estudio .....	173

**CAPÍTULO 7. Análisis del uso de las tecnologías de información y comunicación en la educación en lentes de contacto \_\_\_\_\_ 177**

7.1. Introducción .....	179
7.2. Material y Método .....	183
7.3. Resultados.....	187
7.4. Discusión .....	197
7.5. Difusión del estudio .....	203

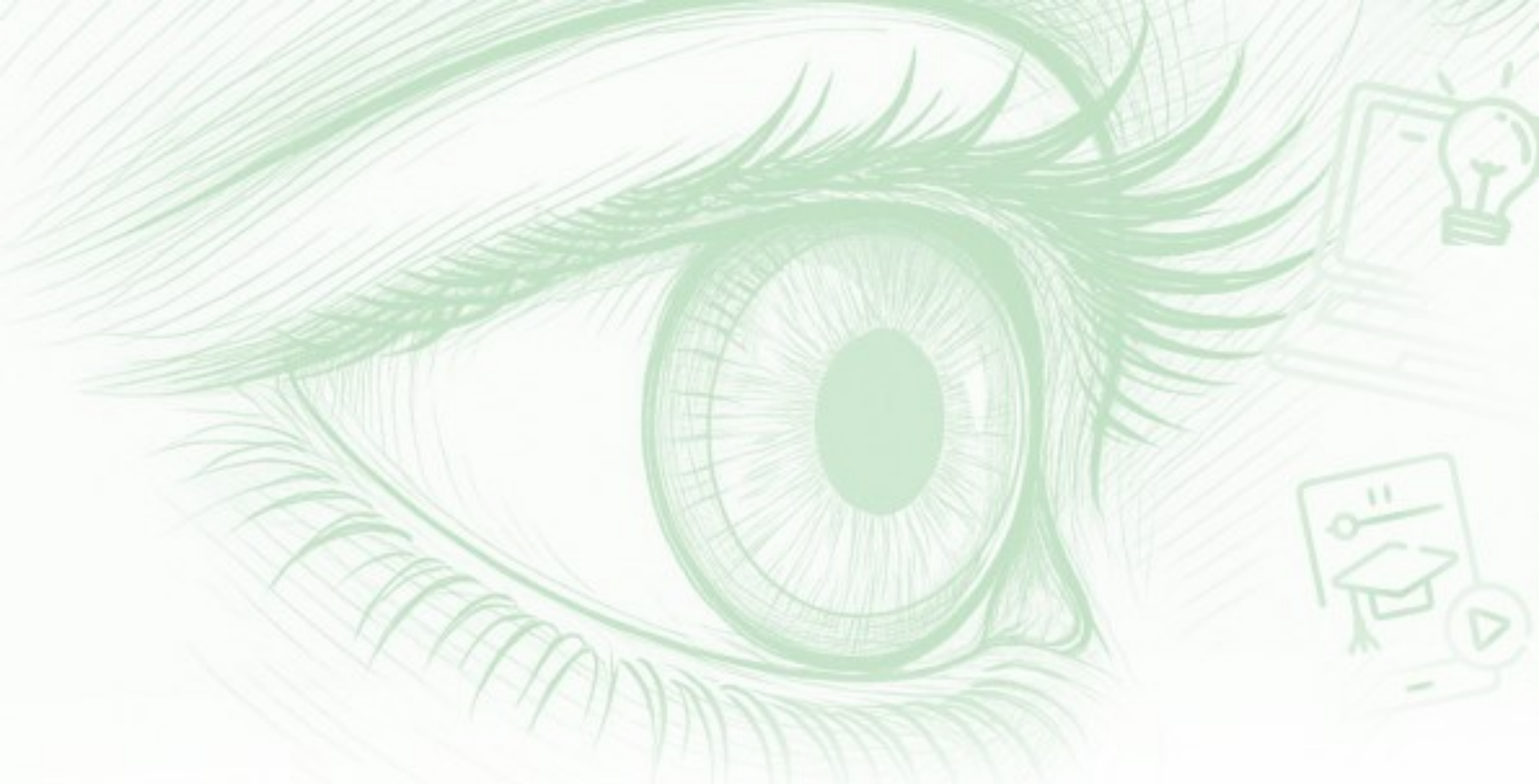
**CAPÍTULO 8. E-simulador de interacción clínica en lentes de contacto: del diseño al desarrollo como herramienta educativa en contactología \_\_\_\_\_ 205**

8.1. Introducción .....	207
8.2. Material y Método .....	211
8.3. Resultados.....	221
8.4. Discusión .....	243
8.5. Difusión del estudio .....	257

---

<b>CAPÍTULO 9. Prueba de Concepto: Evaluación de la Usabilidad y Opinión del Simulador de Casos Clínicos para Lentes de Contacto</b>	<b>259</b>
9.1. Introducción .....	261
9.2. Material y Método .....	265
9.3. Resultados.....	273
9.4. Discusión .....	289
9.5. Difusión del estudio .....	299
<b>CAPÍTULO 10. Desafíos y líneas futuras</b>	<b>301</b>
<b>CAPÍTULO 11. Conclusiones / <i>Conclusions</i></b>	<b>307</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>313</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>335</b>
A. Aprobación ética para la recopilación de datos .....	337
B. Aprobación ética para la encuesta .....	339
C. Encuesta de Prueba de Concepto.....	341





## ABREVIATURAS | ABBREVIATIONS

Abreviaturas definidas en su primera mención en cada capítulo:

<b>ADDIE</b>	Análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación	<i>Analysis, design, development, implementation and evaluation</i>
<b>API</b>	Interfaz de programación de aplicaciones	<i>Application Programming Interface</i>
<b>ASCO</b>	Asociación de escuelas y colegios de optometría	<i>Association of Schools and Colleges of Optometry</i>
<b>BUCLE</b>	Comité de universidades británicas de educadores en lentes de contacto	<i>British Universities Committee of Contact Lens Educators</i>
<b>CPO</b>	Clínica privada de optometría	<i>Private Optometry Clinic</i>
<b>CUSV</b>	Clínica universitaria de salud visual	<i>University Eye Health Clinic</i>
<b>DE</b>	Desviaciones estándar	<i>Standard Deviations</i>
<b>DI</b>	Diseño instruccional	<i>Instructional Design (ID)</i>
<b>DL</b>	Aprendizaje profundo	<i>Deep Learning</i>
<b>ECLA/CLAO</b>	Eye and contact lens association	<i>Eye and Contact Lens Association</i>
<b>ECTS</b>	Sistema europeo de transferencia y acumulación de créditos	<i>European Credit Transfer and Accumulation System</i>

<b>EDAEC</b>	Entornos digitales de apoyo a la enseñanza en contactología	<i>Digital environments to support teaching in contactology (DESTIC)</i>
<b>eSICLC</b>	e-Simulador de interacción clínica en lentes de contacto	<i>e-Simulator for Clinical Interaction in Contact Lenses</i>
<b>EVA</b>	Entornos virtuales de aprendizaje	<i>Virtual Learning Environments</i>
<b>FAFILTEC</b>	Faculdades Filadelfia de Brasil	<i>Filadelfia Faculties of Brazil</i>
<b>GP</b>	Gas permeable	<i>Gas permeable</i>
<b>IA</b>	Inteligencia artificial	<i>Artificial Intelligence (AI)</i>
<b>IACLE</b>	Asociación internacional de educadores de lentes de contacto	<i>International Association of Contact Lens Educators</i>
<b>KNN</b>	K vecinos más cercanos	<i>K-Nearest Neighbors</i>
<b>LC</b>	Lentes de contacto	<i>Contact Lenses (CL)</i>
<b>LCMS</b>	Sistemas de gestión de contenidos de aprendizaje	<i>Learning Content Management Systems</i>
<b>LMS</b>	Sistemas de gestión del aprendizaje	<i>Learning Management Systems</i>
<b>MA</b>	Metodologías activas	<i>Active Methodologies</i>
<b>ML</b>	Aprendizaje automático	<i>Machine Learning</i>
<b>OED</b>	Objetos educativos digitales	<i>Digital educational resources (DERs)</i>
<b>RIQ</b>	Medianas y rangos intercuartílicos	<i>Medians and Interquartile Ranges</i>
<b>SILVIA</b>	Simulador para el aprendizaje interactivo en atención visual	<i>Simulator for Interactive Learning in Visual Assistance</i>
<b>SVIC</b>	Simulador virtual de interacción clínica	<i>Virtual clinical interaction simulator (VCIS)</i>
<b>SUS</b>	Escala de usabilidad del sistema	<i>System Usability Scale</i>
<b>TAM</b>	Modelo de aceptación de la tecnología	<i>Technology Acceptance Model</i>
<b>TICs</b>	Tecnologías de la información y la comunicación	<i>Information and Communication Technologies (ICTs)</i>
<b>UnC</b>	Universidade do Contestado de Brasil	<i>Universidade of Contestado of Brazil</i>
<b>UVa</b>	Universidad de Valladolid de España	<i>University of Valladolid of Spain</i>





## ORGANIZACIÓN DE LA TESIS DOCTORAL

La presente tesis doctoral, con mención internacional, ha sido dirigida por el Dr. Raúl Martín Herranz y ha incluido una estancia de investigación en Aston University (Reino Unido), bajo la supervisión del Dr. James S. Wolffsohn.

La estructura adoptada responde al modelo ordinario de Tesis Doctoral con mención de Doctorado Internacional e integra los distintos capítulos dentro de una narrativa investigativa coherente, concebida para favorecer la comprensión global del trabajo y mantener la coherencia metodológica y conceptual del conjunto.

La memoria se ha escrito en español, incluyendo como exige la normativa de la Universidad de Valladolid, la redacción del resumen con las conclusiones en inglés, tal y como se detalla a continuación:

- **Capítulo 0:** Índice, lista de abreviaturas y sección dedicada a la descripción de la organización de la memoria de la Tesis Doctoral.

- **Capítulos 1 y 2:** Presentan los resúmenes generales, incluyendo las conclusiones, en inglés y español, respectivamente.
- **Capítulo 3:** Introducción general, en la que se desarrollan los principales ejes temáticos que enmarcan la investigación.
- **Capítulos 4 y 5:** Corresponden a la justificación de la Tesis Doctoral (Capítulo 4) y su fundamentación metodológica general describiendo la hipótesis, el objetivo general y seis objetivos específicos (Capítulo 5), basados en una lógica progresiva que estructura la totalidad de la investigación realizada.
- **Capítulos 6 a 9:** Cada uno responde a una fase concreta de la metodología general y se asocia directamente a un objetivo específico de la Tesis Doctoral. La organización interna de estos capítulos contempla secciones destinadas a la contextualización, descripción metodológica particular de cada capítulo, resultados, discusión crítica, así como las limitaciones, proyecciones futuras y diseminación científica de los hallazgos encontrados.
- **Capítulo 10:** Recoge los principales desafíos encontrados durante el desarrollo de la Tesis Doctoral, así como las líneas futuras derivadas del trabajo realizado. Además, se ofrece una síntesis de las limitaciones y perspectivas presentadas a lo largo de los distintos estudios.
- **Capítulo 11:** Presenta las conclusiones de la Tesis Doctoral en inglés (*mención internacional*), estableciendo los aportes finales del trabajo desarrollado.



## ORGANIZATION OF THE DOCTORAL THESIS

This Doctoral Thesis, with international mention, was supervised by Dr. Raúl Martín Herranz and included a research stay at Aston University (United Kingdom) under the supervision of Dr. James S. Wolffsohn.

The adopted structure follows the standard model of an international mention Doctoral Thesis and it is presented with various chapters within a coherent research narrative, designed to facilitate a comprehensive understanding of the conducted work, maintaining the methodological and conceptual coherence of the whole.

The manuscript was written in Spanish and, following the regulation of the University of Valladolid, includes a summary section written in English, describing:

- **Chapter 0:** Index, list of abbreviations, and a section describing the organization of the Doctoral Thesis manuscript.

- **Chapters 1 and 2:** Present the general summary, including conclusions, written in English and Spanish, respectively.
- **Chapter 3:** General introduction, which develops the main thematic axes framing the conducted research.
- **Chapters 4 and 5:** Correspond to the justification of the Doctoral Thesis (Chapter 4) and the general methodological framework, describing the hypothesis, the general objective, and six specific objectives (Chapter 5), that is presented following a progressive logic structure of the research conducted.
- **Chapters 6 to 9:** Each one corresponds with a specific phase of the general methodology and is directly associated with a specific objective of the Doctoral Thesis. The presentation of these chapters includes several sections dedicated to contextualization, specific methodological descriptions for each chapter, results, critical discussion, as well as limitations, future projections, and scientific dissemination of the findings.
- **Chapter 10:** Highlights the main challenges encountered during the development of the Doctoral Thesis, as well as future lines of work derived from the research. It also provides a synthesis of the limitations and perspectives presented throughout the various studies.
- **Chapter 11:** Presents the conclusions of the Doctoral Thesis in English (*international mention*), establishing the final contributions of the work carried out.



Capítulo

1

**SUMMARY**

*Summary in English*



This chapter presents a summary of the contents of the Doctoral Thesis, focusing on its core structure, which comprises Chapters 3 to 11.

## Chapter 3. Introduction

The introduction is organized into thematic sections that address the conceptual foundations of this Doctoral Thesis, integrating aspects of health education, digital technologies, and pedagogical models.

The training of professionals in the health field requires integrated and up-to-date approaches, particularly in areas such as optometry, where visual care must be conceived as part of a continuous care process. In relation to health education and vision sciences, the importance of training professionals capable of working in diverse contexts stands out, combining technical knowledge and clinical skills with a focus on comprehensive care. The demands go beyond biomedical content mastery and include competencies in communication, critical thinking, and responsible use of technologies. Within this framework, vision sciences assume a strategic role in public health policies, especially in regions with limited resources and a growing need for visual and ocular care.

The particularities of the teaching-learning process in contact lens (CL) practice reveal structural and pedagogical gaps that directly affect clinical training. CL fitting requires specific competencies, clinical judgment, and individualized decision-making. It is essential to differentiate between skills and competencies, which integrate knowledge, attitudes, and their application in clinical contexts, to restructure pedagogical models. The emergence of subspecialties such as orthokeratology, myopia control, and scleral lens fitting reinforces the

need for continuous and specialized training. Strategies such as problem-based learning, simulation resources, case resolution, and active methods are viable alternatives to foster autonomy, clinical reasoning, and integration between theory and practice, even in settings with infrastructure constraints.

The construction of consistent pedagogical strategies requires the use of instructional design (ID) and virtual environments that ensure alignment between pedagogical objectives, employed methodologies, and available resources. Models such as ADDIE (analysis, design, development, implementation, and evaluation), widely used in the educational field, allow for the progressive structuring of phases, facilitating the measurable achievement of competencies. Different pedagogical approaches, such as behaviourism, cognitivism, constructivism, and socio-interactionism, provide theoretical foundations that, when appropriately combined, support the development of teaching materials and the selection of virtual environments. Well-designed digital environments, both synchronous and asynchronous, promote active student participation and allow greater personalization of the learning pace. Components such as feedback, performance indicators, and interactive resources are fundamental for maintaining engagement and strengthening learning.

The need for educational innovation is a recurring theme in health training and is recognized as a key component in discussions on training quality. Traditional methods based on lectures and summative assessments are no longer sufficient to prepare professionals capable of facing the complex challenges of clinical practice. The incorporation of active methodologies -such as problem-based learning, project-based



learning, flipped classrooms, and various gamification strategies—together with the use of information and communication technologies (ICTs) and digital educational resources (DERs), has proven effective in promoting skills such as analysis, synthesis, clinical thinking, and problem-solving. In the field of visual health, these approaches remain uncommon due to factors such as institutional limitations and lack of teacher training. These trends underscore the need to integrate innovative digital resources to democratize access to quality materials and strengthen clinical competencies.

In the field of simulators for clinical learning, the growing use of both physical tools, such as mannequins and artificial eyes, and digital platforms for virtual simulation is noteworthy. These simulators train different technical and cognitive skills without risk to patients. Simulators vary in fidelity, scope, and interface type, and are classified as high-fidelity (capable of realistically reproducing clinical environments and responses) or low-fidelity (allowing training of specific tasks with less technical complexity). Their main pedagogical advantage lies in the possibility of repeating procedures, making mistakes without real consequences, receiving immediate feedback, and working in realistic contexts with less reliance on physical infrastructure. Strategies such as scenario-based learning, simulations with branching decisions, and platforms that integrate clinical data offer immersive training experiences with high pedagogical value. In CL practice, the few existing examples focus on diagnostic tests and ocular anatomy, with few simulators designed to cover the full CL fitting process.

The emergence of AI in education expands the possibilities for personalization, analysis, and innovation in training processes. Powered

by machine learning techniques, AI enables the development of adaptive platforms, intelligent tutors, performance prediction systems, automated feedback, and real-time user behaviour analysis. In health education, applications are already observed in simulators that integrate algorithms to predict clinical behaviours, adapt cases to student profiles, and generate dynamic question banks. Statistical models such as logistic regression, decision trees, Random Forest, and K-Nearest Neighbours (KNN) are used to predict clinical outcomes and recommend training strategies. AI is also applied in automated correction systems, natural language recognition, and the evaluation of learning pathways. In CL practice, its use has been explored to propose clinical predictive models for lens design and material selection or parameter adjustments based on different ocular variables; however, there are still no specific educational applications in this field.

These AI-based tools, when grounded in solid pedagogical principles, have the potential to expand access to training, improve the efficiency of the educational process, and offer richer and more immersive learning experiences.

## Chapter 4. Justification

Clinical training in CLs represents an essential component in optometrists' education, but it also faces obstacles that limit both access and the quality of practical and theoretical learning. This situation compromises the development of students' clinical reasoning and autonomy in decision-making, particularly given the need for sufficient experience with a diversity of practical situations. The problem is intensified by the growing demand for healthcare professionals trained to manage complex cases, such as those requiring gas permeable (GP) lens fittings on irregular corneas, which highlights gaps in university preparation or continuing education and the need for more effective educational strategies.

At the same time, shortcomings in CL training have been identified in various contexts. In parallel, advances in digital technologies have opened new possibilities in health education, where simulators and interactive learning objects have become valuable tools for integrating theory and practice. However, their use in CL education remains incipient, leaving considerable room for innovation. In this context, the development of a clinical interaction e-simulator for contact lenses (eSICLC) is proposed as a complementary educational resource, capable of supporting traditional teaching and transforming how skills are learned by fostering the acquisition of clinical thinking applied to CL practice.

## **Chapter 5. Hypothesis, objectives and general methodology**

### **Hypothesis:**

It is possible to develop a virtual clinical interaction simulator (VCIS) based on CL cases for use as an educational tool capable of contributing to the development of students' competencies in vision sciences and supporting the teaching-learning process in CL practice.

### **General Objective:**

To develop and validate a VCIS that integrates AI tools for the generation and feedback of clinical cases for application in CL education, incorporating in its design the professional competencies specific to CL practice.

### **Specific Objectives**

1. To analyse the curricular structure and the inclusion of CL-related content in optometry degree programs in different countries, with the aim of identifying the characteristics of the training provided in this field.
2. To map and describe digital educational support environments and learning objects available for CL teaching, identifying their features and associated evidence.
3. To design a structured pedagogical-instructional model, based on clinical competencies in CL practice, to support the educational design of the virtual simulator.

4. To develop a web-based clinical interaction tool capable of generating synthetic scenarios and providing automated feedback through the use of AI.
5. To evaluate the usability of the simulator from the students' perspective, considering aspects such as navigation ease, content comprehension, and general perception of its functionality.
6. To explore the educational applicability of the simulator from the perspective of professionals and educators, considering its perceived utility, integration potential in teaching, and relevant aspects for continuous improvement.

### **General Methodology**

The Doctoral Thesis was structured as research aimed at the development and preliminary validation of an interactive digital simulator designed to strengthen CL teaching within the field of visual health education. For this purpose, the ADDIE instructional model was adopted as the general methodological framework, recognized for its utility in planning educational solutions centred on learning and end-user needs. This model consists of five sequential phases: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation.

During the Analysis phase, the priority training needs were identified, and the teaching-learning context in CL practice was characterized, allowing for a clear delineation of existing structural gaps in the integration of professional competencies. In the Design and Development phases, key clinical competencies were defined, appropriate pedagogical approaches were selected, and the simulator was constructed, integrating digital resources and AI techniques to

support its functional, interactive, and educational architecture. The Implementation phase enabled the application of the developed tool in a pilot test using standardized questionnaires to assess its usability, acceptance, and educational relevance.

This methodology articulated all stages of the project, aligning the specific objectives with the creation of an innovative tool that responds to current demands in clinical CL education.

## Chapter 6. Teaching contact lenses: an analysis of the curricular organization among different optometry programs

Training in CL practice is recognized as an essential competency within the optometry curriculum, representing a fundamental component in preparing professionals to meet the demands of visual care, particularly concerning the anterior ocular segment. CLs are a widely used therapeutic and refractive option, requiring solid theoretical knowledge and advanced clinical skills for their safe and effective fitting. In this context, this chapter explores how different university programs approach CL education through a global analysis of publicly available curricula, with the aim of identifying trends and providing information to support the improvement of pedagogical strategies in this discipline.

A total of 40 optometry programs from universities across North America (7), Latin America (6), Europe (13), Asia (6), Africa (4), and Oceania (4) were analysed using public data extracted from official websites. Only mandatory courses with explicit reference to CLs were included. Academic credits were converted to the ECTS system using equivalency tables, assigning 10 hours of in-person instruction per credit. Data were collected on the number of CL-specific courses, total instructional hours, theory-to-practice ratio, and temporal placement of CL teaching within the curriculum.

The number of CL-specific courses ranged from 1 to 6 (mean  $2.7 \pm 1.3$ ), with universities in Asia and North America offering more courses on average (mean 4.3 and 3.1, respectively) compared to those in Europe (mean 2.1) and Oceania (mean 1.5). The average total instructional

hours dedicated to CLs was  $144.5 \pm 62.3$  hours, equivalent to 5.4% of the overall program. North American universities had the highest CL-related workload (mean 189 hours; 5.7%), followed by Asian (163 hours; 6.3%) and European universities (130 hours; 6%), whereas universities in Oceania recorded lower workloads (112 hours; 3.7%).

The theory-to-practice distribution revealed a predominance of theoretical content in European and Latin American universities, while Asian and Oceanian universities presented more balanced models. In Oceania, practical instruction (75 hours) even exceeded theoretical instruction (37 hours), and North American programs showed a distribution of 87 practical hours and 102 theoretical hours.

These findings indicate a limited and uneven curricular dedication to CL training, with potential implications for the preparation of future professionals. Based on the data obtained, a minimum of 5% of total instructional hours dedicated to CL training may be considered a baseline standard. Additionally, there is a clear need for strategies to balance theoretical and practical education and to integrate educational technologies such as interactive simulators to strengthen clinical competencies and reduce gaps in global CL training.

The results of this study were published in *Clinical and Experimental Optometry* (2025) and presented as a poster at the 27th International Congress of Optometry, Contactology, and Ophthalmic Optics (OPTOM 2022).



## Chapter 7. Analysis of the use of information and communication technologies in contact lens education

ICTs have acquired a strategic role in health sciences education, offering solutions that facilitate learning, promote interaction, and support the development of clinical competencies. In the field of visual health, and particularly in CL training, these tools emerge as complementary resources to overcome the curricular limitations identified in Chapter 6, especially regarding time constraints and the availability of clinical spaces. This chapter aims to map and analyse the availability of educational environments and digital tools supporting CL education, as well as to identify and classify the most commonly used DERs in this area.

An exploratory search was conducted in 2023 across websites of professional associations, academic institutions, and industry companies, using Google with key terms in Spanish, English, and Portuguese. The resources identified were classified according to provider type (professional associations, industry, academic institutions), geographic coverage (global or regional), access type (open, selective open, or closed), pedagogical functionality, and the existence of associated scientific evidence. A functional typology was adopted for the DERs, grouping them into instruction, collaboration, practice, and assessment. A complementary search in PubMed verified the presence of scientific publications related to the identified resources.

A total of 39 digital environments to support teaching in contact lenses (DESTIC) were identified, managed by 38 different providers, offering a total of 117 DERs with an average of three resources per site. E-books

were the most frequent resource type (24%), followed by webinars (20.5%) and videos (16.2%). In terms of functionality, instructional DERs accounted for 52.1%, collaboration for 22.2%, assessment for 13.7%, and practice only 12%, with no interactive simulators identified. Professional associations concentrated 46% of the offerings, while academic institutions accounted for only 5%. Regarding coverage, half of the resources had global reach (49%) and the other half regional (51%). The most frequent access model was selective open access (63%), offering free access conditioned on certain requirements, followed by closed access (29%) and fully open access (8%). Only two DESTIC (5%) had associated scientific publications.

These findings reveal a landscape of ICTs in CL education dominated by information delivery resources, with low representation of tools oriented toward clinical practice or gamification. This underscores the need for innovation through the development of validated interactive resources capable of strengthening practical competencies and clinical reasoning in CL education, aligned with current challenges in visual health training.

The results of this study were presented at the OPTOM 2024 Congress as a poster presentation.

## Chapter 8. Clinical case simulator with artificial intelligence: from design to development as an educational tool in contact lenses

The teaching of CLs requires complex competencies that integrate theoretical knowledge, clinical skills, and critical thinking abilities. However, as identified in Chapters 6 and 7, CL training faces curricular limitations and a scarce availability of interactive digital resources. To address these gaps, an eSICLC was developed, conceived as an innovative, competency-centred educational tool designed to offer a dynamic and accessible learning experience supported by digital technologies and AI to strengthen CL education.

The development of the eSICLC was structured into three interconnected methodological phases. The first phase focused on pedagogical and instructional design, defining six key competencies for CL training, broken down into 17 professional skills. These competencies were organized into seven guiding pedagogical principles, such as promoting clinical reasoning, providing formative feedback, and fostering motivation through gamification. Based on this framework, 14 functionalities were defined and grouped into four operational dimensions: navigation, interaction, communication, and simulation. Among these, notable features include an 'exam panel' with randomized icons, a *chatbot* for anamnesis, automated feedback, and a badge system to reinforce student motivation. This pedagogical architecture enabled alignment of educational objectives with the technical design of the simulator.

The second phase addressed the use of AI to generate synthetic clinical cases and develop predictive models to support automated feedback. A total of 1,478 anonymized clinical records were collected from a university clinic and a private clinic, following ethical committee approval. These included 1,125 general cases and 353 CL-specific cases, which were merged and modelled to create an integrated database. Using the K-Nearest Neighbours (KNN) algorithm - which classifies a new data point by comparing it with the most similar previously stored data -, a synthetic dataset of 5,000 cases was generated, maintaining statistical and clinical coherence. Subsequently, three multiclass classification models were trained using Random Forest - which relies on multiple decision trees - to predict the most suitable CL design, material, and replacement system for each case. The models achieved an overall accuracy of approximately 85%, with the design prediction performing best (89.5%). These results demonstrate the feasibility of integrating AI into educational environments to simulate clinical scenarios.

The third phase involved the technical development of the eSICLC, transforming the instructional design and generated data into a functional, multilingual, and responsive web application. Named SILVIA (Simulator for Interactive Learning in Visual Assistance), the tool allows users to interact with simulated clinical cases, request examinations in a non-predefined order, conduct anamnesis via a *chatbot*, and make clinical management decisions. The system provides automated feedback based on the AI models and the sequence of actions performed, generating specific scores for each aspect of case management. Gamification elements, such as badges and grades, contribute to reinforcing autonomous learning and motivation. The pilot

version of the application, hosted in the cloud, was designed to be cross-platform and adaptable to various devices.

SILVIA represents a potential advancement in CL education by offering an immersive environment that bridges theory and practice, strengthens clinical thinking, and allows students to make mistakes without risk to real patients. Its modular design and the possibility of future expansion into other areas of optometry make it a versatile resource for training healthcare professionals. Although the pilot version presents limitations -such as the absence of permanent data storage, the simplicity of the *chatbot*, and the initial restriction in the volume and diversity of CL-specific data used to train the models- its pedagogical and technical architecture provides a solid foundation for further improvements, including the integration of advanced natural language processing models and modules for supervised educational use. These limitations have been recognized as opportunities for future improvement.

The development of SILVIA, resulting from the integration of sound pedagogical principles, AI techniques, and web technologies, constitutes a valuable tool to support the teaching-learning process in CL practice. This simulator enables students to take their first steps toward developing clinical reasoning in a safe and controlled environment, aligned with the training needs identified in previous chapters.

The results of this study were presented at the VI Conference of UVA Predoctoral Researchers in Vision Sciences (2022), where it was awarded Best Presentation, and at the 28th OPTOM Congress (2024) as a poster presentation.

## **Chapter 9. Proof of concept: usability and opinion evaluation of the clinical case simulator for contact lenses**

Training in CL practice requires active and innovative methodologies that promote the integration of theoretical knowledge and practical skills within safe virtual environments. SILVIA, a digital simulator based on AI, was conceived to replicate interactive clinical contexts in CL practice, as described in Chapter 8. Within this framework, Chapter 9 presents a proof-of-concept study aimed at determining professionals' and educators' acceptance of SILVIA and evaluating its usability among CL students.

An exploratory cross-sectional study was conducted, approved by an ethics committee, using online questionnaires adapted for students, professionals, and educators. Dissemination was carried out through collaborations with professional associations (IACLE, BUCLE), universities, and social media. The survey, available in Portuguese, Spanish, and English, was accessible via SILVIA's website and directly through the simulator's interface.

The questionnaire applied to students was based on the System Usability Scale (SUS), a validated tool for evaluating user experience with interactive systems, consisting of 10 questions alternating positive and negative statements. For professionals and educators, a structured instrument was designed covering seven dimensions and comprising 15 questions: perceived usefulness, ease of use, realism and fidelity, interaction and engagement, educational relevance, feedback and

evaluation, and intention to use. An open-ended question was also included to collect qualitative feedback.

The final sample included 268 participants after excluding incomplete records: 181 students and 87 professionals/educators, from Brazil (79.9%), Spain (13.1%), and other countries. The mean age was 40.4 years, with a slight male predominance (52.2%). Among students, the overall SUS score was  $73.1 \pm 12.2$ , considered indicative of good usability according to established standards, where values above 68 are deemed acceptable. The highest-rated items related to ease of use and willingness for future use, while negative statement items scored low, reflecting an overall positive experience. In country comparisons, Brazilian students reported higher needs for technical support ( $P=0.001$ ), possibly linked to a higher average age and lower familiarity with digital simulators. Conversely, Spanish students reported lower confidence during navigation ( $P=0.001$ ), potentially related to translation issues or differences in clinical interaction styles.

In the professionals and educators group, the overall mean rating was  $4.18 \pm 0.53$  on a 5-point Likert scale, with the highest scores in educational relevance (4.31) and intention to use (4.31). CL specialists (4.5) and Portuguese-speaking participants (4.4) scored higher compared to other profiles and non-Portuguese speakers (3.9;  $P < 0.001$ ). IACLE members, although not showing statistically significant differences from non-members ( $P=0.134$ ), tended to rate perceived usefulness and feedback more critically, possibly due to their consolidated pedagogical experience. The highest-rated items highlighted the simulator's applicability as a training tool, while lower-rated aspects related to automated feedback. Qualitative analysis of 62

comments (74.7% participation) identified six main categories: anamnesis (38.7%), praise (32.3%), feedback (25.8%), functionality, clinical behaviour, and general observations. Recommendations included expanding anamnesis with open-ended questions, improving formative feedback, and offering more options for clinical management. Praises emphasized the simulator's realism and its usefulness in settings with limited access to real patients.

The results demonstrate SILVIA's good acceptance across different user profiles, highlighting its potential as a complementary pedagogical resource in CL training. Observed differences between subgroups underline the need to adapt the simulator to diverse clinical and cultural contexts and to incorporate advanced functions to meet user expectations and further enhance the learning experience. Likewise, limitations of the sample and the need to broaden simulated clinical scenarios were acknowledged, aspects highlighted for future stages of development, which propose advancing with multicentre trials, integrating natural language processing models for more realistic anamnesis, and developing teaching modules for supervised use..

The results of this chapter were preliminarily presented at the 1st National Symposium of Optometry at Universidade do Contestado (2025).



## Chapter 10. Challenges and future lines

The development of the eSICLC presented multiple challenges related to the integration of pedagogical components, clinical competencies, and digital technologies into a single tool. Building this resource required exploring unfamiliar areas, such as AI, which involved a complex and continuous learning curve. The absence of similar precedents generated uncertainty throughout much of the process, further compounded by difficulties in accessing specific clinical data, which influenced key development decisions.

Additional limitations arose from the professional and academic context in Latin America, where the low level of scientific integration restricted access to collaborative networks, relevant data, and dissemination channels. Exceptional circumstances, such as the COVID-19 pandemic and personal situations with significant emotional impact, also affected the pace of work. Nevertheless, the support of a collaborative team was fundamental in advancing and completing the thesis.

Throughout the different studies, challenges were identified, such as the heterogeneity of curricula and the limited coverage of interactive digital resources, along with the need for broader clinical validations. These observations reinforce the importance of integrating the simulator into optometry curricula through multicenter validations, while simultaneously optimizing AI algorithms, feedback mechanisms, and the user interface. Looking forward, there is a plan to refine the simulator and explore its application in other areas of visual health, with the goal of establishing it as a dynamic pedagogical resource for CL training.

## Chapter 11. Conclusions

**General Conclusion:** A web-based simulator has been developed and validated to virtually simulate clinical interactions in AI-generated CL cases. The development was achieved through the integration of professional competencies and active pedagogy principles, and its validation through a proof-of-concept study yielded positive evaluations in terms of usability and educational perception by students, professionals, and educators. Additionally, areas and needs for improvement were identified, demonstrating its potential to complement CL training by reinforcing clinical reasoning and decision-making skills in simulated contexts applied to CL education.

**Conclusion 1:** The curriculum structures of optometry programs show differences in the training dedicated to CL-related content, which generally represents approximately 5% of total learning time. This finding suggests the need to optimize teaching-learning processes aimed at developing competencies in CL practice.

**Conclusion 2:** Digital environments ICTs supporting education and the learning objects available for CL teaching are mostly promoted by non-university associations, with few studies describing their scientific validation. This underscores the need to develop and evaluate new ICT-based tools to improve the teaching-learning process in CL.

**Conclusion 3:** A structured pedagogical-instructional model based on clinical competencies in CLs has been designed, supporting the educational design of the virtual simulator. The pedagogical structuring of the simulator is based on a synthesis of skills linked to professional CL practice, enabling the translation of specific competencies into

operational learning elements that serve as instructional design and a guide for constructing the educational object.

**Conclusion 4:** A web-based clinical interaction simulator has been developed, utilizing AI to generate synthetic clinical scenarios and provide feedback, with potential use as a support tool in the teaching-learning process in CL.

**Conclusion 5:** The usability levels of the virtual simulator were rated positively by students, achieving scores above the reference averages on the SUS scale during pilot tests. High ratings were particularly noted for navigation ease, content comprehension, and general perception of its functionality.

**Conclusion 6:** The proof-of-concept evaluation of the virtual simulator by educators and professionals demonstrated a positive perception of its utility, with strong ratings across all analysed aspects, supporting its applicability in CL education processes. Opportunities for improvement were also identified, especially regarding the anamnesis interface and customization of feedback.





Capítulo

2

**RESUMEN**

*Summary in Spanish*



Este capítulo presenta un resumen de los contenidos de la Tesis Doctoral, centrado en su núcleo, conformado por los capítulos 3 a 11.

### Capítulo 3. Introducción

La introducción se organiza en secciones temáticas que abordan los fundamentos conceptuales de esta Tesis Doctoral, integrando aspectos de la educación en salud, tecnologías digitales y modelos pedagógicos.

La formación de profesionales en el ámbito de la salud exige enfoques integrados y actualizados, particularmente en áreas como la optometría, donde el cuidado visual debe concebirse como parte de un proceso continuo de atención. En relación con la **educación en salud y en las ciencias de la visión**, destaca la importancia de formar profesionales capaces de actuar en contextos diversos, articulando conocimientos técnicos y habilidades clínicas, con un enfoque en la integralidad del cuidado. Las demandas trascienden el dominio de contenidos biomédicos e incluyen competencias en comunicación, pensamiento crítico y uso responsable de tecnologías. En este marco, las ciencias de la visión asumen un papel estratégico en las políticas de salud pública, especialmente en regiones con recursos limitados y una creciente necesidad de atención visual y ocular.

Las particularidades del proceso de **enseñanza-aprendizaje en contactología** revelan lagunas estructurales y pedagógicas que afectan directamente la formación clínica. La adaptación de lentes de contacto (LC) implica competencias específicas, juicio clínico y toma de decisiones individualizadas. Es esencial diferenciar entre habilidades y competencias, que integran conocimientos, actitudes y aplicación en contextos clínicos, para reestructurar los modelos pedagógicos. La

aparición de subespecialidades como la ortoqueratología, control de la miopía y adaptación de lentes esclerales refuerza la necesidad de una formación continua y especializada. Estrategias como el aprendizaje basado en problemas, recursos de simulaciones, resolución de casos y métodos activos son alternativas viables para fomentar la autonomía, razonamiento clínico y la integración entre teoría y práctica, incluso en entornos con restricciones de infraestructura.

La construcción de estrategias pedagógicas consistentes requiere el uso de un **diseño instruccional (DI) y entornos virtuales** que garanticen la alineación entre los objetivos pedagógicos, las metodologías empleadas y los recursos disponibles. Modelos como ADDIE (análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación), ampliamente utilizado en el ámbito educativo, permite estructurar de manera progresiva las fases, facilitando la consecución de competencias de forma medible. Las diferentes corrientes pedagógicas, como el conductismo, el cognitivismo, el constructivismo y el sociointeraccionismo, ofrecen fundamentos teóricos que, combinados adecuadamente, sustentan el desarrollo de materiales didácticos y la elección de entornos virtuales. Los entornos digitales bien diseñados, tanto síncronos como asíncronos, favorecen la participación activa del estudiante y permiten una mayor personalización del ritmo de aprendizaje. Componentes como la retroalimentación, indicadores de desempeño y recursos interactivos son fundamentales para mantener el compromiso y fortalecer el aprendizaje.

La necesidad de **innovación educativa** es un tema recurrente en la formación en salud, y se reconoce como un componente fundamental en las discusiones sobre calidad formativa. Los métodos tradicionales



basados en clases expositivas y evaluaciones sumativas ya no son suficientes para preparar profesionales capaces de enfrentar los desafíos complejos de la práctica clínica. La incorporación de metodologías activas, como el aprendizaje basado en problemas, el basado en proyectos, la clase invertida y las diferentes estrategias de gamificación, junto con el uso de tecnologías de la información y la comunicación (TICs) y objetos educativos digitales (OED), han demostrado ser eficaces para promover habilidades como el análisis, síntesis, pensamiento clínico y la resolución de problemas. En el campo de la salud visual, estas aproximaciones aún son poco comunes, debido a diferentes factores como las limitaciones de las instituciones y la falta de capacitación docente. Estas tendencias subrayan la necesidad de integrar recursos digitales innovadores para democratizar el acceso a materiales de calidad y fortalecer las competencias clínicas.

En el ámbito de los **simuladores en el aprendizaje clínico**, destaca el creciente uso de herramientas tanto físicas, como maniquíes y ojos artificiales, como digitales, con plataformas de simulación virtual, para entrenar diferentes habilidades técnicas y cognitivas sin riesgo para los pacientes. Los simuladores varían en fidelidad, alcance y tipo de interfaz, y se clasifican como de alta fidelidad (capaces de reproducir entornos y respuestas clínicas de manera realista) o de baja fidelidad (que permiten entrenar tareas específicas con menor complejidad técnica). Su principal ventaja pedagógica radica en la posibilidad de repetir procedimientos, cometer errores sin consecuencias reales, recibir retroalimentación inmediata y trabajar en contextos realistas con menos necesidad de infraestructura física. Estrategias como el aprendizaje basado en escenarios, simulaciones con decisiones ramificadas y las plataformas que integran datos clínicos ofrecen

experiencias formativas inmersivas de gran utilidad pedagógica. En la contactología, los pocos ejemplos disponibles se centran en pruebas diagnósticas y de anatomía ocular, siendo escasos los simuladores diseñados para cubrir el proceso completo de adaptación de LC.

La irrupción de la **inteligencia artificial (IA) en la educación** amplía las posibilidades de personalización, análisis e innovación en los procesos formativos. Alimentada por técnicas de *machine learning*, la IA permite el desarrollo de plataformas adaptativas, tutores inteligentes, sistemas de predicción de rendimiento, retroalimentación automatizada y análisis del comportamiento del usuario en tiempo real. En la educación sanitaria, ya se observan aplicaciones en simuladores que integran algoritmos para prever conductas clínicas, adaptar casos al perfil del estudiante y generar bancos dinámicos de preguntas. Entre los modelos estadísticos utilizados se encuentran la regresión logística, los árboles de decisión, Random Forest y K-Nearest Neighbors (KNN), empleados para predecir resultados clínicos y recomendar estrategias formativas. La IA también se aplica en sistemas de corrección automática, reconocimiento de lenguaje natural y evaluación de trayectorias de aprendizaje. En contactología, aunque se ha explorado su uso para proponer modelos predictivos clínicos del diseño y material de lentes o ajustes de sus parámetros según diferentes variables oculares, aún no existen aplicaciones educativas específicas en este campo.

Estas herramientas basadas en IA, cuando se fundamentan en principios pedagógicos sólidos, tienen el potencial de ampliar el acceso a la formación, mejorar la eficiencia del proceso educativo y ofrecer experiencias de aprendizaje más ricas e inmersivas.

## Capítulo 4. Justificación

La formación clínica en LC representa un componente esencial en la educación de los optometristas, pero también enfrenta obstáculos que limitan el acceso y la calidad del aprendizaje tanto práctico como teórico. Esta situación compromete el desarrollo del razonamiento clínico y la autonomía en la toma de decisiones de los estudiantes, especialmente ante la necesidad de suficiente experiencia con una diversidad de situaciones prácticas. El problema se intensifica frente a la creciente demanda de profesionales sanitarios capacitados para atender casos complejos, como aquellos que requieren adaptaciones con lentes gas permeables (GP) en córneas irregulares, lo que pone de manifiesto carencias en la preparación universitaria o en la formación continua, así como la necesidad de estrategias educativas más eficaces.

Simultáneamente, se han identificado necesidades de mejora en la formación en contactología en diferentes contextos. En paralelo, el avance de las tecnologías digitales ha abierto nuevas posibilidades en el ámbito educativo en salud, donde simuladores y objetos de aprendizaje interactivos se han consolidado como herramientas útiles para integrar teoría y práctica. No obstante, su uso en contactología sigue siendo incipiente, existiendo un amplio margen para la innovación. En este contexto, se propone el desarrollo de un e-simulador de interacción clínica en LC (eSICLC) como recurso formativo complementario, capaz de apoyar la enseñanza tradicional y de transformar la manera de aprender habilidades, favoreciendo el aprendizaje del pensamiento clínico aplicado a la contactología.

## **Capítulo 5. Hipótesis, objetivos y metodología general**

### **Hipótesis:**

Es posible desarrollar un simulador virtual de interacción clínica (SVIC) basado en casos de LC para su uso como herramienta educativa capaz de contribuir al desarrollo de competencias del estudiante en ciencias de la visión y de apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en LC.

### **Objetivo General:**

Desarrollar y validar un SVIC que integre herramientas de IA para la generación y retroalimentación de casos clínicos para su aplicación en la enseñanza de LC, teniendo en cuenta en su diseño las competencias profesionales propias de la contactología.

### **Objetivos Específicos**

1. Analizar la estructura curricular y la inclusión de contenidos relacionados con LC en planes de estudio de programas universitarios de Optometría en distintos países, con el fin de identificar las características de la formación impartida en esta área.
2. Mapear y describir los entornos digitales de apoyo educativo y los objetos de aprendizaje disponibles para la enseñanza en contactología, identificando sus características y evidencia asociada.
3. Diseñar un modelo pedagógico-instruccional estructurado, basado en competencias clínicas en LC, para sustentar el diseño educativo del simulador virtual.

4. Desarrollar una herramienta web de interacción clínica, capaz de generar escenarios sintéticos y proporcionar retroalimentación automatizada mediante el uso de IA.
5. Evaluar la usabilidad del simulador desde la perspectiva del estudiante, considerando aspectos como la facilidad de navegación, la comprensión de contenidos y la percepción general de su funcionalidad.
6. Explorar la aplicabilidad educativa del simulador desde la perspectiva de profesionales y docentes, considerando su utilidad percibida, su potencial de integración en la enseñanza y aspectos relevantes para su mejora continua.

### **Metodología general**

La Tesis Doctoral se estructuró como una investigación orientada al desarrollo y validación preliminar de un simulador digital interactivo destinado a fortalecer la enseñanza de LC en el ámbito de la formación en salud visual. Para ello, se adoptó como marco metodológico general el modelo instruccional ADDIE, reconocido por su utilidad en la planificación de soluciones educativas centradas en el aprendizaje y las necesidades del usuario final. Este modelo se compone de cinco fases secuenciales: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación.

Durante la fase de Análisis se identificaron las necesidades formativas prioritarias y se caracterizó el contexto de enseñanza-aprendizaje en contactología, lo que permitió delimitar de forma clara las brechas estructurales existentes en la integración de competencias

profesionales. En la fase de Diseño y Desarrollo, se definieron las competencias clínicas clave, se seleccionaron enfoques pedagógicos adecuados y se construyó el simulador, integrando recursos digitales y técnicas de IA para respaldar su arquitectura funcional, interactiva y formativa. La fase de Implementación permitió aplicar la herramienta desarrollada en una prueba piloto, mediante cuestionarios estandarizados que evaluaron su usabilidad, aceptación y relevancia educativa.

Esta metodología permitió articular todas las etapas del proyecto, alineando los objetivos específicos con la creación de una herramienta innovadora y coherente con las demandas actuales de la enseñanza clínica en LC.

## Capítulo 6. Enseñanza de lentes de contacto: un análisis de la organización curricular entre diferentes programas de Optometría

La formación en LC es reconocida como una competencia esencial en el currículo de optometría, suponiendo un apartado fundamental en la preparación de profesionales para responder a las demandas del cuidado visual, especialmente en lo relacionado con el segmento anterior ocular. Las LC representan una opción terapéutica y refractiva ampliamente utilizada, lo que exige conocimientos teóricos sólidos y habilidades clínicas avanzadas para su adaptación segura y eficaz. En este contexto, se ha explorado cómo abordan diferentes programas universitarios la enseñanza de LC, a partir de un análisis global de diferentes planes de estudio disponibles públicamente, con el fin de identificar tendencias y aportar información que respalde la mejora de las estrategias pedagógicas en esta disciplina.

Se analizaron 40 programas de optometría de universidades distribuidas en América del Norte (7), América Latina (6), Europa (13), Asia (6), África (4) y Oceanía (4), utilizando datos públicos extraídos de sitios oficiales. Solo se incluyeron asignaturas obligatorias con referencia explícita a LC. Los créditos académicos fueron convertidos al sistema ECTS mediante tablas de equivalencia, asignando 10 horas lectivas presenciales por crédito. Se recogieron datos sobre el número de asignaturas, carga horaria total, proporción entre teoría y práctica y ubicación temporal de la enseñanza de LC en el plan de estudios.

El número de asignaturas específicas de LC osciló entre 1 y 6 (media  $2,7 \pm 1,3$ ), ofreciendo más asignaturas las universidades asiáticas y

norteamericanas (media 4,3 y 3,1 respectivamente) en comparación con las europeas (media 2,1) y las de Oceanía (media 1,5). La carga horaria promedio dedicada a LC fue de  $144,5 \pm 62,3$  horas, lo que equivale al 5,4% del total del programa. Las universidades de América del Norte presentaron la mayor carga (media 189 horas; 5,7%), seguidas de las de Asia (163 horas; 6,3%) y las Europeas (130 horas; 6%) y las de Oceanía (112 horas; 3,7%) registraron cargas menores.

La distribución teoría-práctica mostró un predominio de contenidos teóricos en las universidades Europeas y de América Latina, mientras que las de Asia y Oceanía presentaron modelos más equilibrados. En las universidades de Oceanía, la enseñanza práctica (75h) incluso superó a la teórica (37h), y en las de América del Norte se observó un reparto de 87 horas prácticas y 102 horas teóricas.

Estos hallazgos indican una dedicación curricular limitada y desigual, con posibles implicaciones en la preparación de los futuros profesionales. A partir de los datos obtenidos, se ha encontrado un mínimo del 5% de carga horaria dedicada a la formación en LC, que puede considerarse como el mínimo estándar, y la necesidad de estrategias para equilibrar la formación teoría y práctica, además de integrar tecnologías educativas como simuladores interactivos, con el fin de fortalecer las competencias clínicas y reducir brechas en la formación global en contactología.

Los resultados de este estudio fueron publicados en *Clinical and Experimental Optometry* (2025) y presentados en el 27º Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica (OPTOM 2022) en formato póster.



## Capítulo 7. Análisis del uso de las tecnologías de información y comunicación en la educación en lentes de contacto

Las TICs han adquirido un papel estratégico en la educación en ciencias de la salud, ofreciendo soluciones que facilitan el aprendizaje, fomentan la interacción y apoyan el desarrollo de competencias clínicas. En el ámbito de la salud visual, y particularmente en la formación en LC, estas herramientas surgen como un recurso complementario para superar las limitaciones curriculares identificadas en el Capítulo 6, especialmente en cuanto al tiempo y la disponibilidad de espacios clínicos. Este capítulo tiene como objetivo mapear y analizar la disponibilidad de entornos educativos y herramientas digitales de apoyo a la enseñanza en contactología, así como identificar y clasificar los OED más utilizados en esta área.

Se realizó una búsqueda exploratoria en 2023 en sitios web de asociaciones profesionales, instituciones académicas y empresas del sector, utilizando Google con términos clave en español, inglés y portugués. Los recursos identificados fueron clasificados según tipo de proveedor (asociaciones profesionales, industria, instituciones académicas), cobertura geográfica (global o regional), forma de acceso (abierto, abierto selectivo o cerrado), funcionalidad pedagógica y existencia de evidencia científica asociada. Se adoptó una tipología funcional para los OED, agrupándolos en instrucción, colaboración, práctica y evaluación. Una búsqueda complementaria en PubMed verificó la presencia de publicaciones científicas relacionadas con los recursos encontrados.

Se identificaron 39 entornos digitales de apoyo a la enseñanza en contactología (EDAEC), gestionados por 38 proveedores diferentes, que ofrecían un total de 117 OED con una media de tres recursos por sitio. Los *ebooks* fueron el tipo de recurso más frecuente (24%), seguidos de *webinars* (20,5%) y vídeos (16,2%). En términos de funcionalidad, los OED de instrucción representaron el 52,1%, colaboración 22,2%, evaluación 13,7% y práctica apenas el 12%, y no se identificaron simuladores interactivos. Las asociaciones profesionales concentraron el 46% de la oferta, mientras que las instituciones académicas apenas alcanzaron el 5%. En cuanto a cobertura, la mitad de los recursos tuvo alcance global (49%) y la otra mitad regional (51%). El modelo de acceso más frecuente fue el abierto selectivo (63%), que ofrece acceso gratuito condicionado a ciertos requisitos, seguido del cerrado (29%) y del completamente abierto (8%). Solo dos EDAEC (5%) presentaron publicaciones científicas asociadas a los recursos ofrecidos.

Estos hallazgos revelan un panorama de TICs en la educación en LC dominado por recursos de transmisión de información, con una baja representación de herramientas orientadas a la práctica clínica o la gamificación. Esto sugiere la necesidad de innovar mediante el desarrollo de recursos interactivos validados, capaces de fortalecer las competencias prácticas y el razonamiento clínico en contactología, alineados con los desafíos actuales de la formación en salud visual.

Los resultados de este estudio fueron presentados en el Congreso OPTOM 2024 en formato póster.

## Capítulo 8. E-simulador de interacción clínica en lentes de contacto: del diseño al desarrollo como herramienta educativa en contactología

La enseñanza de LC demanda competencias complejas que integren conocimientos teóricos, habilidades clínicas y capacidad de crítica. Sin embargo, como se identificó en los Capítulos 6 y 7, la formación en LC enfrenta limitaciones curriculares y una escasa disponibilidad de recursos digitales interactivos. Para abordar estas carencias, se desarrolló un eSICLC, concebido como una herramienta educativa innovadora centrada en competencias, con el objetivo de ofrecer una experiencia formativa dinámica, accesible y apoyada en tecnologías digitales e IA para fortalecer la formación en contactología.

El desarrollo del eSICLC se estructuró en tres fases metodológicas interconectadas. La primera fase se centró en el diseño pedagógico e instruccional, definiendo seis competencias clave para la formación en contactología, desglosadas en 17 habilidades profesionales. Estas competencias fueron organizadas en siete principios pedagógicos orientadores, como la promoción del razonamiento clínico, retroalimentación formativa y la motivación a través de gamificación. A partir de este marco, se definieron 14 funcionalidades agrupadas en cuatro dimensiones operativas: navegación, interacción, comunicación y simulación. Entre ellas destacan recursos como un ‘panel de exámenes’ con íconos aleatorios, un *chatbot* para anamnesis, retroalimentación automática y un sistema de medallas para reforzar la motivación del estudiante. Esta arquitectura pedagógica permitió alinear los objetivos educativos con el diseño técnico del simulador.

La segunda fase abordó el uso de IA para generar casos clínicos sintéticos y desarrollar modelos predictivos para apoyar la retroalimentación automática. Se recopilaron 1.478 registros clínicos anonimizados de una clínica universitaria y una clínica privada, tras obtener la autorización de un comité de ética. Estos incluyeron 1.125 casos generales y 353 específicos de LC, que fueron fusionados y modelados para crear una base de datos integrada. Aplicando el algoritmo KNN - que clasifica un nuevo dato comparándola con los datos más similares previamente almacenados - se generó una base sintética de 5.000 casos con coherencia estadística y clínica. Posteriormente, se entrenaron tres modelos de clasificación multiclase mediante *Random Forest* - que utiliza múltiples tomas de decisión - para predecir el diseño, material y sistema de reemplazo de LC más adecuado en cada caso. Los modelos alcanzaron una exactitud general de aproximadamente 85%, destacando la predicción del diseño (89,5%). Estos resultados evidencian la viabilidad de integrar la IA en entornos educativos para simular escenarios clínicos.

La tercera fase implicó el desarrollo técnico del eSICLC, transformando el DI y los datos generados en una aplicación web funcional, multilingüe y responsiva. Denominada SILVIA (*Simulator for Interactive Learning in Visual Assistance*), la herramienta permite al usuario interactuar con casos clínicos simulados, solicitar exámenes en orden no preestablecido, realizar anamnesis mediante un *chatbot* y tomar decisiones sobre manejo clínico. El sistema proporciona retroalimentación automatizada basada en los modelos de IA y en la secuencia de acciones realizadas, generando puntuaciones específicas para cada aspecto del manejo del caso. Elementos de gamificación como medallas y notas contribuyen a reforzar el aprendizaje autónomo

y la motivación. La aplicación en versión piloto, alojada en la nube, fue diseñada para ser multiplataforma y adaptarse a diversos dispositivos.

SILVIA representa un avance potencial en la enseñanza de LC, al ofrecer un entorno inmersivo que conecta teoría y práctica, fortalece el pensamiento clínico y permite al estudiante cometer errores sin riesgo para los pacientes reales. Su diseño modular y la posibilidad de expansión futura hacia otras áreas de la optometría lo convierten en un recurso versátil para la formación de profesionales sanitarios. Aunque la versión piloto presenta limitaciones, como la ausencia de almacenamiento permanente de datos, la simplicidad del *chatbot* y la restricción inicial en el volumen y diversidad de datos específicos de LC utilizados para entrenar los modelos, su arquitectura pedagógica y técnica ofrece una base sólida para mejoras posteriores, incluyendo la integración de modelos de lenguaje natural avanzados y módulos para su uso docente supervisado. Estas limitaciones han sido reconocidas como oportunidades de mejora futura.

El desarrollo de SILVIA, resultado de la integración de principios pedagógicos adecuados, técnicas de IA y tecnologías web, constituye una herramienta útil para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en contactología. Este simulador permite a los estudiantes dar sus primeros pasos hacia el desarrollo del razonamiento clínico en un entorno seguro y controlado, alineado con las necesidades formativas identificadas en los capítulos anteriores.

Los resultados de este estudio fueron presentados en la VI Jornada de Investigadores Predoctorales de la UVa (2022), obteniendo el premio a la mejor comunicación, y en el 28º OPTOM (2024) en formato póster.

## Capítulo 9. Prueba de concepto: evaluación de la usabilidad y opinión del simulador de casos clínicos para lentes de contacto

La formación en contactología requiere metodologías activas e innovadoras que favorezcan la integración de conocimientos teóricos y habilidades prácticas en entornos virtuales seguros. SILVIA, un simulador digital basado en IA, fue concebido para reproducir contextos clínicos interactivos en LC, tal como se describe en el Capítulo 8. En este contexto, el capítulo 9 presenta una prueba de concepto orientada a determinar la aceptación de profesionales y docentes respecto al uso de SILVIA, y a evaluar su usabilidad entre estudiantes de contactología.

Se llevó a cabo un estudio exploratorio con diseño transversal, aprobado por un comité de ética, mediante cuestionarios *online* adaptados a estudiantes, profesionales y docentes. La difusión se realizó a través de colaboraciones con asociaciones profesionales (IACLE, BUCLE), universidades y redes sociales. La encuesta, disponible en portugués, español e inglés, fue accesible desde la página web de SILVIA y la propia interfaz del simulador.

El cuestionario aplicado a estudiantes se basó en la System Usability Scale (SUS), una herramienta validada para evaluar la experiencia de uso de sistemas interactivos, compuesta por 10 preguntas con afirmaciones positivas y negativas alternadas. Se diseñó un instrumento estructurado en siete dimensiones, compuesto por 15 preguntas: utilidad percibida, facilidad de uso, realismo y fidelidad, interacción y compromiso, relevancia educativa, retroalimentación y evaluación, e intención de uso disponible para profesionales, docentes y estudiantes

universitarios. Además, se incluyó una pregunta abierta para recoger comentarios cualitativos.

La muestra final incluyó 268 participantes tras excluir registros incompletos: 181 estudiantes y 87 profesionales/docentes, provenientes de Brasil (79,9%), España (13,1%) y otros países. La media de edad fue de 40,4 años, con ligera predominancia masculina (52,2%). Entre los estudiantes, la puntuación global de la SUS fue de  $73,1 \pm 12,2$ , considerada de buena usabilidad según los estándares, donde valores por encima de 68 se aceptan como adecuados. Los ítems mejor valorados se relacionaron con la facilidad de uso y el deseo de uso futuro, mientras que los ítems de afirmación negativa mostraron valores bajos, reflejando una experiencia mayormente positiva. En la comparación por países, los brasileños señalaron mayores necesidades de apoyo técnico ( $P=0,001$ ), posiblemente relacionadas con una edad promedio superior y menor familiaridad con simuladores digitales. Por su parte, los estudiantes españoles reportaron menor seguridad durante la navegación ( $P=0,001$ ), lo que podría vincularse a la traducción del simulador y a diferencias en los estilos de interacción clínica.

En el grupo de profesionales y docentes, la media general fue de  $4,18 \pm 0,53$  en la escala Likert (1-5), con puntuaciones superiores en las dimensiones de relevancia educativa (4,31) e intención de uso (4,31). Las puntuaciones más altas provinieron de contactólogos (4,5) y hablantes de portugués (4,4) en comparación con otros perfiles y hablantes no portugueses (3,9;  $P < 0,001$ ). Los miembros de la IACLE, aunque no mostraron diferencias estadísticamente significativas respecto a los no miembros ( $P=0,134$ ), tendieron a valorar de forma más crítica la utilidad percibida y la retroalimentación, posiblemente debido

a su experiencia pedagógica consolidada. Los ítems con mejores valoraciones destacaron la aplicabilidad del simulador como herramienta formativa, mientras que los aspectos menos puntuados estuvieron vinculados a la retroalimentación automática. El análisis cualitativo de 62 comentarios (74,7% de participación) identificó seis categorías principales: anamnesis (38,7%), elogios (32,3%), retroalimentación (25,8%), funcionalidad, conducta clínica y observaciones generales. Las recomendaciones incluyeron ampliar la anamnesis con preguntas abiertas, mejorar la retroalimentación formativa y ofrecer más opciones de manejo clínico. Entre los elogios destacaron el realismo y la utilidad del simulador en entornos con acceso limitado a pacientes reales.

Los resultados demuestran la buena aceptación de SILVIA entre distintos perfiles, destacando su potencial como recurso pedagógico complementario en la formación en contactología. Las diferencias observadas entre subgrupos subrayan la necesidad de adaptar el simulador a contextos clínicos y culturales diversos, así como de incorporar funciones avanzadas para responder a las expectativas de los usuarios y mejorar aún más la experiencia de aprendizaje. Asimismo, se destaca las limitaciones de la muestra y la necesidad de ampliar escenarios clínicos simulados, aspectos señalados para etapas futuras de desarrollo, en las que se propone avanzar con pruebas multicéntricas, integrar modelos de lenguaje natural para anamnesis más realistas y desarrollar módulos docentes para su uso supervisado.

Los resultados de este capítulo fueron presentados preliminarmente en el 1<sup>er</sup> Simposio Nacional de Optometría de la Universidad de Contestado (2025).



## Capítulo 10. Desafíos y líneas futuras

El desarrollo del eSICLC presentó múltiples desafíos vinculados a la integración de componentes pedagógicos, competencias clínicas y tecnologías digitales en una herramienta única. La construcción del recurso requirió explorar áreas poco familiares, como la IA, lo que supuso una curva de aprendizaje compleja y constante. La ausencia de antecedentes similares generó incertidumbre durante gran parte del proceso, agravada por la dificultad de acceder a datos clínicos específicos, lo que condicionó decisiones clave del desarrollo.

A ello se sumaron limitaciones asociadas al contexto profesional y académico en Latinoamérica, donde la baja inserción científica restringió el acceso a redes colaborativas, datos relevantes y canales de difusión. Circunstancias excepcionales como la pandemia de la COVID-19 y situaciones personales de gran impacto emocional también afectaron el ritmo de trabajo. Pese a ello, el acompañamiento de un equipo colaborador fue fundamental para avanzar y culminar la tesis.

A lo largo de los distintos estudios se identificaron desafíos como la heterogeneidad de los planes de estudio, la cobertura limitada de recursos digitales y la necesidad de validaciones clínicas más amplias. Estas observaciones refuerzan la importancia de integrar el simulador en los currículos de optometría mediante validaciones multicéntricas, al tiempo que se optimizan los algoritmos de IA, la retroalimentación y la interfaz de usuario. De cara al futuro, se propone perfeccionar el simulador y ampliar su aplicación a otras áreas de la salud visual, consolidándolo como un recurso pedagógico dinámico para la formación en LC.

## Capítulo 11. Conclusiones

**Conclusión general:** Se ha desarrollado y validado un simulador web que permite simular virtualmente interacciones clínicas en casos de LC generados mediante IA. El desarrollo se ha realizado a partir de la integración de competencias profesionales y principios de pedagogía activa y la validación mediante una prueba de concepto, que ha obtenido valoraciones positivas tanto en términos de usabilidad como de percepción educativa por estudiantes, profesionales y educadores, además de identificar áreas o necesidades de mejora, que demuestra su potencial para complementar la formación en LC, reforzando habilidades de razonamiento clínico y toma de decisiones en contextos simulados aplicados a la contactología.

**Conclusión 1:** Las estructuras curriculares de los programas formativos de Optometría presentan diferencias en la formación dedicada a contenidos relacionados con LC; que en términos generales, representa aproximadamente un 5 % del tiempo de aprendizaje, lo que sugiere la necesidad de optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje orientados al desarrollo de competencias en contactología.

**Conclusión 2:** Los entornos digitales (TIC) de apoyo educativo y los objetos de aprendizaje disponibles para la enseñanza en contactología se encuentran mayoritariamente promovidos por asociaciones no universitarias, y existen escasos trabajos que describan su validación científica, lo que sugiere la necesidad de desarrollar y evaluar nuevas herramientas basadas en TIC que contribuyan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en contactología.

**Conclusión 3:** Se ha diseñado un modelo pedagógico-instruccional estructurado, basado en competencias clínicas en LC, que sustenta el diseño educativo del simulador virtual. La estructuración pedagógica del simulador se basa en una síntesis de habilidades vinculadas al ejercicio profesional en LC, lo que permitió traducir competencias específicas en elementos operativos de aprendizaje, sirviendo como DI y guía para la construcción del objeto educativo.

**Conclusión 4:** Se ha desarrollado un simulador de interacción clínica basado en web, que utiliza IA para generar escenarios clínicos sintéticos y proporcionar retroalimentación, con potencial de uso como herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje en contactología.

**Conclusión 5:** Los niveles de usabilidad del simulador virtual son valorados positivamente por los estudiantes, alcanzando puntuaciones superiores a los promedios de referencia en la escala SUS, durante las pruebas realizadas con la versión piloto en la facilidad de navegación, la comprensión de contenidos y la percepción general de su funcionalidad.

**Conclusión 6:** La prueba de concepto del simulador virtual por parte de docentes y profesionales evidenció una percepción positiva de su utilidad, con una buena valoración en todos los aspectos analizados que permitiría su aplicabilidad en procesos de educación en LC. También, se han identificaron oportunidades de mejora, especialmente en la interfaz de anamnesis y en la personalización de la retroalimentación.



Capítulo

# 3

## Introducción

*Introduction*





Esta introducción contextualiza dentro de las ciencias de la visión, la enseñanza clínica de las lentes de contacto (LC). No obstante, debido al enfoque multidisciplinar de esta propuesta de investigación, resulta necesario abordar un conjunto de aspectos complementarios que son transversales a los campos de la educación en salud, tecnologías digitales y los modelos pedagógicos. Por esta razón, la introducción se estructura en diferentes secciones temáticas, cada una de las cuales ofrece un panorama conceptual sobre los elementos que sustentan el proyecto realizado en su conjunto.

De este modo, a lo largo de los próximos apartados se describen, de forma progresiva, aspectos relacionados con la educación en salud, competencias en contactología, principios del diseño instruccional (DI) y tecnologías educativas, uso de simuladores y el papel de la inteligencia artificial (IA) en entornos educativos.

Esta progresión busca presentar los parámetros fundamentales que sustentan las actividades desarrolladas a lo largo de la Tesis

Doctoral, así como reflejar la lógica del desarrollo e integrar las diferentes temáticas abordadas, como se ilustra en la Figura 3.0.

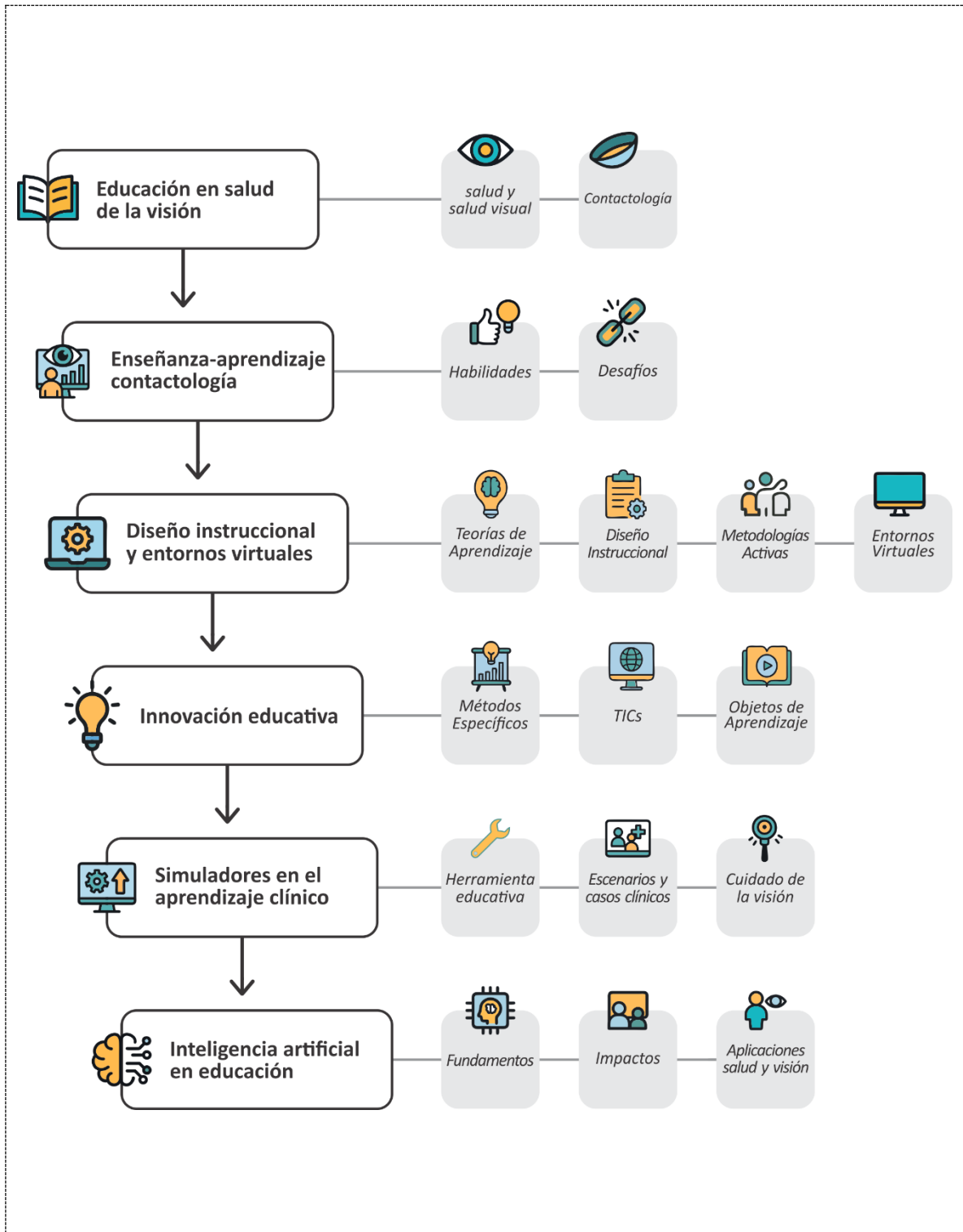
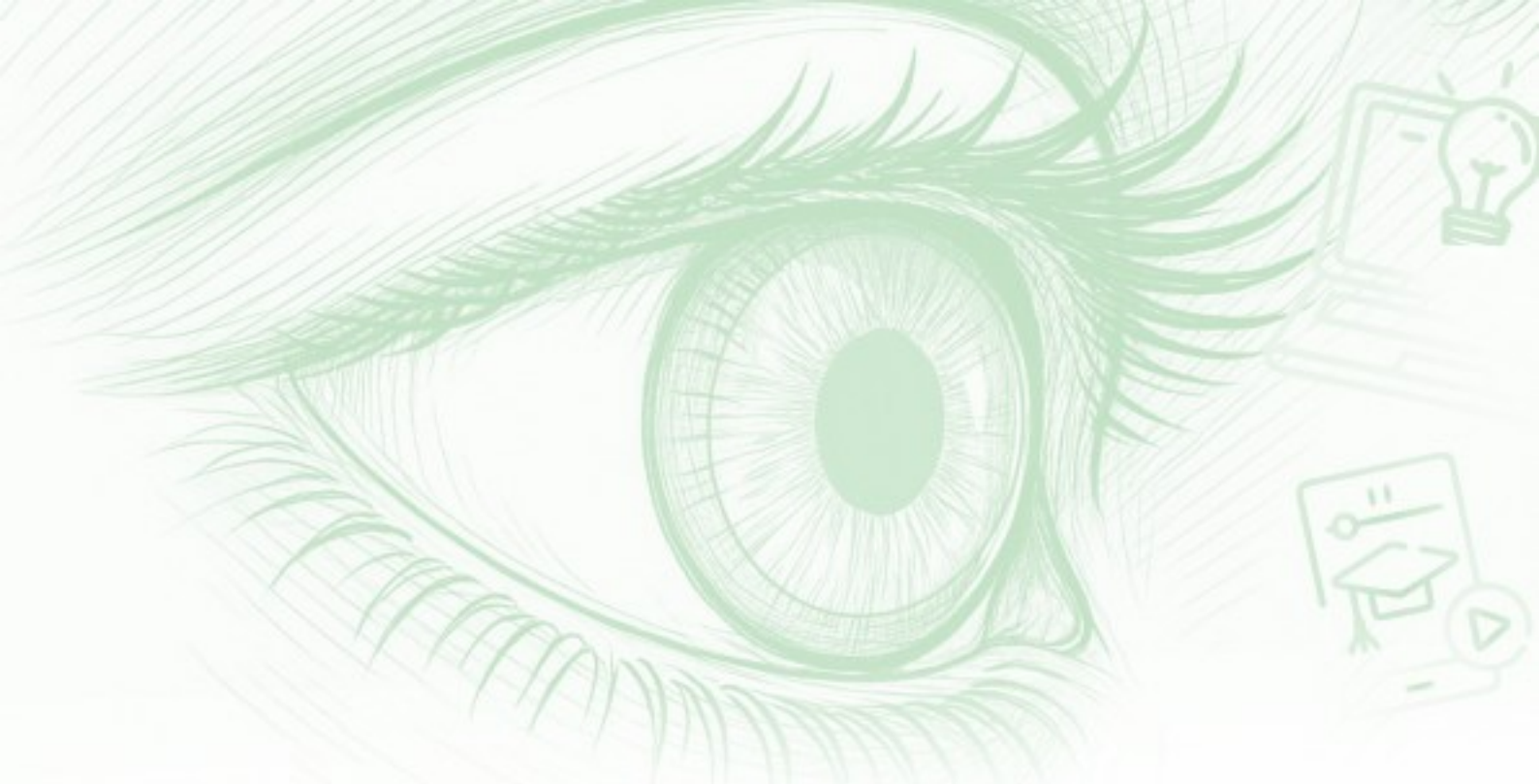


Figura 3.0 Esquema general de la organización del capítulo de introducción





### **3.1. EDUCACIÓN EN SALUD Y EN CIENCIAS DE LA VISIÓN**

La educación en salud constituye un pilar esencial para la formación de profesionales capaces de actuar en contextos diversos, adaptarse a los cambios sociales y tecnológicos, y contribuir a la mejora de los sistemas sanitarios.<sup>1,2</sup> Este campo abarca desde la promoción de la salud hasta la atención clínica especializada, y está influenciado por transformaciones sociales, avances científicos y distintos modelos educativos.<sup>3,4</sup> En este contexto, destaca la formación en carreras orientadas a las ciencias de la visión como un componente fundamental del ámbito sanitario, dada la creciente demanda de servicios enfocados en la salud ocular y la importancia de preservar la capacidad visual como parte integral de la calidad de vida.<sup>5</sup> De este modo, la necesidad de profesionales competentes para enfrentar desafíos relacionados con la prevención, el diagnóstico y el manejo de condiciones oculares ha reforzado la inclusión de competencias específicas dentro de los diferentes programas académicos en el área visual.<sup>6</sup>

### **3.1.1. Panorama de la educación en salud y salud visual**

La educación en salud es un campo multidisciplinar que abarca diversas estrategias y niveles de formación orientados a preparar individuos para actuar en la promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de la salud.<sup>7</sup> A pesar de estar influenciada por diferentes contextos (sociales, culturales, económicos y políticos), lo que genera diferencias en los modelos curriculares,<sup>8</sup> se ha descrito un esfuerzo por armonizar los estándares educativos en salud proponiendo marcos de competencias que orienten los distintos perfiles profesionales requeridos en diferentes regiones.<sup>9</sup> Estas propuestas buscan garantizar que los egresados de los programas de formación sanitaria posean conocimientos científicos sólidos, habilidades clínicas bien desarrolladas y actitudes éticas frente a la atención de las personas, promoviendo así una práctica basada en la evidencia y en el respeto a la diversidad.<sup>10,11</sup>

Además, las transformaciones tecnológicas, las necesidades de cobertura universal y el envejecimiento de la población han impulsado reformas en los sistemas educativos sanitarios, que han permitido integrar nuevas metodologías de enseñanza, enfoques centrados en el aprendizaje activo y herramientas digitales para expandir el acceso y mejorar los resultados de aprendizaje,<sup>12</sup> así como adoptar modelos basados en competencias, integrar saberes interprofesionales y adoptar un enfoque centrado en la persona, lo que refleja la creciente complejidad y dinamismo del cuidado en salud. En paralelo, también se han fortalecido las políticas de evaluación de la calidad en la educación superior en salud, impulsando mecanismos de acreditación y mejora

continua que permiten una mayor transparencia y facilitan la comparación entre instituciones.<sup>8,11</sup>

En este panorama, los programas dedicados al campo de la salud visual incluyen contenidos que abarcan desde la anatomía ocular hasta la detección temprana y el manejo clínico de condiciones visuales frecuentes.<sup>13-15</sup> Sin embargo, la formación en salud visual no se limita al desarrollo de habilidades técnicas, sino que también incorpora dimensiones éticas, comunicativas, sociales y centradas en la persona, que reflejan las necesidades actuales de los sistemas de salud y los principios de una atención integral.<sup>6,11</sup> Con este fin, diferentes organismos internacionales han impulsado marcos de referencia para orientar la formación, con el propósito de establecer los parámetros educativos mínimos, facilitar la movilidad profesional y asegurar estándares de calidad en la atención visual y ocular, promoviendo la inserción de estos profesionales en sistemas sanitarios más amplios.<sup>10</sup>

Además, el avance de las tecnologías digitales y diagnósticas exige una constante actualización por parte de las instituciones educativas, de modo que el profesional de la visión necesita dominar no solo las técnicas clínico-profesionales tradicionales, sino que también debe adquirir las competencias necesarias para dominar el uso de las nuevas herramientas tecnológicas emergentes y comprender los procesos de salud digital adaptándose a escenarios de atención más centrados en el paciente autónomo e informado.<sup>1,16</sup> La Tabla 3.1 sintetiza las competencias esenciales en la formación sanitaria y visual.

De forma puntual, en el caso concreto de la formación de optometristas, en términos generales, tiene como objetivo preparar profesionales capaces de llevar a cabo la atención primaria del cuidado

de la visión, la corrección de los errores refractivos y disfunciones binoculares además del manejo de condiciones visuales no patológicas.<sup>6,15</sup> De este modo, la estructura curricular de los programas universitarios se fundamenta en una sólida combinación de ciencias básicas, conocimientos clínicos y habilidades técnicas, además de una orientación ética y comunicativa para el trato con los pacientes.<sup>6</sup> También existen iniciativas de mejora, muchas veces impulsadas por asociaciones profesionales o consorcios internacionales, para garantizar una formación coherente con las necesidades sociales y los avances científicos.<sup>17</sup> Además del dominio técnico, se ha enfatizado la necesidad de que el optometrista sea capaz de trabajar en redes colaborativas, comprender su rol en sistemas de salud integrados y participar activamente en la promoción de la salud visual, lo que implica desarrollar competencias de comunicación, habilidades en el uso de tecnologías diagnósticas y capacidad para el razonamiento clínico.<sup>11,18</sup>

**Tabla 3.1** Competencias esenciales en la formación sanitaria y visual.<sup>6,10,11,19,20</sup>

Competencia	Descripción
<b>Evaluación clínica</b>	Realizar exámenes visuales y oculares completos para identificar y gestionar condiciones refractivas, oculares y sistémicas.
<b>Comunicación profesional</b>	Establecer una comunicación clara y efectiva con pacientes, colegas y otros profesionales de la salud.
<b>Juicio clínico</b>	Aplicar el razonamiento clínico basado en la evidencia para tomar decisiones diagnósticas y terapéuticas.
<b>Ética y responsabilidad</b>	Actuar conforme a los principios éticos y legales en la práctica sanitaria.
<b>Promoción de la salud</b>	Contribuir a la educación y prevención en salud visual a nivel comunitario.
<b>Gestión del cuidado</b>	Participar en la planificación y continuidad del cuidado visual del paciente.
<b>Uso de tecnologías</b>	Integrar herramientas tecnológicas en el diagnóstico y seguimiento clínico.
<b>Aprendizaje continuo</b>	Desarrollar habilidades de autoevaluación y actualización profesional permanente.

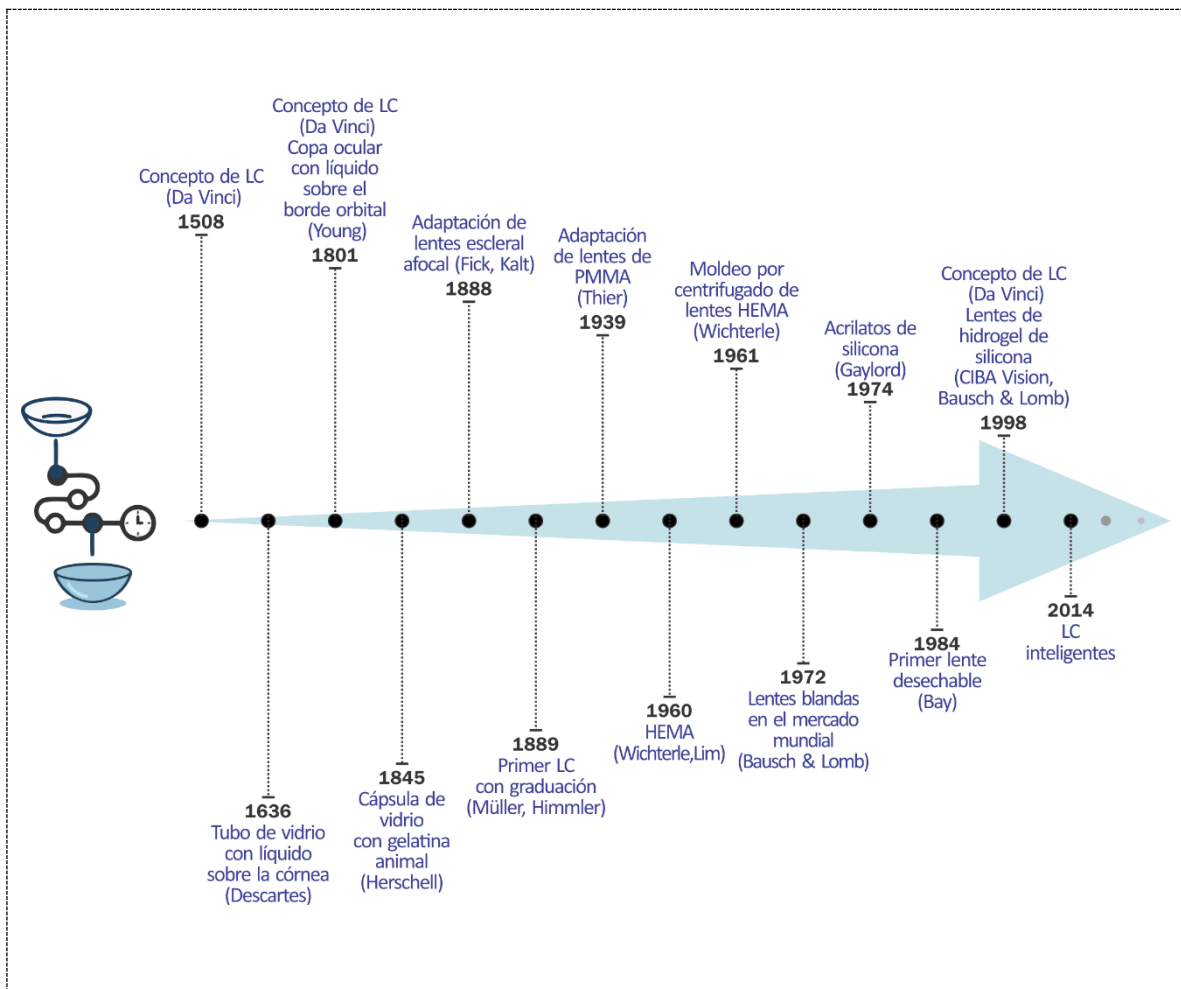
### 3.1.2. Panorama de la educación en Contactología

La contactología constituye un área especializada en el campo de la salud visual y ocular, que exige conocimientos técnicos precisos, habilidades clínicas desarrolladas y una comprensión profunda de la fisiología ocular. La enseñanza de LC se ha consolidado como un componente esencial en los programas de formación en este área, especialmente en Optometría, requiriendo metodologías que integren teoría y práctica de forma equilibrada.<sup>14,21,22</sup>

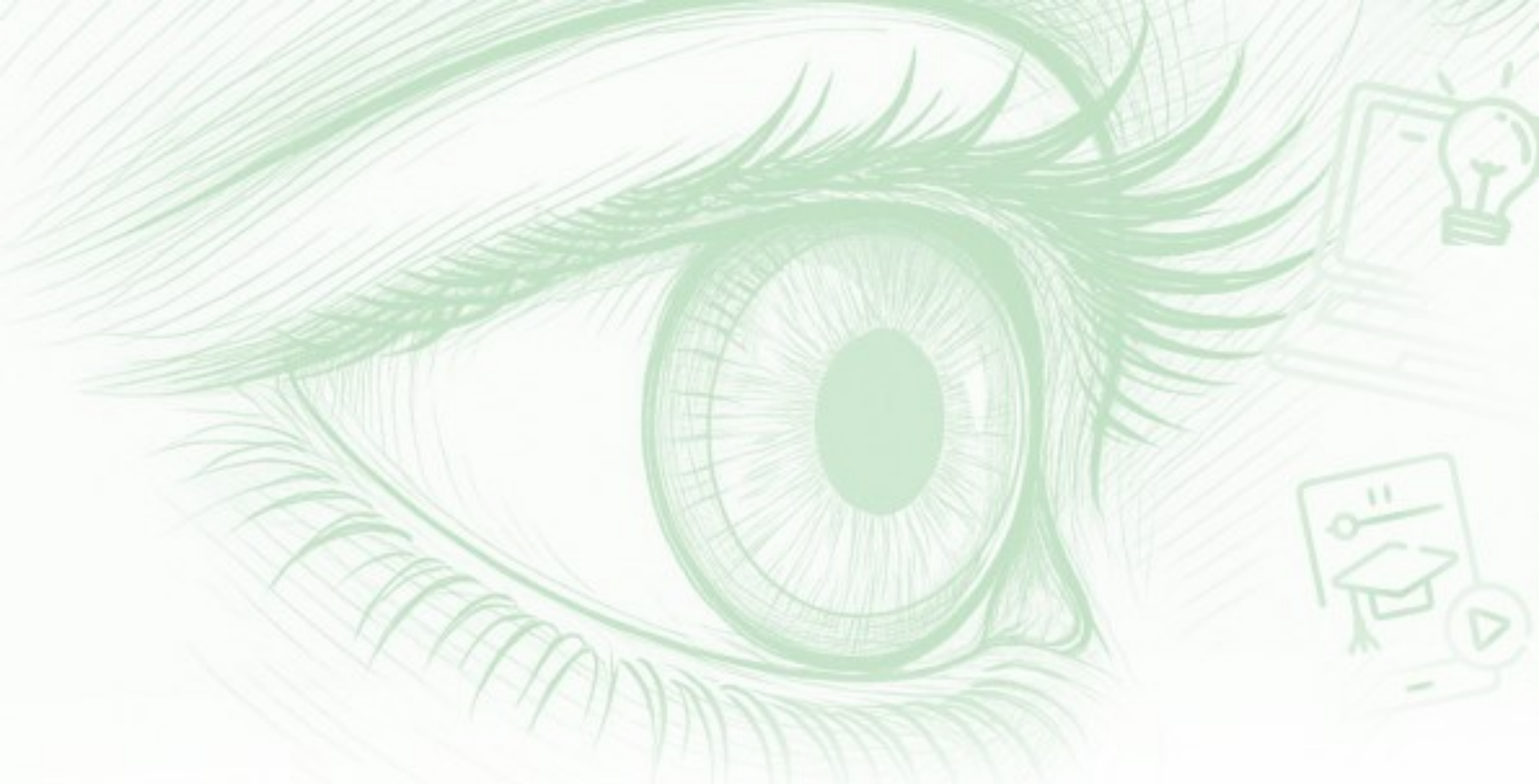
En este sentido, la evolución constante en el campo de las LC (Figura 3.1),<sup>23,24</sup> especialmente en los diseños de lentes, materiales y soluciones de limpieza y mantenimiento, ha exigido que los planes curriculares incluyan contenidos actualizados y enfoques basados en la evidencia, que permitan a los estudiantes comprender las indicaciones, contraindicaciones y cuidados específicos de cada tipo de lente. Para ello, instituciones como la IACLE y grupos como BUCCLE han propuesto guías educativas, iniciativas de formación docente y bancos de recursos destinados a fortalecer la enseñanza en esta disciplina, así como incentivos para la educación continua y la actualización a lo largo de la carrera profesional.<sup>25,26</sup>

No obstante, la enseñanza de la contactología también se enfrenta a desafíos estructurales, tales como la limitada disponibilidad de recursos, la variabilidad en la formación docente y las diferencias en los enfoques pedagógicos adoptados por las distintas instituciones educativas.<sup>22,27</sup> Estos factores pueden influir en la calidad del proceso formativo y en la preparación del estudiante para su desempeño con seguridad en contextos clínicos reales. Asimismo, se reconoce la importancia de fortalecer componentes que estimulen el pensamiento

crítico y el razonamiento aplicado, superando los enfoques centrados exclusivamente en la transmisión de contenidos.<sup>8</sup> Estrategias como el aprendizaje basado en problemas y la contextualización de casos clínicos han sido integradas en algunos programas formativos con el objetivo de enriquecer la experiencia del estudiante y favorecer una comprensión más completa del proceso de adaptación de LC.<sup>28,29</sup> En suma, la educación en contactología se configura como un campo dinámico, desafiado por la rápida evolución y por las exigencias de la atención centrada en el paciente.



**Figura 3.1** Esquema de la evolución de las LC a lo largo del tiempo. Adaptado y reelustrado de Moreddu et al.<sup>24</sup>



## 3.2. ENSEÑANZA-APRENDIZAJE EN CONTACTOLOGÍA

La contactología desempeña un papel fundamental en el campo del cuidado de la visión, ofreciendo soluciones eficaces y personalizadas en una amplia gama de situaciones clínicas. Las LC son la opción preferente para el manejo de pacientes con ametropías elevadas, anisometropías, queratocono, irregularidades corneales y condiciones postquirúrgicas, donde las gafas convencionales pueden ser insuficientes o inadecuadas para garantizar una visión óptima.<sup>30,31</sup> Además, en poblaciones con demandas visuales específicas, como deportistas, profesionales expuestos a variaciones ambientales o pacientes con necesidades estéticas, las LC también representan una alternativa funcional y adaptativa.<sup>32</sup> En contextos de rehabilitación visual, lentes esclerales y diseños especiales permiten recuperar la función visual y mejorar significativamente la calidad de vida de los pacientes, consolidando la adaptación de LC como una herramienta terapéutica clave dentro de los servicios de atención visual.<sup>33</sup>

### **3.2.1 Habilidades para profesionales de LC**

Dentro de este escenario, resulta evidente que la formación del profesional orientado a la contactología está esencialmente centrada en el desarrollo de habilidades y competencias clínicas, lo que supone una transición pedagógica que va más allá de la adquisición de una sólida base de conocimientos, abarcando también aspectos conductuales, técnico-procedimentales y de juicio profesional.<sup>21,22</sup>

En este sentido, resulta útil distinguir entre los términos recurrentes de habilidades y competencias, puesto que las habilidades hacen referencia a capacidades prácticas específicas, como la manipulación de instrumentos, la observación clínica o la ejecución técnica, las competencias integran además los conocimientos y actitudes necesarias para actuar con eficacia profesional.<sup>8,11</sup> Esta perspectiva permite comprender que una competencia no solo exige saber hacer, sino también saber cuándo, cómo y por qué actuar, en función de criterios éticos y científicos propios del entorno sanitario.

En general, el aprendizaje en contactología implica dominar procedimientos como la adaptación de LC, la evaluación de la fisiológica del segmento anterior y la gestión de complicaciones, lo cual requiere competencias específicas y oportunidades estructuradas de entrenamiento supervisado que permitan evaluar, adaptar y monitorizar los pacientes usuarios de LC de manera segura y efectiva.<sup>15,22</sup> Entre las habilidades consideradas esenciales se encuentran la evaluación de parámetros oculares relevantes, como la curvatura corneal, el diámetro pupilar y el estado de la película lagrimal, la selección adecuada del tipo de lente (material, diseño, régimen de uso y/o reemplazo, etc.), la verificación del centrado y la movilidad post-adaptación, así como la



identificación precoz de signos de incomodidad o complicaciones derivadas de su uso.<sup>31</sup> Además, es indispensable comprender las indicaciones, contraindicaciones y límites de actuación profesional, respetando las normativas clínicas vigentes y los marcos éticos.<sup>20</sup>

Iniciativas de instituciones internacionales han establecido núcleos de habilidades clínicas esenciales en contactología, que incluyen la manipulación de lentes, la higiene ocular, el entrenamiento al paciente y el seguimiento post-adaptación.<sup>25,34</sup> A partir de esta base, el desarrollo de competencias clínicas más complejas implica reconocer cuándo ajustar el diseño de una LC, cómo manejar síntomas reportados por el usuario o en qué momento derivar el caso a otro profesional. Además, se espera que el estudiante adopte una actitud proactiva en la educación del paciente, abordando aspectos como el uso adecuado, los tiempos de reemplazo, la higiene y la gestión de expectativas. En este marco, las competencias de comunicación se consolidan como una habilidad transversal que acompaña la práctica clínica, favoreciendo la adhesión terapéutica y la seguridad del paciente.<sup>22,35</sup>

En el ámbito de la formación clínica, ha cobrado fuerza el enfoque de la Educación Basada en Competencias (*Competency-Based Medical Education*, CBME), un modelo introducido en la década de 1990 en la educación médica, que se ha expandido progresivamente a otras áreas de la salud, incluida la optometría y la contactología.<sup>10,11</sup> Este enfoque prioriza los resultados de aprendizaje observables y medibles, centrando la evaluación en la capacidad del estudiante para desempeñarse con eficacia en situaciones clínicas reales, en lugar de basarse únicamente en contenidos teóricos superados. En el contexto de la contactología, este modelo permite establecer trayectorias

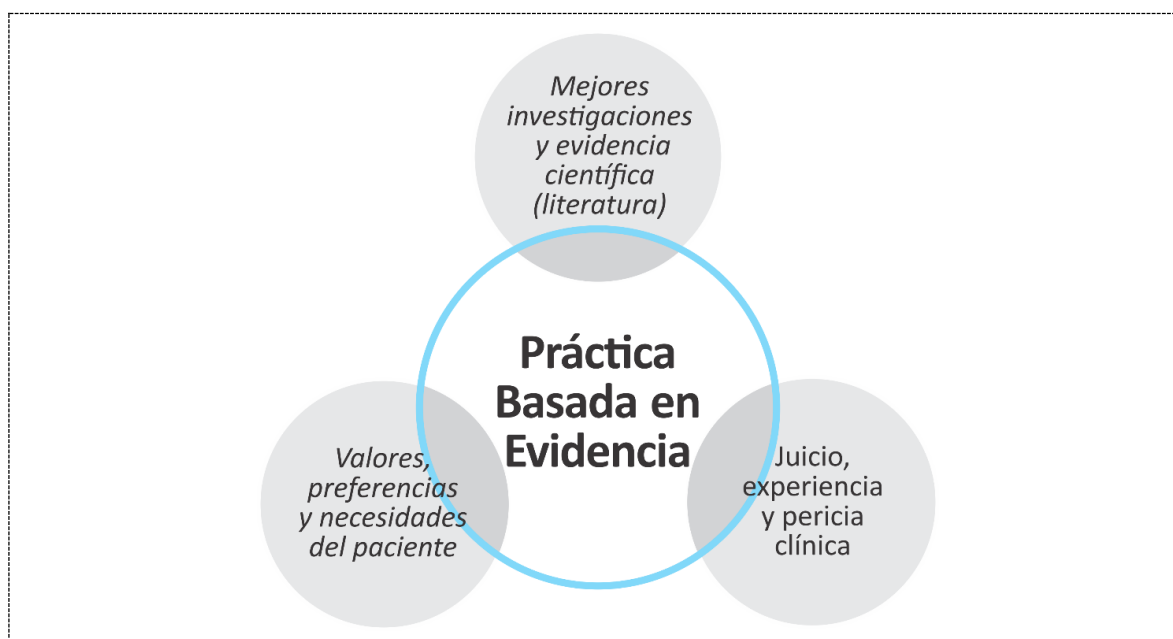
alineadas con dominios de competencia, facilitando el seguimiento del progreso individual y la aplicación de estrategias pedagógicas personalizadas para cada alumno (Tabla 3.2).<sup>7,20</sup>

El *Eye Care Competency Framework* (ECCF), desarrollado por la Organización Mundial de la Salud, establece una estructura comprensiva de competencias y actividades para los profesionales del cuidado ocular, aplicable a múltiples contextos sanitarios.<sup>30,36</sup> Este marco organiza las competencias en seis dominios principales: práctica clínica, profesionalismo, aprendizaje y desarrollo, gestión y liderazgo, participación comunitaria y defensa, y uso de evidencia; cada uno desglosado en conocimientos, habilidades, comportamientos y niveles de autonomía progresivos.<sup>36</sup>

**Tabla 3.2** Competencias esenciales en contatología.<sup>7,20</sup>

Competencia	Descripción
<b>Evaluación clínica</b>	Exploración del segmento anterior, análisis de la película lagrimal, interpretación de signos y síntomas.
<b>Selección y adaptación de LC</b>	Elección del tipo de lente, parámetros de ajuste, pruebas clínicas e interpretación de resultados.
<b>Comunicación efectiva con el paciente</b>	Explicación de procedimientos, educación en el uso, manejo de expectativas y adherencia terapéutica.
<b>Gestión de riesgos y complicaciones</b>	Reconocimiento de señales de alerta, decisiones clínicas adecuadas, derivación oportuna.
<b>Ética y responsabilidad profesional</b>	Respeto de los límites de actuación, normas clínicas y principios de seguridad.
<b>Compromiso con el aprendizaje continuo</b>	Autoevaluación, búsqueda de actualización científica y mejora constante de la práctica.

Esta estructura favorece una formación más coherente con las demandas reales de la atención visual, proporcionando a los futuros profesionales una base sólida para actuar con seguridad, juicio crítico y responsabilidad en el manejo clínico de LC.<sup>22</sup> Todo ello sin alejarse de los principios de la práctica basada en evidencia, que se han consolidado como un enfoque esencial para orientar tanto la formación como el desempeño profesional en contactología. Este enfoque considera la integración de tres dimensiones fundamentales: la evidencia científica disponible, el juicio profesional del clínico y los valores y preferencias del paciente (Figura 3.2), configurando un marco coherente para la toma de decisiones en la adaptación de LC.<sup>21</sup> En un sentido amplio, las habilidades y competencias dirigidas a los profesionales en LC conforman un repertorio complejo que debe ser desarrollado mediante experiencias formativas, en entornos de aprendizaje que promuevan la reflexión, la autonomía progresiva y la construcción de una seguridad profesional sólida.<sup>8</sup>



**Figura 3.2** Modelo de práctica basada en evidencia aplicado a la contactología. Adaptado y reilustrado de Naroo et al.<sup>21</sup>

### **3.2.2. Evaluación, desafíos y continuidad formativa**

#### **Evaluación de habilidades en contactología**

Uno de los aspectos fundamentales en la enseñanza de la contactología es la capacidad de evaluar las habilidades adquiridas. A diferencia de la evaluación teórica, la evaluación práctica exige observar el desempeño del estudiante en contextos controlados o reales, valorando no solo la precisión técnica, sino también la toma de decisiones clínicas, la higiene, la comunicación con el paciente y la capacidad de reflexión sobre su propia actuación.<sup>22</sup>

Estrategias como el uso de listas de verificación clínicas, rúbricas observacionales así como ofrecer retroalimentación formativa han sido incorporadas en algunos programas para evaluar las etapas correspondientes a la evaluación del film lagrimal, el manejo inicial del paciente, la selección del tipo de LC, el análisis de la prueba clínica y la identificación de complicaciones durante el seguimiento clínico.<sup>35</sup> En este sentido, las recomendaciones del grupo CLEAR enfatizan la importancia de integrar criterios clínicos explícitos, como el juicio profesional, la priorización y la aplicación de protocolos, en la práctica de adaptación de LC, favoreciendo una evaluación más coherente con el desempeño real del profesional.<sup>37</sup>

#### **Dificultades y limitaciones formativas**

Uno de los problemas más comunes en la formación en contactología es la limitada dedicación de tiempo a la práctica supervisada, lo cual restringe la exposición del estudiante a

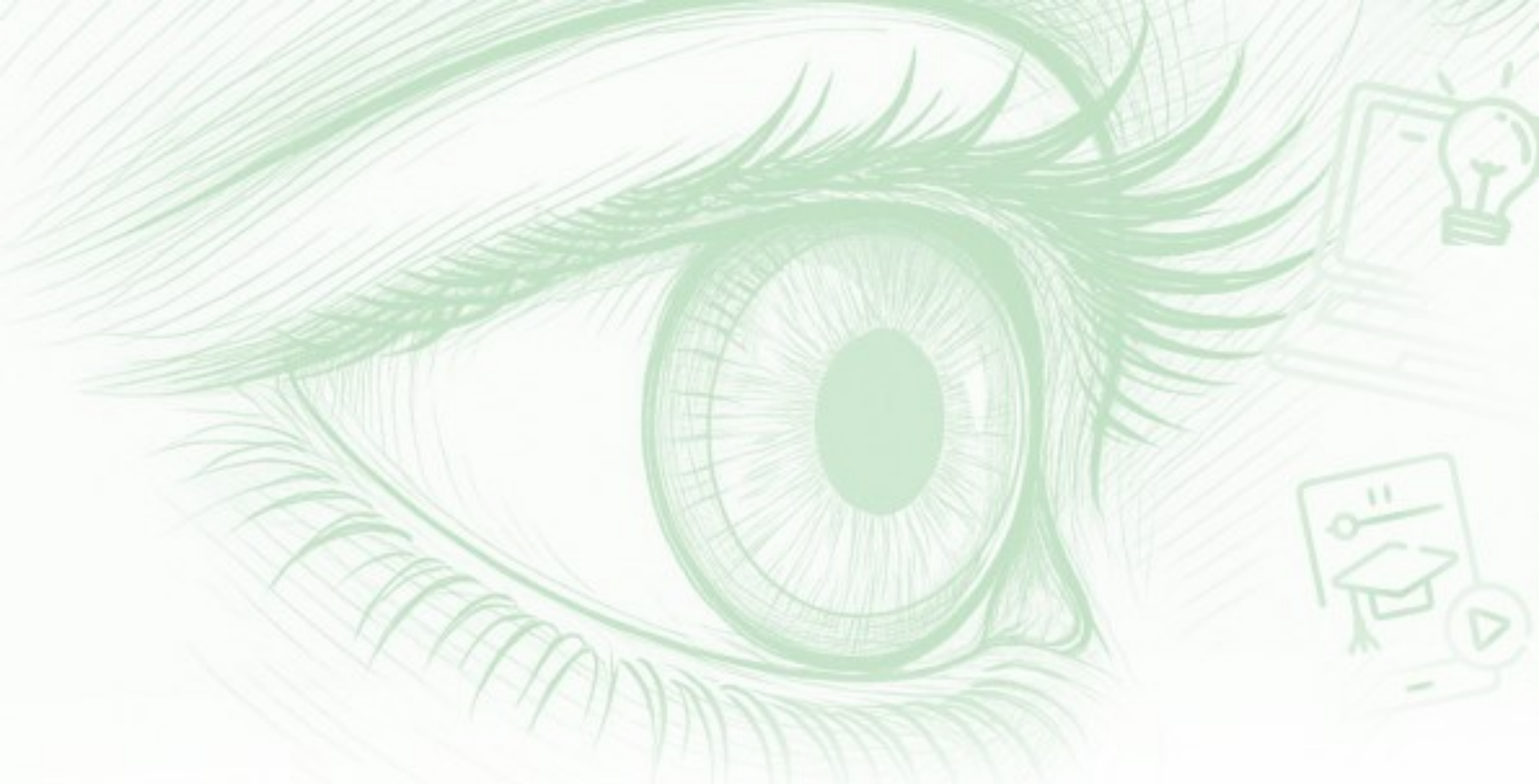
situaciones reales con diversos perfiles clínicos. Esta limitación compromete la consolidación de habilidades esenciales como la toma de decisiones, el manejo de complicaciones y la adaptación de LC en contextos no convencionales.<sup>15,38</sup> Otro obstáculo frecuente es la baja disponibilidad de docentes con experiencia clínica actualizada en contactología. En varios programas, la enseñanza es llevada a cabo por profesionales con sólida base teórica, pero sin vinculación actualizada con la práctica clínico-profesional o asistencial, lo que puede afectar a la transferencia efectiva del conocimiento al entorno clínico real.<sup>27,38</sup>

### Educación continuada y especialización

La educación continuada constituye un componente fundamental para asegurar la actualización permanente de los profesionales contactólogos, especialmente por la constante evolución de los materiales, diseños, técnicas de adaptación y normativas clínicas. La práctica clínica en LC se encuentra en permanente transformación, lo que exige un compromiso activo del profesional con el aprendizaje a lo largo de toda su vida profesional.<sup>21,22,39</sup> En este contexto, la formación post-grado y los programas de formación continuada permiten tanto la actualización y profundización de habilidades, el acceso a innovaciones tecnológicas como el desarrollo de competencias especializadas. Estos programas formativos se desarrollan con cursos breves, certificaciones, entrenamientos clínicos avanzados o seminarios organizados por sociedades científicas, instituciones académicas y organismos internacionales como la IACLE.<sup>26</sup>

En los últimos años, el avance en los diseños de lentes y en las tecnologías aplicadas ha dado lugar a subespecializaciones dentro de la contactología que requieren formación técnica adicional. Entre éstas, destacan la adaptación de lentes esclerales, la ortoqueratología, las LC terapéuticas para patologías corneales y las LC para el control de la progresión de la miopía.<sup>30,40</sup> Cada una de estas situaciones presenta indicaciones clínicas particulares, requerimientos de evaluación complejos y técnicas de seguimiento específicas que exceden los contenidos básicos normalmente ofrecidos durante la formación de grado. Por ello, se hace necesario contar con programas de formación continua que aseguren el dominio actualizado de estas prácticas, en beneficio de la seguridad y eficacia del futuro paciente durante su tratamiento. Estudios recientes refuerzan que estas modalidades requieren no solo conocimiento técnico, sino también habilidades en el uso de tecnologías diagnósticas avanzadas, interpretación clínica fina y toma de decisiones contextualizada.<sup>22,35</sup>

Fomentar e integrar oportunidades regulares de educación continuada en contactología debe ser, por lo tanto, una prioridad para las instituciones formadoras, los consejos profesionales y los sistemas de salud, asegurando que los avances científicos y tecnológicos se traduzcan en beneficios reales para los pacientes.



### **3.3. DISEÑO INSTRUCCIONAL Y ENTORNOS VIRTUALES**

La planificación educativa en salud requiere el uso de enfoques pedagógicos que aseguren la coherencia entre los objetivos de aprendizaje, los contenidos, las estrategias didácticas y la evaluación. Por tanto, el diseño instruccional (DI) adquiere un papel central al integrar elementos teóricos, metodológicos y organizativos que orientan el proceso formativo. En esta sección se presentan los principales fundamentos que sustentan esta planificación.<sup>41,42</sup>

#### **3.3.1. Teorías del aprendizaje**

Las teorías del aprendizaje buscan explicar cómo se construye el conocimiento y cómo puede facilitarse su transferencia a contextos formativos y profesionales. Entre los más influyentes se encuentran el conductismo, cognitivismo, constructivismo y sociointeraccionismo, cada uno con fundamentos teóricos distintos y aplicaciones específicas que orientan, de manera transversal, las decisiones pedagógicas en el diseño y desarrollo de estrategias educativas.<sup>7,43,44</sup>

- Conductismo: Concibe el aprendizaje como una respuesta observable ante un estímulo, reforzada mediante la repetición y el refuerzo positivo. Es particularmente útil para entrenar habilidades básicas o procedimentales en etapas iniciales del aprendizaje.
- Cognitivismo: Destaca los procesos mentales involucrados en la adquisición del conocimiento, como la atención, la memoria y la resolución de problemas. Orienta el diseño de contenidos organizados lógicamente y favorece la comprensión de conceptos complejos.
- Constructivismo: Propone que el estudiante construye activamente el conocimiento a partir de experiencias previas, a través de la reflexión y el aprendizaje contextualizado. Es ampliamente adoptado en entornos clínicos y profesionales.
- Sociointeraccionismo: Basado en los postulados de Vygotsky, resalta el papel del lenguaje, la colaboración y el entorno social en el aprendizaje. Favorece el trabajo cooperativo, la mediación docente y el aprendizaje situado.

Cada una de estas teorías pueden ser incorporadas estratégicamente al DI en contactología, en función del nivel de formación, tipo de competencia y de los recursos disponibles. En contextos clínicos, enfoques como el constructivismo y el sociointeraccionismo resultan especialmente valiosos, ya que promueven el razonamiento crítico, la toma de decisiones y la adaptabilidad todos pilares fundamentales en la atención centrada en el paciente.<sup>7,43,44</sup> A modo complementario, en la Tabla 3.3 se presenta una síntesis de estos enfoques, vinculándolos con ejemplos potenciales en la enseñanza de la contactología.



**Tabla 3.3** Resumen de los principales enfoques del aprendizaje en el contexto de la formación en contactología, considerando sus características pedagógicas.<sup>7,22,43-45</sup>

Teoría del Aprendizaje	Características clave	Aplicación potencial en Contactología
<b>Conductismo</b>	Repetición, refuerzo, aprendizaje secuencial	Entrenamiento en técnicas de inserción y retirada de LC
<b>Cognitivismo</b>	Procesamiento de información, estructuración conceptual	Comprensión de mapas topográficos o parámetros ópticos
<b>Constructivismo</b>	Aprendizaje activo, reflexión, resolución de problemas	Análisis de casos clínicos sobre adaptación de LC
<b>Sociointeraccionismo</b>	Colaboración, mediación social, contexto	Tutorías entre pares, simulaciones clínicas grupales

### 3.3.2. Introducción al DI

El DI puede definirse como un proceso sistemático que orienta la creación de experiencias de aprendizaje, con el fin de facilitar la adquisición de competencias. Este enfoque busca alinear los objetivos educativos, contenidos, estrategias didácticas, recursos y métodos de evaluación, de acuerdo con las características del contexto formativo. En el ámbito de la educación en salud, el DI adquiere una relevancia particular, ya que permite organizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de manera coherente y centrada en el desarrollo de habilidades clínicas y razonamiento crítico.<sup>41,46</sup> En disciplinas como la contactología, por ejemplo, donde se integran conocimientos teóricos, destrezas técnicas y toma de decisiones, un diseño bien estructurado puede facilitar la formación y favorecer distintos estilos de aprendizaje.<sup>46,47</sup>

### Modelos de DI

Los modelos de DI ofrecen planes estructurados que orientan el desarrollo y la evaluación de experiencias formativas. Su propósito es facilitar las decisiones pedagógicas de forma coherente y fundamentada, adaptando el proceso educativo a los objetivos de aprendizaje, el perfil del estudiante y los recursos disponibles.<sup>41,46</sup> Entre los modelos más utilizados en la educación en salud destaca el modelo ASSURE, que integra el uso de medios tecnológicos con el análisis de las características del estudiante y la selección activa de estrategias instruccionales,<sup>44</sup> y el enfoque 3P (Presage, Process, Product), que considera el aprendizaje como una interacción entre factores previos, procesos didácticos y resultados obtenidos.<sup>43,47</sup> Sin embargo, el modelo más reconocido y adoptado en diversos contextos educativos es el modelo ADDIE, que se describirá a continuación para ofrecer una visión general de su estructura.<sup>41,46-48</sup>

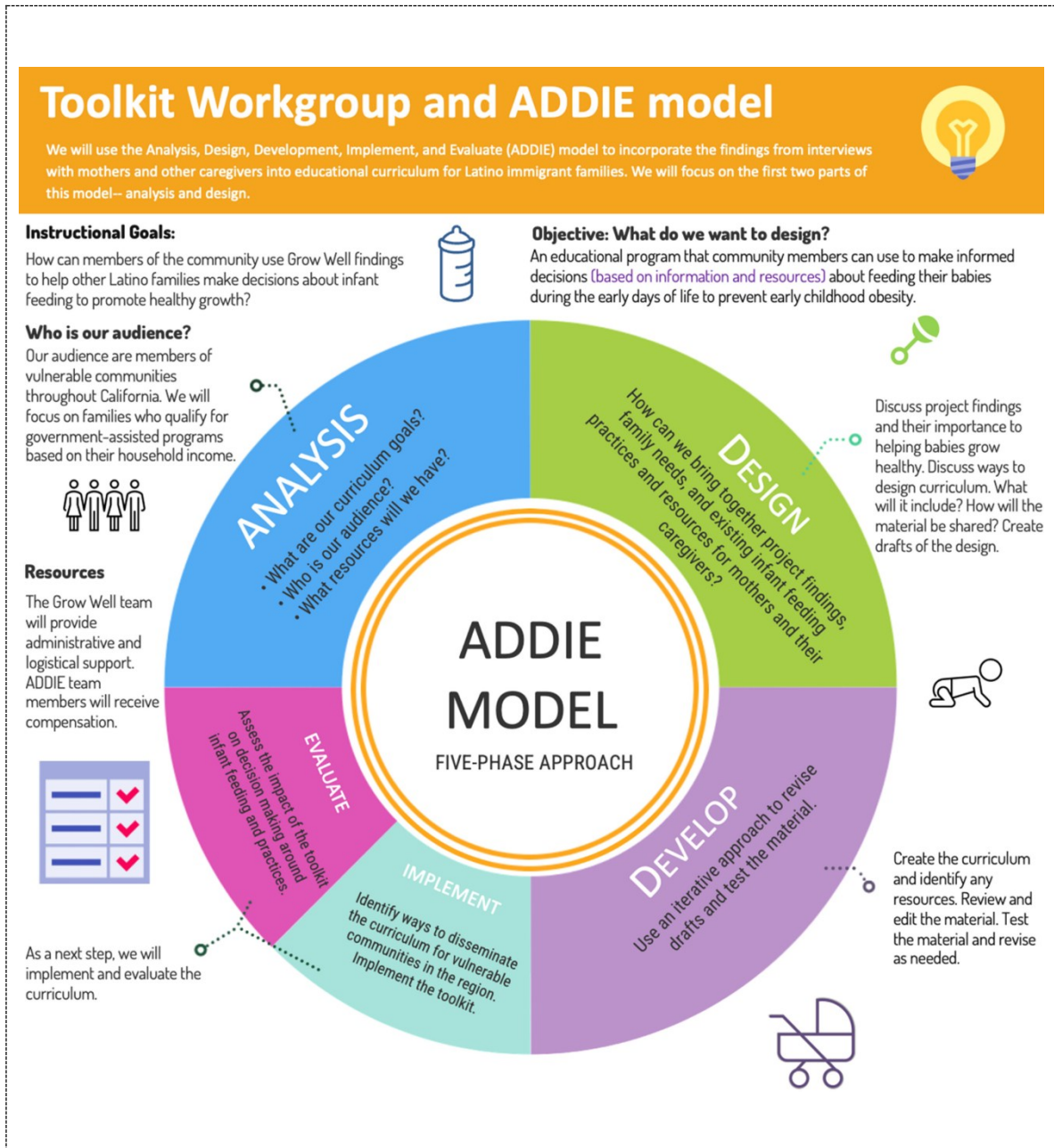
El modelo ADDIE (acrónimo del inglés de sus cinco fases: Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación) se caracteriza por su estructura cíclica, permitiendo ajustes continuos y mejoras progresivas a lo largo del proceso formativo. Además, la claridad estructural y adaptabilidad del modelo a distintos contextos (Figura 3.3) lo convierten en una herramienta eficaz para diseñar experiencias de aprendizaje.<sup>41,46,48</sup> A continuación, se describen brevemente las cinco etapas que componen el modelo.<sup>41,42,46,48-50</sup>

- Análisis: Identificación de necesidades educativas, definición de los objetivos formativos, análisis del perfil de los estudiantes y de las condiciones del contexto.

- Diseño: Organización secuencial de los contenidos, la selección de estrategias didácticas y la definición de los métodos de evaluación adecuados.
- Desarrollo: Producción de los materiales de aprendizaje, diseño de los recursos y elaboración de los instrumentos pedagógicos.
- Implementación: Puesta en marcha del curso o actividad formativa, supervisando su ejecución y asegurando su adecuación a lo planificado.
- Evaluación: Valoración tanto del aprendizaje alcanzado como de la eficacia del propio DI, mediante evaluación formativa y sumativa.

### **3.3.3. Metodologías activas como estrategia pedagógica**

Las metodologías activas (MA) representan un enfoque pedagógico centrado en el estudiante, cuyo objetivo es fomentar su participación directa en la construcción del conocimiento. A diferencia de los modelos tradicionales, de corte transmisivo, donde el docente actúa como fuente principal de conocimiento y el estudiante como receptor pasivo, las MA promueven una relación bidireccional entre enseñanza y aprendizaje, basada en la resolución de problemas, la reflexión crítica y la colaboración.<sup>43,51,52</sup>



**Figura 3.3** Representación esquemática del modelo ADDIE (Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación), empleado como marco de referencia en procesos de adaptación educativa. La imagen corresponde a una versión modificada utilizada en el DI de intervenciones culturales.<sup>53</sup>

El desarrollo de las MA de aprendizaje se vincula con una evolución en las concepciones pedagógicas del siglo XX, que permiten considerar el aprendizaje como un proceso experiencial, significativo y centrado en el estudiante.<sup>51</sup> A partir de los años 1990, con la

consolidación de la educación basada en competencias y el auge de los enfoques constructivistas, las MA comenzaron a ocupar un lugar central en los currículos de formación sanitaria.<sup>46,54,55</sup> Este giro pedagógico consolidó un conjunto de principios que hoy orientan su aplicación en distintos contextos educativos, entre los que destacan:<sup>22,29,43,46,51,52,54,55</sup>

- **Participación activa del estudiante** como eje del proceso de aprendizaje;
- **Autonomía progresiva** en la toma de decisiones y gestión del propio aprendizaje;
- **Aprendizaje significativo**, basado en la construcción de saberes desde experiencias previas;
- **Interacción social** como mecanismo para la construcción colectiva del conocimiento;
- **Integración entre teoría y práctica**, especialmente en escenarios auténticos o simulados;
- **Evaluación formativa y continua**, articulada al desarrollo de competencias.

En el ámbito de la educación en salud, la aplicación de MA ha sido documentada en diferentes iniciativas, como el uso del aprendizaje basado en problemas para desarrollar competencias clínicas,<sup>29</sup> la incorporación de estrategias centradas en el estudiante en planes curriculares,<sup>52</sup> y la integración en programas de formación sanitaria,<sup>55</sup> ejemplificando cómo sus principios han sido adaptados a distintos niveles del proceso educativo y han favorecido la articulación entre la teoría y la práctica.

### Métodos de enseñanza específicos

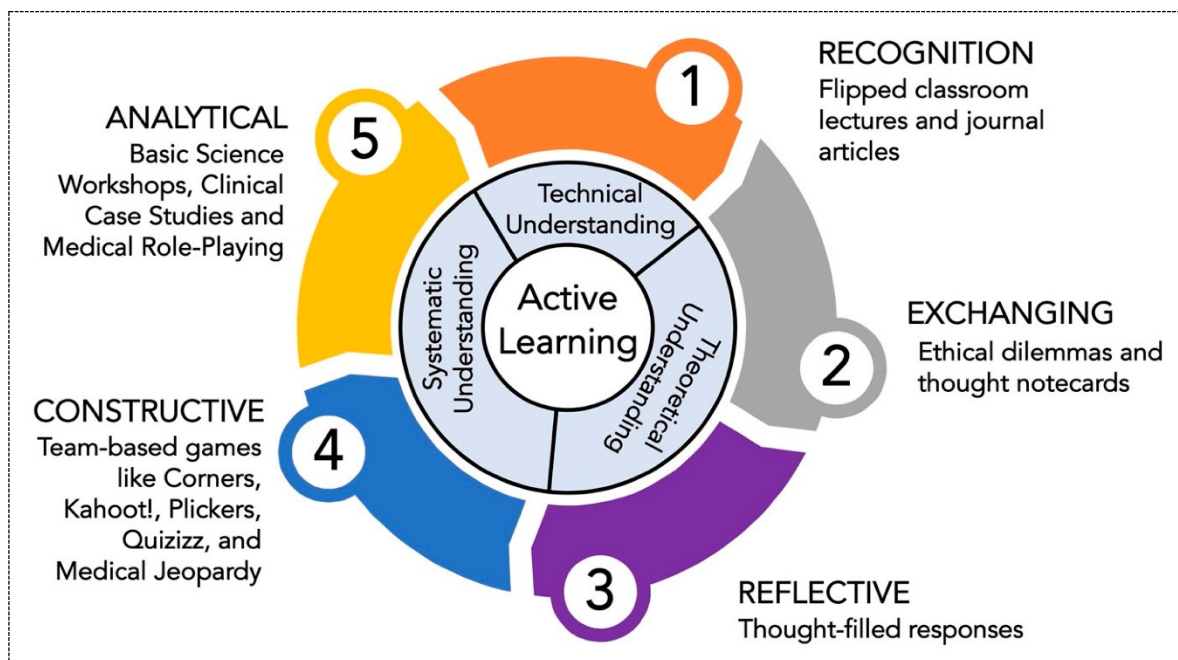
Las MA no se limitan a un formato único de enseñanza, sino que pueden ser aplicadas a través de diferentes métodos, tanto presenciales como mediados por tecnologías.<sup>43,52,55</sup> En función del tipo de contenido, nivel de formación y de los objetivos pedagógicos, es posible adoptar enfoques analíticos, constructivos, reflexivos, dialógicos o basados en el reconocimiento, cada uno orientado a promover formas específicas de comprensión y participación del estudiante (Figura 3.4), que se implementan mediante estrategias didácticas diversas que permiten operacionalizar los principios de las MA en la práctica.<sup>43,49,56</sup> A continuación, se describen algunos de los métodos más utilizados en la formación en salud.<sup>29,50,51</sup>

- Aprendizaje basado en problemas (ABP): Centrado en la resolución de problemas reales o simulados. Estimula el razonamiento clínico, la investigación autónoma y la integración de saberes, favoreciendo la toma de decisiones.<sup>29,49,52</sup>
- Clase invertida (*Flipped Classroom*): Reorganiza el tiempo docente al trasladar el acceso a contenidos teóricos fuera del aula, permitiendo que el espacio presencial se dedique a la aplicación del conocimiento mediante discusiones, resolución de casos y retroalimentación.<sup>43,51,54,57</sup>
- Aprendizaje basado en proyectos (ABPro): Consiste en el desarrollo de un proyecto concreto vinculado a una problemática contextualizada. Integra trabajo colaborativo,

aplicación de conocimientos y elaboración de productos tangibles con valor práctico.<sup>50,52</sup>

- **Gamificación:** Incorpora elementos del juego en entornos educativos con el objetivo de aumentar la motivación, la participación y la constancia. Puede aplicarse mediante dinámicas lúdicas o desafíos interactivos.<sup>52,58,59</sup>
- **Representación de roles clínicos (Role-playing):** Se basa en la simulación de situaciones clínicas en las que los estudiantes asumen roles específicos para resolver casos, practicar habilidades y reflexionar sobre decisiones. Favorece la empatía, el trabajo en equipo y la consolidación de competencias.<sup>56</sup>

Estos métodos pueden ser aplicados de manera individual o combinada, adaptándose a diferentes estilos de aprendizaje, entornos formativos y disponibilidad de recursos tecnológicos.



**Figura 3.4** Clasificación de subtipos de aprendizaje activo según niveles de comprensión implicados en el proceso educativo.<sup>56</sup>

### 3.3.4. Entornos virtuales de aprendizaje

Los entornos virtuales de aprendizaje (EVA) son espacios digitales diseñados para facilitar la interacción entre estudiantes, docentes y contenidos, mediante el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) que permiten organizar, desarrollar y evaluar procesos educativos. Estas plataformas digitales se han consolidado como infraestructuras clave en la educación moderna, particularmente en el ámbito de la salud, al posibilitar experiencias formativas flexibles y accesibles,<sup>43,56,59</sup> tanto en modalidad en línea como en contextos presenciales con soporte digital, dando lugar a enfoques híbridos de enseñanza.<sup>41</sup>

Los EVA abarcan una amplia gama de formatos y estructuras que se adaptan a distintos contextos formativos. Entre ellos, los sistemas de gestión del aprendizaje (*Learning Management Systems*, LMS) representan una categoría consolidada, centrada en la administración de cursos, el seguimiento del progreso y la organización de materiales.<sup>59</sup> Más recientemente, emergieron los sistemas de gestión de contenidos de aprendizaje (*Learning Content Management Systems*, LCMS), que amplían las funcionalidades del LMS al incorporar el diseño, almacenamiento y reutilización de objetos de aprendizaje digitales (OAD) desde una perspectiva pedagógica modular y escalable.<sup>41,56</sup> Los LMS y LCMS representan una forma estructurada de EVA, pero no agotan su alcance, ya que estos entornos también pueden incluir aplicaciones móviles educativas o plataformas híbridas que combinan presencialidad y virtualidad (Tabla 3.4). Todos estos formatos comparten el propósito común de ofrecer experiencias interactivas y orientadas al



aprendizaje activo, mediante la integración de OAD articulados a partir de principios del DI y estrategias basadas en MA.<sup>41,46,51</sup>

**Tabla 3.4** Síntesis de la relación general entre EVA, LMS y LCMS.<sup>41,56,59</sup> EVA: entornos virtuales de aprendizaje, LMS: sistemas de gestión del aprendizaje (*Learning Management Systems*) y LCMS: sistemas de gestión de contenidos de aprendizaje (*Learning Content Management Systems*).

	EVA	LMS	LCMS
<b>Alcance</b>	Espacio digital integral para la interacción educativa	Plataforma enfocada en la gestión del aprendizaje formal	Plataforma orientada al diseño y gestión de contenidos
<b>Gestión</b>	Flexible para distintos sistemas y estrategias pedagógicas	Organiza cursos, seguimiento, calificaciones	Estructura, versiona y reutiliza objetos digitales
<b>Recursos pedagógicos</b>	Integra diversos OAD según principios del DI	Usa OAD para apoyar actividades y evaluaciones	Permite crear, almacenar y reutilizar OAD de forma estructurada
<b>Nota</b>	Los EVA constituyen un espacio digital amplio que puede incluir LMS, LCMS u otros sistemas educativos. Mientras que los LMS se centran en la administración de cursos, los LCMS se orientan al diseño y reutilización de contenidos.		

Desde el punto de vista pedagógico, el valor de estos entornos no reside únicamente en su funcionalidad técnica, sino en su capacidad para articularse con modelos de DI bien estructurados. En este sentido, principios del diseño centrado en el usuario, como la usabilidad, navegabilidad intuitiva, adaptabilidad y accesibilidad, se vuelven esenciales para garantizar que la interacción digital favorezca el aprendizaje, minimizando posibles barreras tecnológicas y cognitivas.<sup>43,52,55</sup>

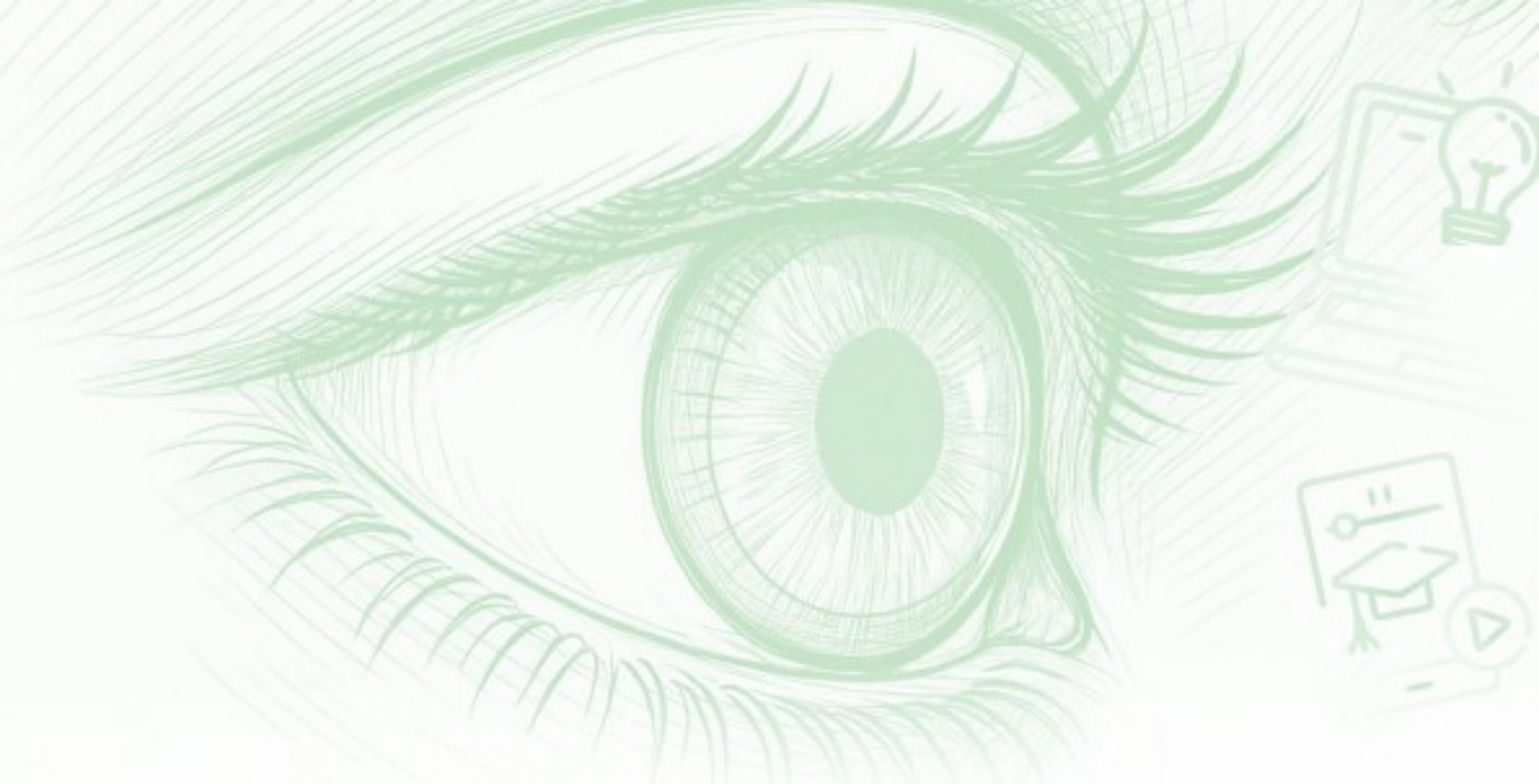
## Características destacadas de los EVA

Además de su arquitectura funcional, los EVA presentan un conjunto de características que amplifican su valor pedagógico. A continuación, se describen algunos elementos que ejemplifican su importancia en el contexto educativo, especialmente en lo que respecta al uso aplicado de las TICs.

- *Modalidades síncronas y asincrónicas:* Hace referencia a la capacidad de los EVA para albergar actividades en diferentes modalidades temporales. Las experiencias de aprendizaje síncronas se desarrollan en tiempo real, requiriendo la participación simultánea de estudiantes y docentes, como ocurre en clases virtuales, tutorías interactivas o sesiones clínicas en vivo. Por su parte, las actividades asincrónicas se caracterizan por su flexibilidad temporal, permitiendo a los estudiantes acceder a contenidos grabados, participar en foros, resolver cuestionarios o realizar simulaciones bajo demanda, según su disponibilidad. Esta versatilidad facilita la adaptación del ritmo de estudio a distintas realidades personales, laborales o geográficas, promoviendo entornos más inclusivos y accesibles.<sup>48,50</sup>
- *Retroalimentación y evaluación:* La capacidad de los EVA para implementar sistemas de retroalimentación y evaluación, que permiten la monitorización del desempeño estudiantil son unas de sus funcionalidades clave. El registro de indicadores como la participación, tiempo de conexión, resultados de las actividades y ritmo de progreso permite detectar dificultades tempranas y adaptar estrategias pedagógicas. Estas

herramientas, cuando se integran con criterios de evaluación formativa, fortalecen la autonomía del estudiante y contribuyen a un aprendizaje más personalizado y autorregulado. Además, algunos entornos incorporan principios de gamificación, como recompensas y metas a alcanzar, con el fin de aumentar la motivación y el compromiso durante el proceso de evaluación.<sup>29,42,54</sup>





### 3.4. INNOVACIÓN EDUCATIVA

El desarrollo de habilidades en áreas especializadas como la contactología ha evidenciado la necesidad de repensar los métodos educativos tradicionales. El crecimiento de las demandas formativas, la evolución tecnológica y las nuevas formas de interacción del estudiante con el conocimiento han impulsado un movimiento hacia la innovación educativa, orientado a la adaptación a un perfil de aprendiz más activo, digitalizado y centrado en la resolución de problemas.<sup>60</sup> En este escenario las TICs se presentan como aliadas clave en la transformación de la educación, al posibilitar nuevas modalidades de enseñanza, interacción, evaluación y acompañamiento pedagógico.<sup>43,46</sup>

La innovación educativa se refiere a la incorporación de cambios en los procesos de enseñanza-aprendizaje con el propósito de mejorar la calidad de la educación. Estos cambios pueden implicar metodologías, recursos, estructuras curriculares o enfoques pedagógicos que buscan responder a nuevas demandas sociales, tecnológicas y formativas. En el contexto de la educación en salud, la

innovación adquiere especial relevancia para formar profesionales más críticos, autónomos y competentes, capaces de actuar en entornos clínicos crecientemente complejos.<sup>43,46,61</sup>

Entre las características centrales de la innovación aplicada a la educación se encuentran:

- La intencionalidad transformadora.
- El aprendizaje activo como eje del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La incorporación de tecnologías emergentes.
- La adaptabilidad a distintos contextos.
- La orientación a resultados concretos de aprendizaje.

No se trata únicamente de introducir herramientas digitales, sino de repensar las estrategias pedagógicas para potenciar la experiencia formativa.<sup>62</sup> De este modo, la innovación también puede manifestarse en la adopción de diversas modalidades de enseñanza, tales como:<sup>58,62-</sup>

64

- Aprendizaje invertido (*flipped classroom*);
- Aprendizaje basado en problemas;
- Uso de simuladores;
- Juegos con fines educativos, comúnmente conocida como *gamificación*.

Estas estrategias han sido aplicadas con éxito en programas de formación en salud, contribuyendo a una mayor motivación, mayor

retención de conocimientos y fortalecimiento de la capacidad de resolución de problemas en escenarios reales.<sup>58,63,64</sup> En el campo de la salud visual, la incorporación de métodos interactivos y entornos virtuales ha favorecido el aprendizaje y la consolidación de contenidos en asignaturas básicas como la anatomía ocular, especialmente en etapas iniciales de la formación.<sup>65</sup>

Los métodos mencionados anteriormente serán presentados en la próxima sección desde una perspectiva pedagógica más estructurada, con una descripción más completa de sus fundamentos.

### **3.4.1. TICs y Objetos de Aprendizaje Digitales**

#### *Tecnologías de la información y la comunicación (TICs)*

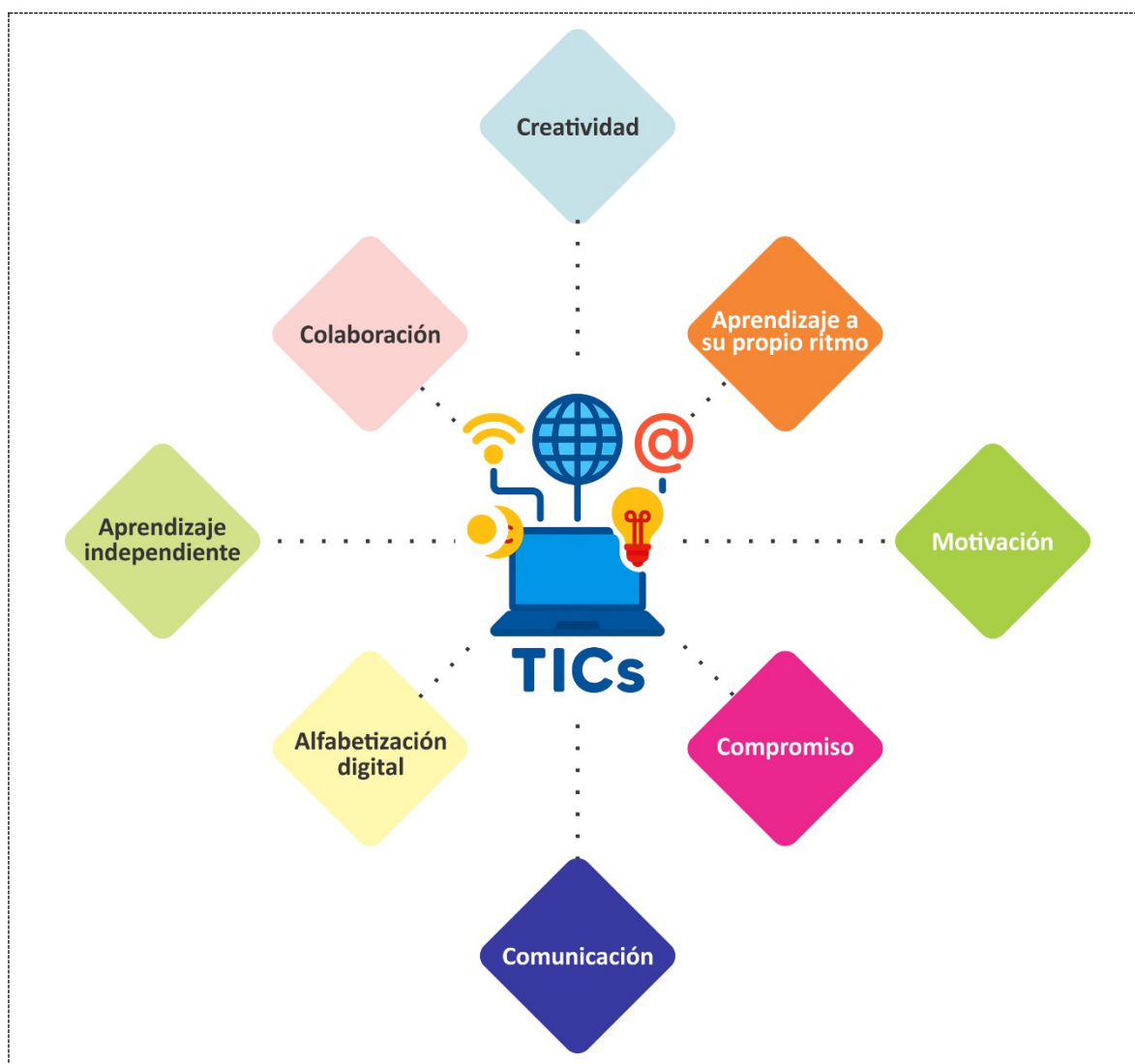
Las TICs comprenden un conjunto de recursos digitales, infraestructuras y servicios diseñados para facilitar la producción, almacenamiento, procesamiento, distribución y acceso a la información. Su incorporación en el ámbito educativo ha redefinido los canales de enseñanza y la lógica del aprendizaje, promoviendo entornos más flexibles e interactivos.<sup>12,32,66</sup> En este contexto, se han consolidado como aliadas para afrontar distintos desafíos pedagógicos, especialmente en áreas como la salud, donde la formación práctica, la interdisciplinariedad y la actualización son componentes esenciales. Estas tecnologías permiten ampliar el acceso a contenidos especializados, diversificar estrategias didácticas, facilitar la interacción y adaptar los procesos formativos a diferentes estilos de aprendizaje.<sup>62,67</sup>

Un aspecto relevante del uso de las TICs es su capacidad para facilitar una enseñanza centrada en el estudiante. Herramientas como

los EVA, los softwares interactivos y los sistemas de evaluación automatizada ofrecen retroalimentación inmediata, estimulan el compromiso del estudiante y favorecen aprendizajes más profundos y significativos.<sup>3,32,66</sup> Además, estas tecnologías permiten mayor flexibilidad y escalabilidad, beneficiando a instituciones con recursos limitados o a estudiantes con restricciones geográficas.<sup>61</sup> A pesar de los diversos beneficios atribuidos a las TICs en contextos educativos (Figura 3.5), fue a partir de la pandemia de la COVID-19 cuando su integración adquirió una gran relevancia, consolidándose como un recurso estratégico en múltiples marcos curriculares y políticas formativas a nivel global.<sup>27,68-70</sup>

Diversas aplicaciones de TICs han sido integradas exitosamente en programas de educación en salud, demostrando su potencial para enriquecer la experiencia formativa. Plataformas de aprendizaje virtual también se han utilizado para organizar contenidos, actividades y evaluaciones de forma estructurada y accesible.<sup>66,71</sup> Sistemas de tutoría inteligente y retroalimentación automatizada han contribuido al seguimiento del progreso estudiantil y a la personalización del aprendizaje.<sup>72,73</sup> También se han explorado tecnologías como la realidad aumentada, para ilustrar procedimientos clínicos o anatomía de manera inmersiva.<sup>74</sup> En la salud de la visión, se han desarrollado entornos interactivos que permiten a los estudiantes explorar estructuras oculares y practicar habilidades básicas en escenarios virtuales, promoviendo una mejor comprensión de estas habilidades.<sup>65</sup>





**Figura 3.5** Representación de los beneficios educativos de las TIC. (Adaptada de Hassan y Mirza)<sup>75</sup>

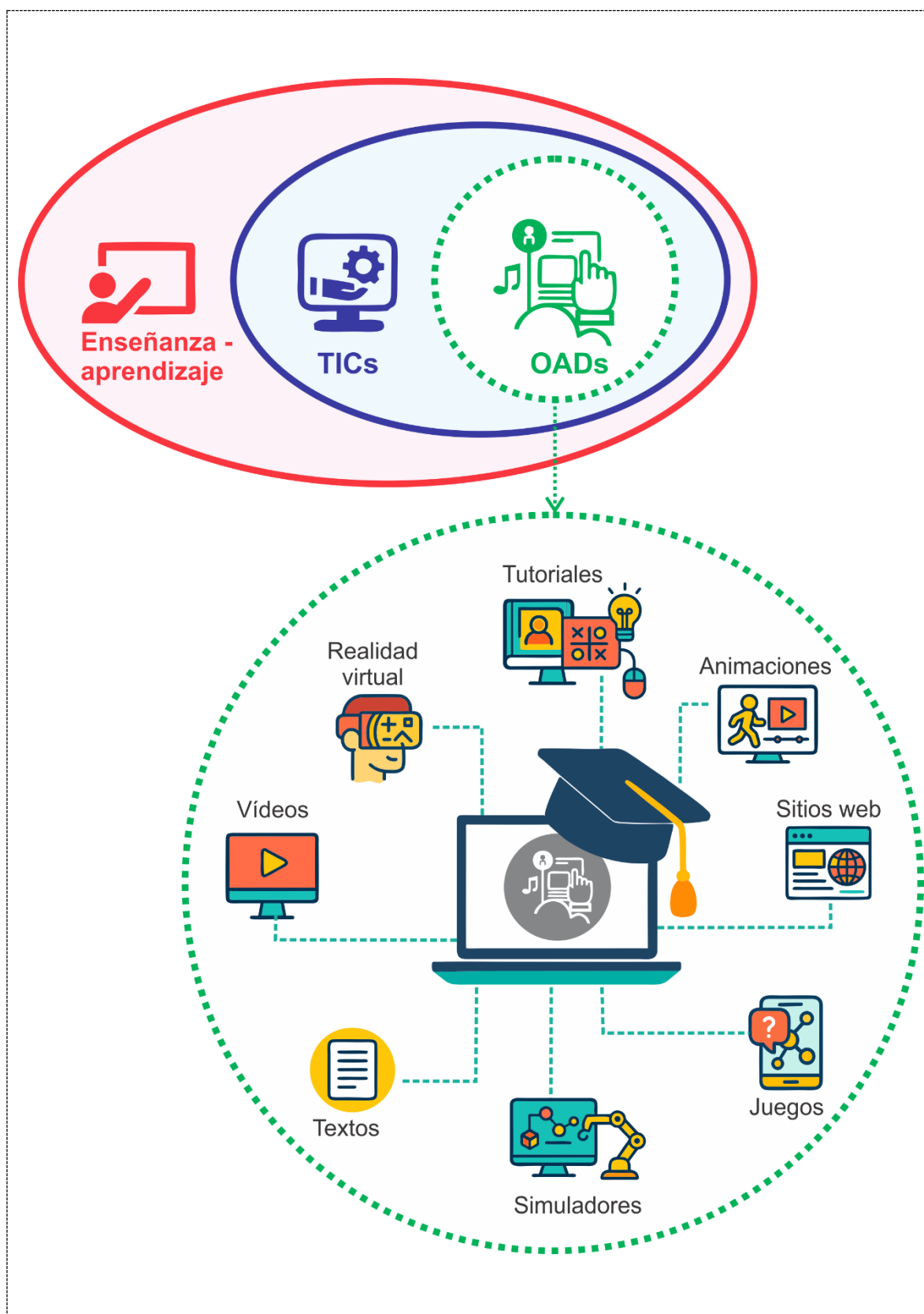
### Objetos de aprendizaje digitales

Los objetos de aprendizaje (*learning objects*), por su parte, son unidades pedagógicas diseñadas para facilitar la adquisición de conocimientos, habilidades o actitudes específicas a partir de un objetivo educativo claramente definido. Cuando se estructuran en formato digital, estos recursos pasan a formar parte del ecosistema de las TICs aplicadas a la educación, dando lugar a los objetos de aprendizaje digitales (OADs), que pueden incluir textos interactivos,

animaciones, simulaciones u otros formatos multimedia que favorecen la construcción activa del conocimiento (Figura 3.6).<sup>66,76,77</sup>

Los OADs se caracterizan por su modularidad, reutilización y capacidad de integración en entornos virtuales, y pueden adoptar diversas formas, como textos interactivos, cuestionarios, simulaciones o recursos multimedia que estimulan el aprendizaje activo.<sup>66,76</sup> Su consolidación como recurso pedagógico ha impulsado la creación de repositorios especializados y marcos normativos que orientan su diseño, clasificación y reutilización. En esta línea, plataformas como MERLOT, OER Commons, o iniciativas respaldadas por estándares internacionales como la norma IEEE 1484.12.1, ofrecen entornos estructurados para compartir, adaptar y evaluar estos recursos en distintos contextos formativos.<sup>78-80</sup>

En el ámbito de la educación superior en la salud, los OADs han adquirido un papel importante ya que facilitan la entrega de contenidos complejos y promueven el aprendizaje autónomo del estudiante. Por ejemplo, simuladores clínicos digitales, bancos de preguntas interactivas, mapas conceptuales e infografías animadas son formatos comúnmente utilizados para abordar habilidades técnicas o procesos de razonamiento clínico.<sup>70,81</sup> Otra ventaja es su capacidad para adaptarse a diferentes ritmos y estilos de aprendizaje, lo que los convierte en herramientas valiosas para atender la diversidad estudiantil, reducir barreras de acceso y personalizar la experiencia formativa.<sup>32,71</sup> Además, su carácter reutilizable y su potencial de actualización continua permiten a las instituciones mantener sus contenidos alineados con los avances científicos y tecnológicos sin reconstruir materiales desde cero.<sup>76</sup>



**Figura 3.6** Esquema de la integración de las TICs y OADs en el proceso educativo. Composición original basada en modelos conceptuales previos.<sup>82</sup>

### **3.4.2. Barreras en la integración tecnológica**

A pesar de los beneficios, aún persisten obstáculos importantes para la implementación generalizada de los OADs en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Uno de los principales es la brecha de competencias digitales en los docentes ya que muchos de ellos carecen de formación específica para integrar tecnologías de manera didáctica y alineada con las competencias que se desean desarrollar en los estudiantes.<sup>62</sup> Otro desafío significativo es la infraestructura tecnológica con instituciones que pueden tener limitada conectividad, equipamiento desactualizado o ausencia de soporte técnico lo que suponen serias restricciones para construir entornos virtuales sólidos, especialmente en regiones con menor inversión educativa o marcadas por procesos fragmentados de digitalización.<sup>69,71</sup>

También se observan dificultades relacionadas con la resistencia institucional al cambio, ya que la implementación de innovaciones educativas exige revisar metodologías, repensar tiempos curriculares, capacitar a los equipos docentes y rediseñar los procesos de evaluación. Estos ajustes suelen enfrentar barreras tanto culturales como logísticas, especialmente en estructuras rígidas o con sobrecarga académica.<sup>83</sup> En este sentido, el trabajo colaborativo entre docentes, diseñadores instruccionales y expertos en contenido resulta esencial para garantizar la calidad y la pertinencia de los materiales y herramientas desarrollados con fines pedagógicos.<sup>46</sup>

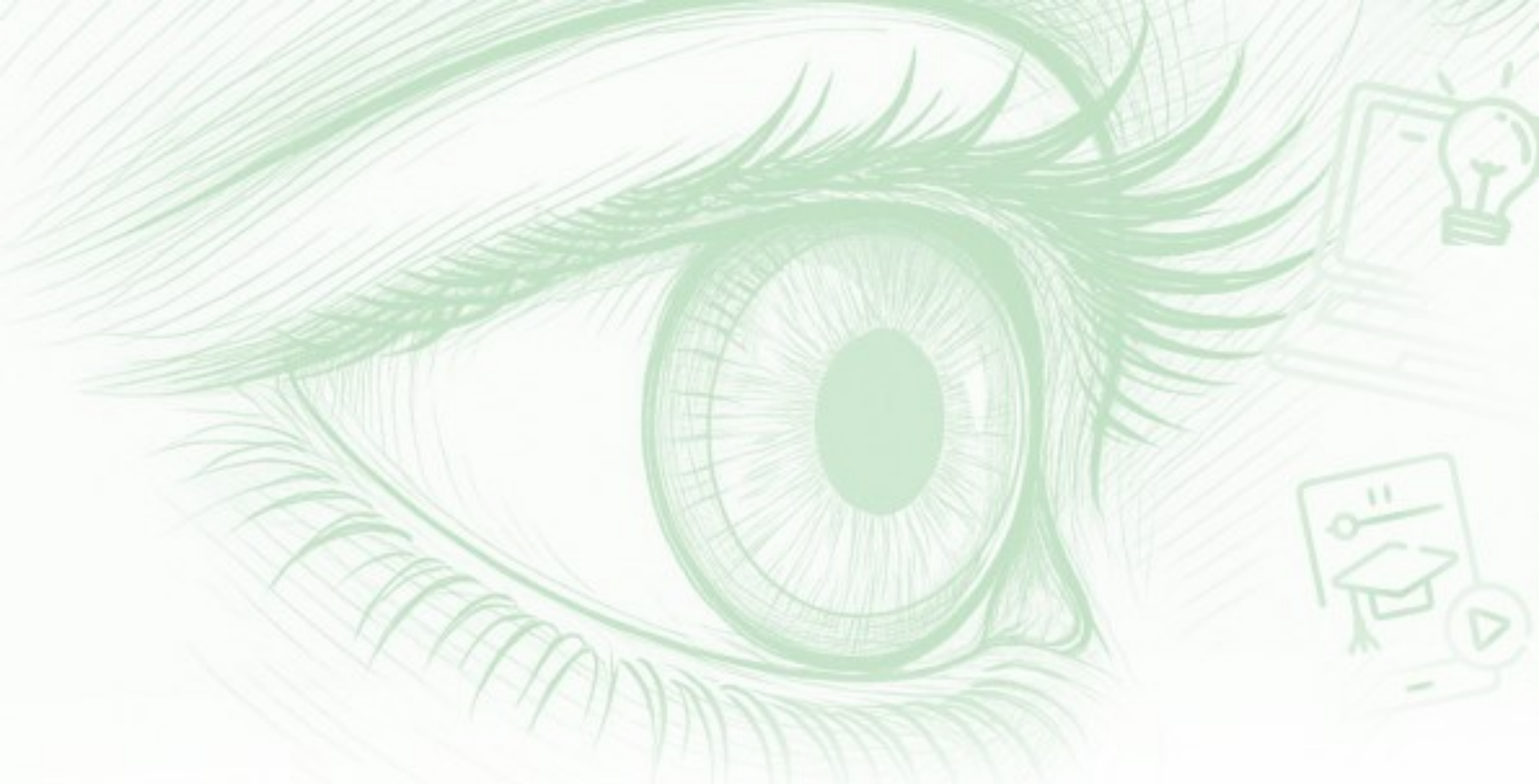
Para hacer frente a estos desafíos, diversas iniciativas internacionales proponen orientar políticas y programas institucionales, como por ejemplo el Marco de Competencias TIC para Docentes,<sup>84</sup> que señala seis dimensiones clave para guiar la formación progresiva del

profesorado en el uso pedagógico de tecnologías digitales (Figura 3.7). De forma complementaria, la Recomendación sobre los Recursos Educativos Abiertos<sup>85</sup> aboga por la creación de capacidades, el diseño de marcos normativos y el fomento del acceso equitativo a recursos digitales abiertos, como estrategias para reducir las brechas tecnológicas, pedagógicas y estructurales en los distintos sistemas educativos.



**Figura 3.7** Marco de competencias TICs para docentes propuesto por la UNESCO.<sup>84</sup>





### **3.5. SIMULADORES EN EL APRENDIZAJE CLÍNICO**

El avance de las tecnologías educativas ha ampliado las posibilidades del proceso enseñanza-aprendizaje más allá de los entornos virtuales convencionales, incorporando métodos activos como la simulación. La simulación, por tanto, es una herramienta que se consolida como una estrategia pedagógica potente que permite representar situaciones reales o hipotéticas en contextos controlados, promoviendo la interacción, la experimentación y el desarrollo de competencias complejas de manera segura y repetible.<sup>86-88</sup> A diferencia de los objetos digitales tradicionales, la simulación no se limita a la presentación de contenidos, sino que proporciona experiencias inmersivas, centradas en la acción, la toma de decisiones y la resolución de problemas, exigiendo un DI orientado al desempeño progresivo del estudiante. Estas características han favorecido su adopción en distintos niveles y disciplinas educativas, y particularmente en contextos formativos donde se requiere aplicar conocimientos a situaciones prácticas, como es el caso de la educación en salud.<sup>64,89,90</sup>

### 3.5.1. Simulación como herramienta educativa

El uso de simuladores en la educación surge de la necesidad de reproducir situaciones complejas de forma segura, repetible y controlada. Inicialmente empleados en áreas como la aviación y la ingeniería, fueron incorporados gradualmente a contextos educativos por su capacidad para promover el aprendizaje activo mediante la experiencia directa.<sup>90</sup> En el ámbito de la salud, donde la transición entre la teoría y la práctica es fundamental, la simulación se presenta como una opción relevante para la enseñanza de habilidades clínicas, ya que permite entrenar procedimientos técnicos, fortalecer la comunicación y afrontar dilemas o situaciones críticas en entornos seguros. También posibilita la exposición a casos infrecuentes o de alto riesgo sin comprometer la integridad o salud del paciente real.<sup>73,86,88,91-93</sup> En este contexto, la Tabla 3.5 sintetiza los beneficios atribuidos al uso de simuladores en el entorno educativo en ciencias de la salud.

**Tabla 3.5** Beneficios educativos de los simuladores.<sup>64,90,93-96</sup>

Beneficio	Descripción
<i>Seguridad en el error</i>	Permite cometer errores sin consecuencias reales
<i>Retroalimentación inmediata</i>	Ofrece corrección o guía durante o después de la acción simulada
<i>Repetibilidad</i>	Posibilita la repetición ilimitada de procedimientos
<i>Integración de competencias</i>	Fomenta el desarrollo simultáneo de habilidades técnicas, cognitivas y comunicativas
<i>Mejora del rendimiento técnico</i>	Aumenta la precisión y eficiencia en tareas prácticas
<i>Fortalecimiento de "habilidades blandas"</i>	Mejora la comunicación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones
<i>Estandarización del aprendizaje</i>	Asegura igualdad de experiencias formativas para todos los estudiantes
<i>Reducción de la curva de aprendizaje</i>	Favorece la adquisición acelerada de destrezas clínicas



Desde el punto de vista funcional, los simuladores pueden clasificarse en dos grandes categorías:<sup>73,88,89,93,97</sup>

- **Simuladores físicos:** incluyen maniqués, maquetas, modelos anatómicos y dispositivos robotizados, ideales para entrenar habilidades motoras y psicomotoras.
- **Simuladores virtuales:** basados en software interactivo, realidad virtual o aumentada, que permiten recrear entornos digitales con alta flexibilidad y personalización.

También se distinguen según su grado de fidelidad (Figura 3.8):

- **Simuladores realísticos (alta fidelidad):** buscan la máxima precisión visual, sensorial y contextual. Permiten inmersión total y toma de decisiones complejas.
- **Simuladores no realísticos (baja fidelidad):** centrados en tareas específicas, con interfaces simplificadas. Son más accesibles, repetibles y económicos.



**Figura 3.8** Clasificación de simuladores según tipo y nivel de fidelidad.

Ejemplos específicos de diferentes tipos de simuladores se abordarán en detalle en la sección 3.5.3, destacando sus aplicaciones en optometría y ciencias de la visión.

### **3.5.2. Escenarios clínicos y aprendizaje basado en casos**

Entre las estrategias activas, la simulación basada en escenarios clínicos representa una metodología eficaz para la formación en salud orientada al desarrollo de competencias integradas. Este enfoque consiste en recrear situaciones clínicas contextualizadas, reales o plausibles, que exigen del estudiante la aplicación combinada de conocimientos, habilidades técnicas, razonamiento clínico y actitudes profesionales.<sup>73,90,98</sup>

Una característica clave de esta modalidad es su capacidad para integrar múltiples dominios del aprendizaje. En un único escenario, el estudiante puede explorar aspectos diagnósticos, terapéuticos, de comunicación y éticos, recibiendo retroalimentación inmediata y estructurada. Además, la posibilidad de repetir los casos permite comparar actuaciones, reforzar buenas prácticas y corregir errores sin consecuencias reales.<sup>88</sup> Los casos clínicos pueden desarrollarse en formatos físicos (con actores o maniqués) o virtuales (simuladores web, realidad virtual), y suelen estructurarse en diferentes fases o etapas: presentación del paciente, análisis de datos, hipótesis diagnóstica, selección de conducta y resolución.<sup>99</sup>

En la formación sanitaria general, estos métodos han sido ampliamente integrados en programas de medicina, enfermería, fisioterapia y farmacia, con distintos niveles de fidelidad y escalabilidad, adaptados al desarrollo progresivo de habilidades clínicas.<sup>64,94,96</sup> Los

escenarios pueden incluir desde consultas ambulatorias simuladas y situaciones de urgencia, hasta modelos interactivos con pacientes virtuales que exigen decisiones secuenciales en tiempo real.<sup>88,94,95</sup> Por ejemplo, en programas de enfermería se han utilizado simuladores virtuales (Figura 3.9) para entrenar la evaluación del estado clínico de pacientes hospitalizados en contextos de deterioro agudo;<sup>94</sup> mientras que en medicina, plataformas inmersivas han sido empleadas para simular urgencias prehospitalarias y favorecer la toma de decisiones en tiempo limitado.<sup>89,100</sup> En el ámbito farmacéutico, la simulación se ha utilizado para entrenar competencias como el asesoramiento al paciente, revisión de prescripciones, preparación de medicamentos y la monitorización de interacciones farmacológicas.<sup>11,88</sup> Estas aplicaciones permiten replicar escenarios y tareas habituales, facilitando el desarrollo de habilidades clínicas y comunicativas.



**Figura 3.9** Entornos de simulación utilizados en la formación en enfermería y medicina. Imagen adaptada.<sup>89,94</sup>

### 3.5.3. Aplicaciones educativas para el cuidado de la visión

El área de cuidado de la visión, tradicionalmente centrada en la realización de prácticas clínicas presenciales, ha comenzado a integrar el uso de simuladores como instrumentos complementarios para el desarrollo de habilidades y competencias.<sup>21,22,90,101</sup> Esta transformación ha sido especialmente acelerada por las demandas de enseñanza remota y por la necesidad de mantener estándares formativos durante interrupciones como las provocadas por la pandemia de la COVID-19.<sup>27,68,96</sup> A continuación, se presentan ejemplos representativos de simuladores aplicados a la enseñanza en este campo.

#### Simuladores para refracción y exploración funcional visual

- **Refractor**: simula el proceso completo de refracción subjetiva mediante una interfaz interactiva. Permite elegir lentes, evaluar agudeza visual y realizar ajustes binoculares, proporcionando retroalimentación sobre las decisiones tomadas.<sup>102</sup>
- **Retinoscopy**: desarrollado por la *American Academy of Ophthalmology* (AAO), permite al estudiante practicar la observación del reflejo retiniano en diversos tipos de ametropías, ajustando la distancia de trabajo y eje refractivo.<sup>103</sup>
- **Estrabismo**: también desarrollado por la AAO, facilita la visualización y análisis de patrones de desviaciones oculares, cubriendo casos de esotropía, exotropía, hipertropía, entre otros. Ofrece respuesta animada al uso de prismas y cubre distintas pruebas diagnósticas.<sup>104</sup>

## Simuladores de fondo de ojo y oftalmoscopia

- *Eyesi Indirect Ophthalmoscope*: simulador inmersivo de oftalmoscopia binocular indirecta, permite entrenar la visualización de estructuras retinianas, el reconocimiento de patologías y el manejo de pupilas con diferente grado de dilatación o midriasis. Utilizado ampliamente en programas de residencia oftalmológica.<sup>93</sup>
- *Simuladores virtuales de fondo de ojo*: diversas plataformas permiten entrenar la identificación de signos clínicos en imágenes simuladas de retina, incluyendo edema, hemorragias, desprendimientos y degeneraciones. Algunos ofrecen variación de iluminación y posición pupilar.<sup>64,93,99,105</sup>
- *VRmagic Slit Lamp Simulator*: simulador para el entrenamiento con lámpara de hendidura. Permite examinar la córnea, cristalino y otras estructuras anteriores, con una variedad de patologías integradas.<sup>106</sup>

## Simuladores de entrenamiento quirúrgico

- *Eyesi Surgical*: simulador de alta fidelidad para microcirugía ocular, especialmente catarata y retina. Proporciona retroalimentación detallada sobre la manipulación tisular, eficiencia, precisión y técnica quirúrgica, siendo uno de los más consolidados en currículos de formación médica especializada.<sup>64,107</sup>
- *Cirugía de glaucoma*: simulador que replica las etapas clave de la cirugía de trabeculectomía, permitiendo al estudiante

ensayar la incisión escleral, colocación del colgajo y manejo del humor acuoso en ambiente controlado.<sup>108</sup>

### **Clínicas virtuales y entornos de toma de decisiones**

- *Virtual Ophthalmology Clinic*: entorno clínico virtual que simula casos de oftalmología, integrando anamnesis, elección de exámenes y decisiones diagnósticas. Ofrece retroalimentación automática y justificación de la conducta.<sup>98,109</sup>
- *Simuladores de escenarios clínicos*: algunos modelos combinan casos reales con imágenes diagnósticas (tomografía de coherencia óptica, fondo de ojo, campos visuales) y cuestionarios interactivos para evaluar el razonamiento clínico.<sup>110,111</sup>
- *XREye Visual Impairment Simulator*: herramienta inmersiva que simula distintas condiciones visuales (glaucoma, degeneración macular, retinopatía diabética) desde la perspectiva del paciente. Se utiliza para fomentar la empatía clínica, toma de decisiones y la comunicación efectiva en estudiantes.<sup>112</sup>

### **Simuladores específicos para contactología**

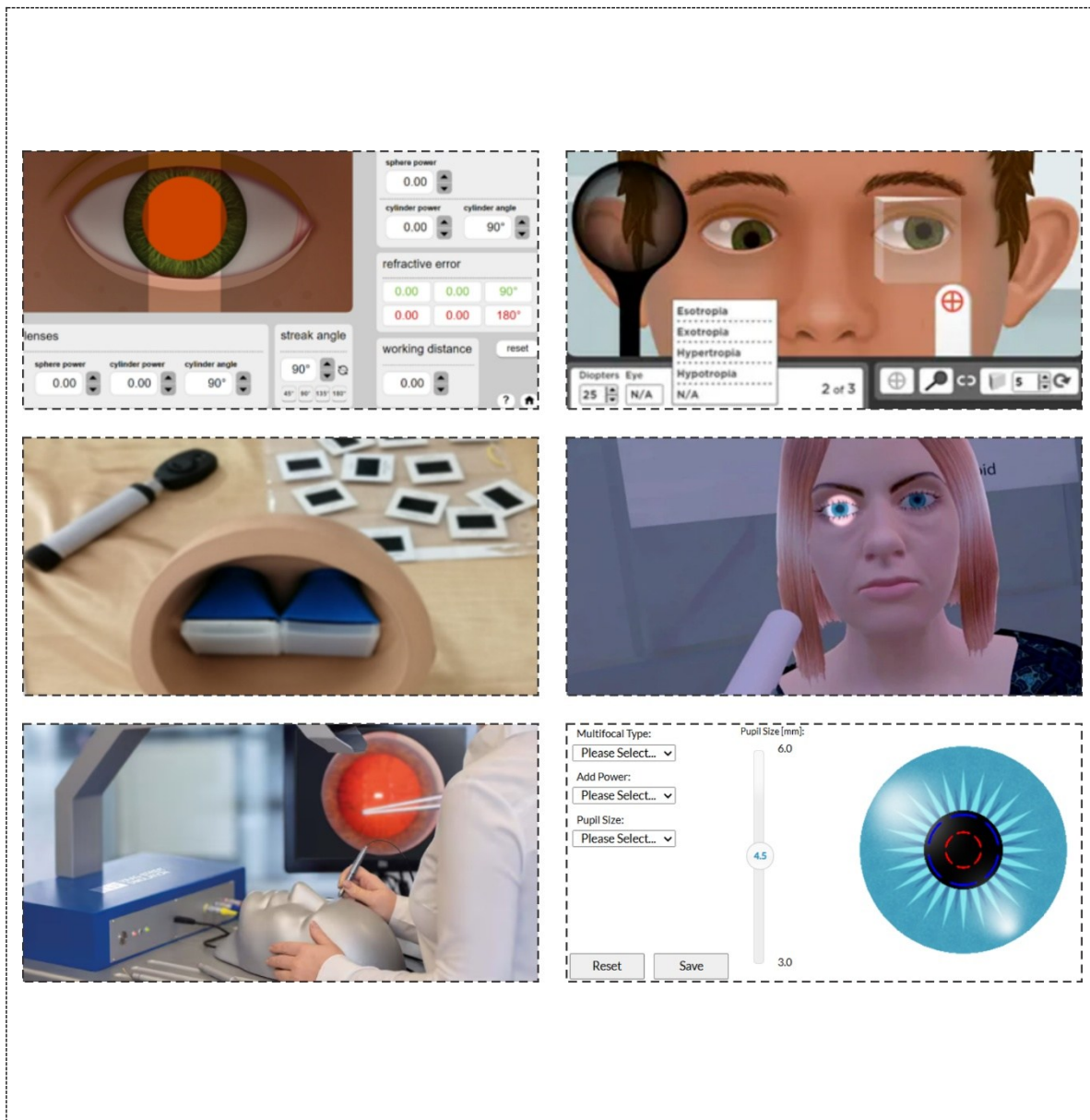
- *Multifocal Contact Lens Simulator*: permite evaluar el desempeño óptico de lentes multifocales en diferentes perfiles de usuario. Los estudiantes pueden simular la selección del diseño según la adición, zona óptica y condición ocular, observando la distribución de la visión en diferentes distancias y comprendiendo el impacto de cada elección sobre la calidad visual final.<sup>35,113</sup>

- Simulaciones que pueden apoyar la enseñanza: algunas plataformas digitales permiten manipular mapas corneales para interpretar astigmatismos, queratoconos y seleccionar diseños de lentes, favoreciendo el entrenamiento en procesos de adaptación especializada.<sup>114,115</sup>
- Iniciativas de IACLE y BUCCLE: aunque no ofrecen simuladores propios, estas organizaciones han promovido activamente el desarrollo de módulos digitales y topografías corneales interactivas para el aprendizaje de adaptación de LC.<sup>25,26,116</sup>

Estos ejemplos sugieren el nivel de desarrollo (Tabla 3.6) y el potencial de los simuladores como herramienta complementaria en la enseñanza del cuidado visual (Figura 3.10). No obstante, su integración en la formación clínica requiere fortalecer su validación pedagógica y adaptar las tecnologías a las necesidades de cada disciplina.

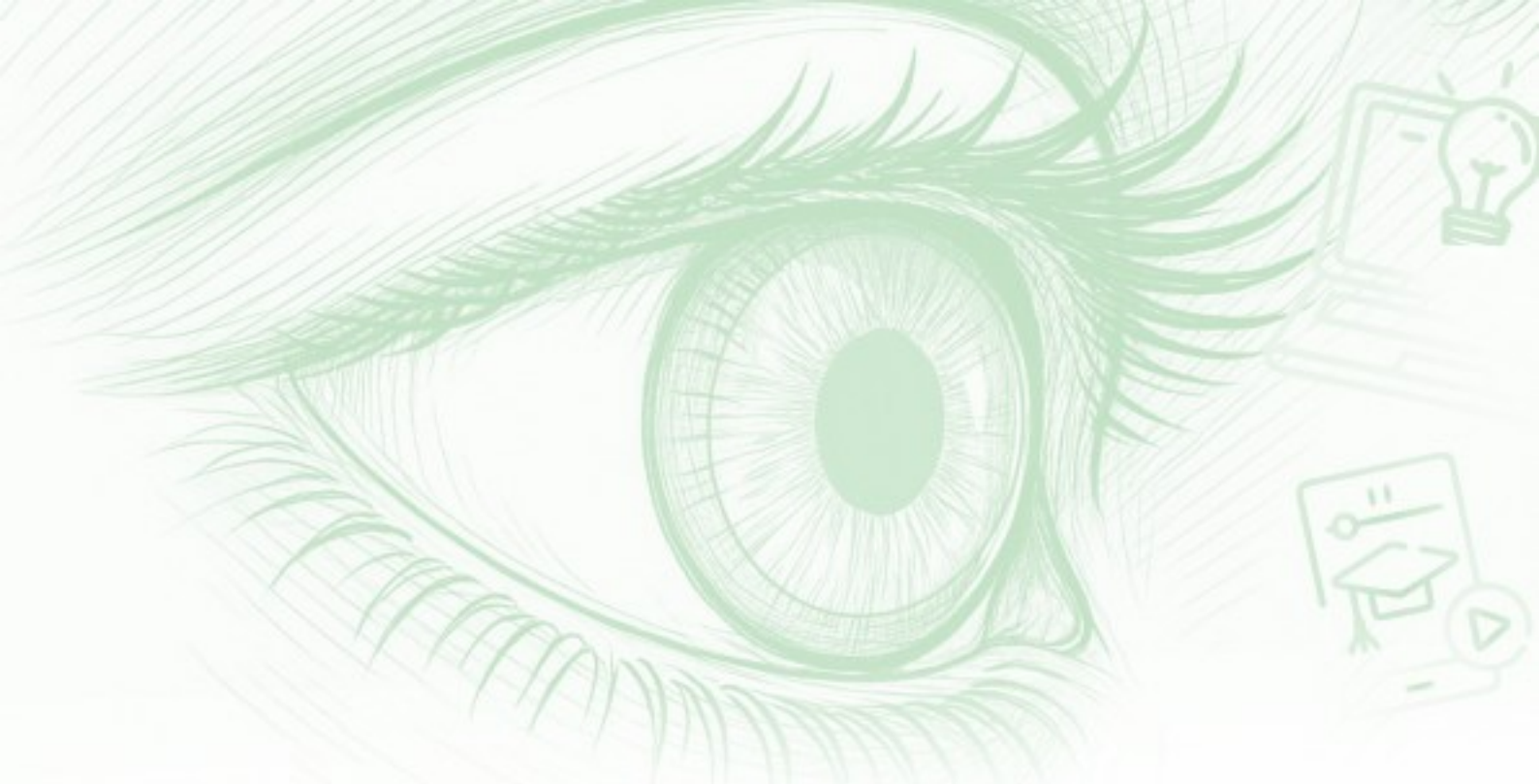
**Tabla 3.6** Principales grupos de simuladores empleados en la educación del cuidado visual. Se muestra una interpretación sobre su nivel de desarrollo y disponibilidad actual, basada en las referencias utilizadas en la Sección 3.5.3.

Grupo de simuladores	Nivel de desarrollo y disponibilidad
<i>Refracción y exploración funcional visual</i>	Moderado-Alto: Múltiples herramientas de fácil acceso educativo
<i>Fondo de ojo y oftalmoscopia</i>	Moderado-Alto: Amplia disponibilidad con simuladores de recursos virtuales
<i>Entrenamiento quirúrgico</i>	Moderado: Herramientas avanzadas, pero de acceso restringido o institucional
<i>Clínicas virtuales y entornos de toma de decisiones</i>	Moderado: Buena oferta especialmente en oftalmología, pero de acceso restringido o institucional
<i>Contactología</i>	Bajo: Opciones limitadas y menos estandarizadas en la enseñanza



**Figura 3.10** Representaciones gráficas de varios simuladores aplicados a la enseñanza en el cuidado de la visión. Adaptadas y rediseñadas a partir de diversas fuentes.<sup>103,104,117-120</sup>





## 3.6. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EDUCACIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha dejado de ser un concepto exclusivo del ámbito tecnológico para convertirse en un componente de aplicación transversal en múltiples sectores de la sociedad, incluyendo el campo educativo.<sup>121</sup> Para contextualizar esta Tesis Doctoral, se considera importante ofrecer un panorama general de este campo, con el fin de proporcionar unas bases mínimas para facilitar la comprensión los recursos tecnológicos empleados en esta investigación. Por tanto, en esta sección no se pretende profundizar en aspectos técnicos avanzados de la IA, sino introducir conceptos fundamentales y explorar sus aplicaciones en educación principalmente en el área de la salud.

### 3.6.1. Fundamentos de la IA

La IA se refiere, en términos generales, a la capacidad de los sistemas informáticos para ejecutar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el reconocimiento de patrones, interpretación del lenguaje, resolución de problemas o la toma

autónoma de decisiones.<sup>12,122</sup> Aunque el término pueda parecer técnico, su presencia se ha vuelto habitual en herramientas ampliamente utilizadas, como los asistentes de voz, filtros de correo electrónico no deseado, sistemas de navegación por GPS o incluso las plataformas que recomiendan películas y productos según las preferencias del usuario.<sup>123,124</sup>

Dentro del campo de la IA, uno de los subcampos más relevantes es el aprendizaje automático (*machine learning*, ML), que permite a los sistemas mejorar su desempeño a partir del análisis de grandes volúmenes de datos, sin necesidad de programación explícita para cada situación. El ML se basa en diferentes tipos de algoritmos capaces de detectar relaciones o patrones que, en muchos casos, escapan al análisis humano, y utilizar esa información para realizar predicciones o tomar decisiones sobre nuevos escenarios.<sup>115,122,125</sup>

Por otro lado, el aprendizaje profundo (*deep learning*, DL) es una técnica avanzada dentro del ML que emplea redes neuronales artificiales inspiradas en la estructura y funcionamiento del cerebro humano. Estas redes son capaces de procesar información compleja, como imágenes, voz o lenguaje natural, lo que permite, por ejemplo, que una aplicación reconozca rostros, transcriba conversaciones o interprete textos escritos por los estudiantes.<sup>115,123,126</sup> En este grupo se incluyen las denominadas IA generativas, conocidas por modelos de generación de texto o contenido, como los modelos de lenguaje de gran escala (LLM), entre ellos ChatGPT.<sup>123,126</sup>

Entre los algoritmos de ML más utilizados en diversos campos, se destacan los siguientes:

- *Regresión logística*: que permite predecir probabilidades y es ampliamente utilizada en estudios biomédicos.<sup>122</sup>
- *Árboles de decisión*: que dividen los datos en ramas sucesivas según sus características, permitiendo clasificar o predecir resultados de forma interpretativa.<sup>115</sup>
- *Random Forest*: que utiliza múltiples árboles de decisión para generar predicciones más precisas y estables, es especialmente útil cuando se manejan muchas variables.<sup>127</sup>
- *k-Nearest Neighbors (KNN)*: que clasifica una nueva entrada comparándola con los datos más similares previamente almacenados. Es simple y eficaz para tareas de reconocimiento o agrupamiento.<sup>122,128</sup>

Estos algoritmos representan algunos de los enfoques más comunes en IA aplicada a la educación y a la salud. No obstante, se trata de un campo muy amplio que evoluciona rápidamente, especialmente con el desarrollo de modelos complejos vinculados al DL.

Aunque en esta sección se centra en la aplicación de la IA en educación, es necesario destacar que en el campo de la salud, y particularmente en las ciencias de la visión es uno de los que mayor aplicación de la IA con numerosos desarrollos orientados al apoyo clínico y a la asistencia diagnóstica.<sup>114,129,130</sup> Entre sus aplicaciones emergentes se incluyen también ejemplos en el ámbito de la contactología, donde comienzan a explorarse modelos predictivos para seleccionar parámetros óptimos de LC, algoritmos para interpretar imágenes corneales y sistemas inteligentes de apoyo a la toma de decisiones clínicas.<sup>115</sup>

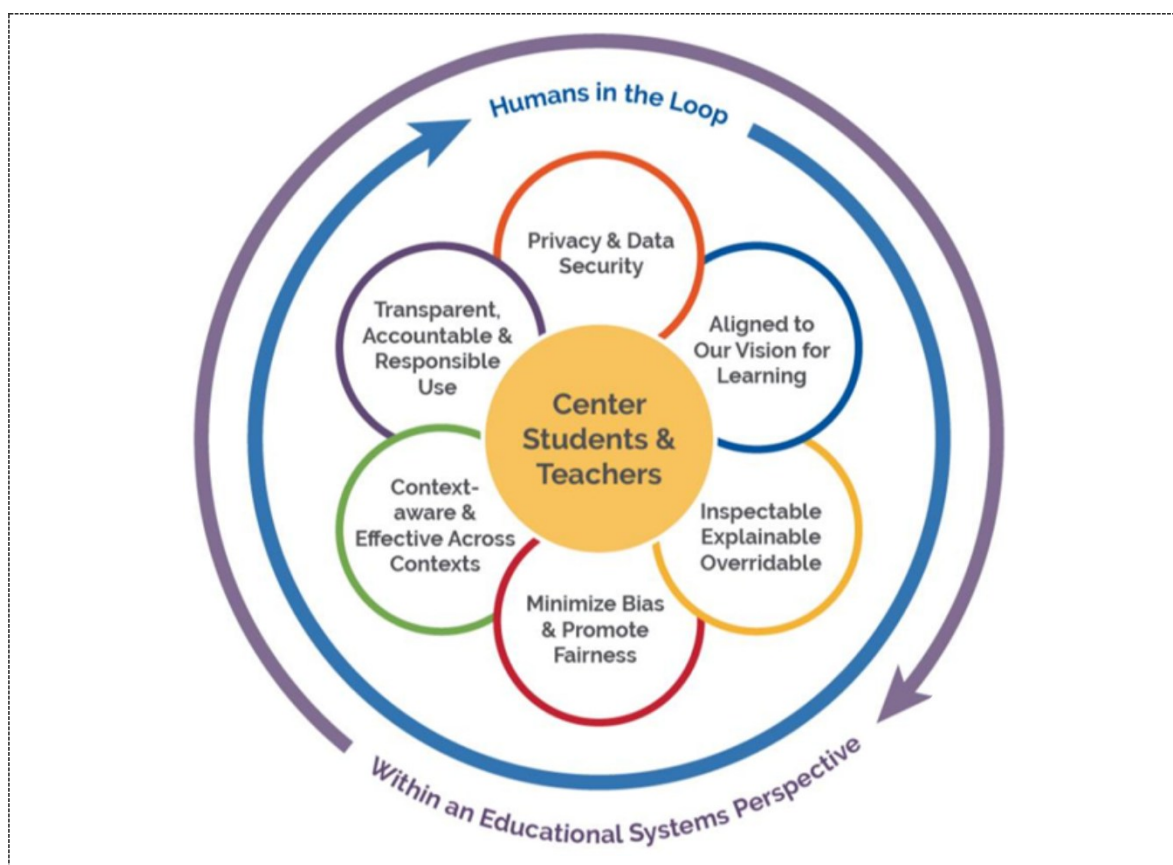
### 3.6.2. Impactos de la IA en la educación

La introducción de la IA en la educación ha generado múltiples transformaciones en las metodologías, herramientas y dinámicas de enseñanza-aprendizaje. Estas son algunas de las principales áreas donde la IA ha demostrado un impacto relevante:

- Sistemas de enseñanza y aprendizaje adaptativo: Plataformas basadas en IA permiten ajustar el contenido, dificultad y ritmo de enseñanza según el progreso individual de cada estudiante. Estos sistemas analizan patrones de interacción para ofrecer experiencias personalizadas.<sup>12,124,131</sup>
- Retroalimentación y monitorización del desempeño: La IA ha permitido el desarrollo de herramientas que corrigen automáticamente respuestas, interpretan textos y ofrecen comentarios inmediatos. Esta retroalimentación en tiempo real no solo optimiza el tiempo del docente y del estudiante, sino que también fortalece el aprendizaje autónomo.<sup>73,132</sup>
- Evaluación diagnóstica asistida: Los algoritmos pueden identificar estudiantes con dificultades de manera temprana, generar informes de progreso e sugerir intervenciones específicas. Tableros inteligentes permiten a los docentes tomar decisiones pedagógicas basadas en evidencias cuantitativas.<sup>133,134</sup>
- Escalabilidad y equidad: El uso de IA facilita la gestión de grandes volúmenes de información y permite escalar modelos de calidad en contextos con recursos limitados, como zonas rurales o comunidades con baja disponibilidad de docentes,

con el potencial de contribuir a una mayor equidad educativa cuando se implementa de forma inclusiva.<sup>12,121</sup>

No obstante, su implementación plantea desafíos importantes, como el riesgo de sesgos derivados de datos mal equilibrados, la falta de transparencia en los algoritmos y la reconfiguración del rol docente, que pasa a desempeñar también funciones de mediador y gestor de procesos asistidos por tecnología.<sup>134,135</sup> Además, deben considerarse cuidadosamente aspectos éticos, como la privacidad de los datos personales y la responsabilidad sobre las decisiones generadas por los algoritmos,<sup>135-137</sup> considerando principios orientadores para un diseño e implementación responsables de la IA en educación (Figura 3.11).



**Figura 3.11** Principios orientadores deseables para el diseño e implementación de sistemas de IA en educación. Estudiantes y docentes en el centro del proceso educativo, en torno a un conjunto de cualidades fundamentales.<sup>137</sup>

### 3.6.3. Aplicaciones educativas en salud y cuidados de la visión

La IA empieza a ocupar un papel relevante en la formación de profesionales de la salud, promoviendo nuevas estrategias centradas en la personalización del aprendizaje,<sup>73,132,138</sup> tal y como se muestra a continuación con algunos ejemplos de su aplicación en diferentes contextos formativos.

- Enfermería - IA generativa: Se han desarrollado herramientas para crear ilustraciones anatómicas adaptadas al contenido de estudio. Estas imágenes son generadas por modelos entrenados para transformar descripciones textuales en representaciones visuales, facilitando la comprensión espacial de órganos y estructuras complejas.<sup>139</sup>
- Medicina - Chatbots inteligentes: En plataformas de simulación médica se han integrado agentes conversacionales capaces de interactuar con los estudiantes mediante lenguaje natural. Estos sistemas permiten explorar decisiones clínicas, simulando escenarios diagnósticos y terapéuticos con retroalimentación automatizada.<sup>132,138</sup>
- Farmacia - Tutoría para corrección de errores: En la formación farmacéutica sistemas de IA han sido utilizados para analizar las respuestas de los estudiantes, identificar errores comunes y recomendar contenidos complementarios, donde la retroalimentación personalizada contribuye a reforzar conceptos y optimizar el aprendizaje.<sup>123,126</sup>
- Salud pública - Predicción de riesgo académico: En contextos de salud pública y disciplinas afines se han implementado

algoritmos predictivos para identificar patrones de bajo rendimiento académico. A partir de datos de interacción digital, estas herramientas permiten intervenir tempranamente con estrategias pedagógicas más eficaces.<sup>134,140</sup>

En el ámbito de la educación en cuidados de la visión, también se han desarrollado experiencias que integran herramientas de IA para mejorar la formación clínica y diagnóstica, como por ejemplo:

- Entrenamiento quirúrgico con evaluación: Sistemas de simulación quirúrgica han incorporado IA para evaluar la precisión de movimientos y decisiones en procedimientos oculares. Estas herramientas proporcionan retroalimentación objetiva y registros detallados que enriquecen la formación en microcirugías oftálmicas.<sup>64,108</sup>
- Generación de imágenes para práctica diagnóstica: Modelos generativos de IA han sido aplicados para crear representaciones visuales simuladas de retina y del segmento anterior, facilitando el entrenamiento diagnóstico sin necesidad de explorar pacientes reales o bases clínicas extensas.<sup>114</sup>
- Interpretación de pruebas clínicas oculares: Aplicaciones formativas han incorporado IA para interpretar topografías, retinografías y mapas corneales, permitiendo a los estudiantes recibir retroalimentación inmediata y comparaciones con valores normativos.<sup>114,129</sup>

Sin embargo, no se han identificado aplicaciones de IA directamente orientadas a la enseñanza en el área de LC. No obstante, existen algunos desarrollos centrados en aplicaciones clínicas que

pueden ser adaptados con fines formativos, ya que ofrecen funcionalidades que también resultan útiles en la enseñanza de la adaptación de LC y la evaluación corneal, como por ejemplo:

- Selección de parámetros para LC: Se han desarrollado modelos de IA capaces de sugerir parámetros óptimos para la adaptación de LC, integrando datos refractivos y topográficos. Estas tecnologías, aunque orientadas inicialmente al entorno clínico, pueden ser utilizadas como material complementario en la enseñanza de contactología.<sup>115</sup>
- Detección de irregularidades corneales: Sistemas basados en IA han sido empleados para analizar imágenes de topografías corneales y detectar irregularidades epiteliales. Estas funciones, diseñadas para apoyo diagnóstico, pueden servir también como herramientas visuales de aprendizaje en la formación sobre adaptaciones complejas de lentes gas permeable (GP).<sup>114</sup>

Como se ha observado, la IA ofrece valiosas alternativas para la formación en el ámbito sanitario. Si bien su uso en la educación en ciencias de la visión aún se encuentra en desarrollo, los ejemplos existentes evidencian un potencial para enriquecer la enseñanza especializada y fomentar nuevas dinámicas formativas en este área, especialmente ante las carencias identificadas en el campo de la educación en contactología.



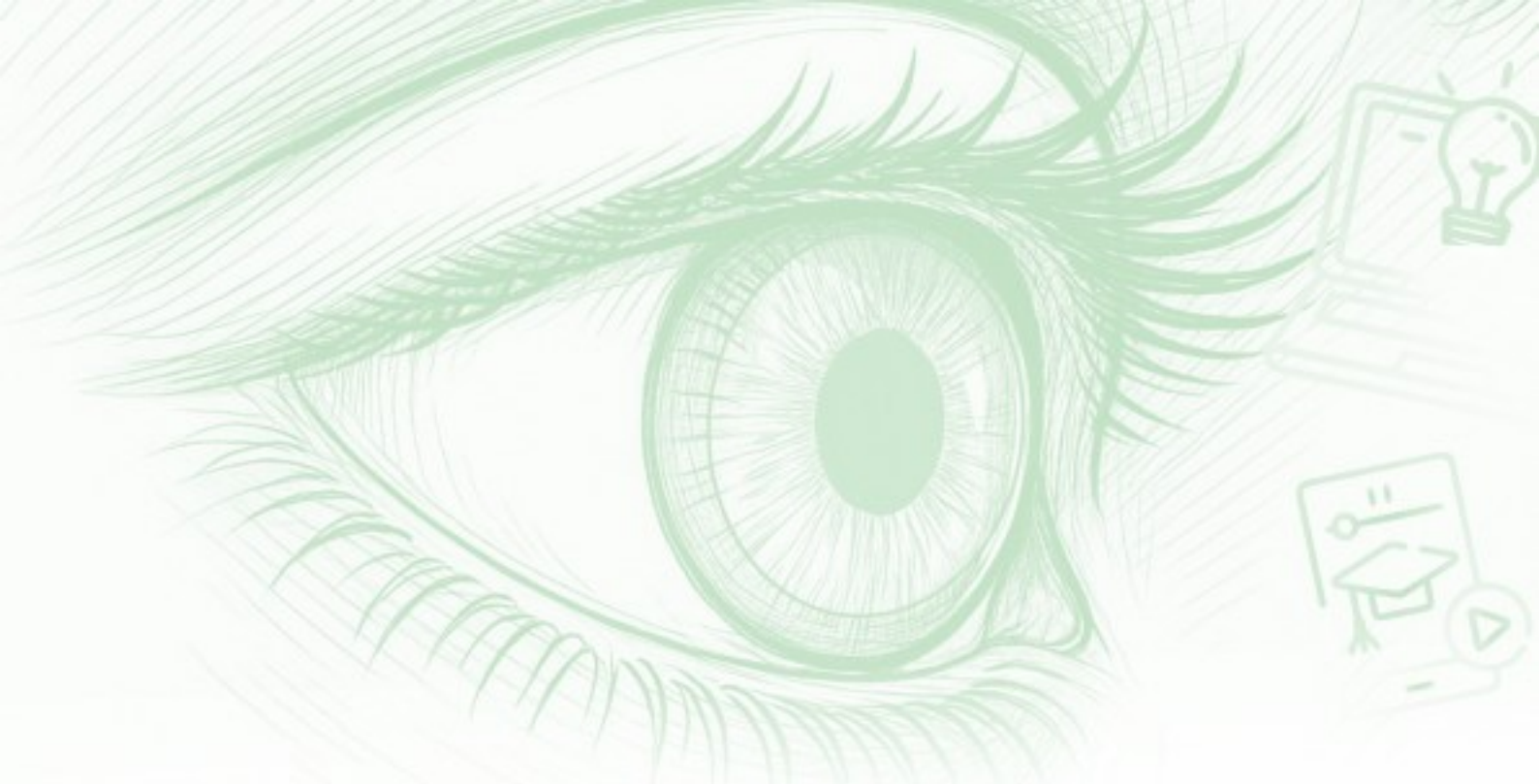
Capítulo

# 4

## Justificación

*Justification*





La formación clínica en lentes de contacto (LC) plantea desafíos crecientes en la educación de optometristas y profesionales de la salud visual. Si bien esta área representa una competencia clave en la práctica profesional, se enfrenta a dificultades que dificultan el acceso de los estudiantes a entrenamientos adecuados tanto teóricos como prácticos, lo que afecta a la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje para adquirir las habilidades necesarias para desarrollar de juicio clínico y adquirir autonomía en la toma de decisiones que requiere la exposición a una diversidad de casos reales.<sup>8,19,21,22,76</sup>

Esta situación es aún más crítica ante la creciente demanda de profesionales cualificados para el manejo de pacientes complejos que requieren adaptaciones especializadas, como ocurre, por ejemplo, en pacientes con córnea irregular, tal y como han puesto de manifiesto algunos trabajos en América Latina y Europa,<sup>141</sup> que señalan áreas de mejora en la formación de ciertos procedimientos clínicos especialmente relacionados con la adaptación de lentes gas permeables (GP).<sup>142,143</sup> Así, mejorar la preparación y formación en LC en la etapa universitaria podría favorecer el desarrollo de esta

especialidad. Este escenario revela no solo vacíos técnicos, sino también la necesidad de estrategias educativas más efectivas, que permitan al estudiante experimentar, reflexionar y construir saberes significativos antes de su ingreso al campo clínico-profesional.<sup>8,22,43</sup>

En paralelo, el avance de las tecnologías digitales ha abierto nuevas posibilidades para el proceso de enseñanza-aprendizaje en salud. Herramientas como los objetos de aprendizaje interactivos y los simuladores se han convertido en recursos relevantes en diversas disciplinas por su capacidad de integrar el conocimiento teórico con el desarrollo de habilidades potencialmente prácticas. No obstante, en el ámbito de la contactología, estas aplicaciones están poco exploradas, sin aprovechar plenamente su potencial formativo, lo que sugiere brechas que merecen ser abordadas en futuras investigaciones.  
48,93,144,145

el proceso de enseñanza-aprendizaje de contactología, con el objetivo de favorecer el aprendizaje autónomo y seguro de los estudiantes de las materias de LC, se propone desarrollar un simulador virtual de interacción clínica, apoyándose en una combinación de elementos pedagógicos, tecnológicos y de razonamiento clínico, que pueda emplearse no solo como herramienta de apoyo para complementar la formación tradicional, sino que también pueda permitir una transformación de la manera en que se enseñan y se aprenden los conocimientos, habilidades y competencias en contactología.<sup>10,25,146,147</sup>

Capítulo

# 5

## Hipótesis, objetivos y metodología general

*Hypothesis, objectives and general methodology*



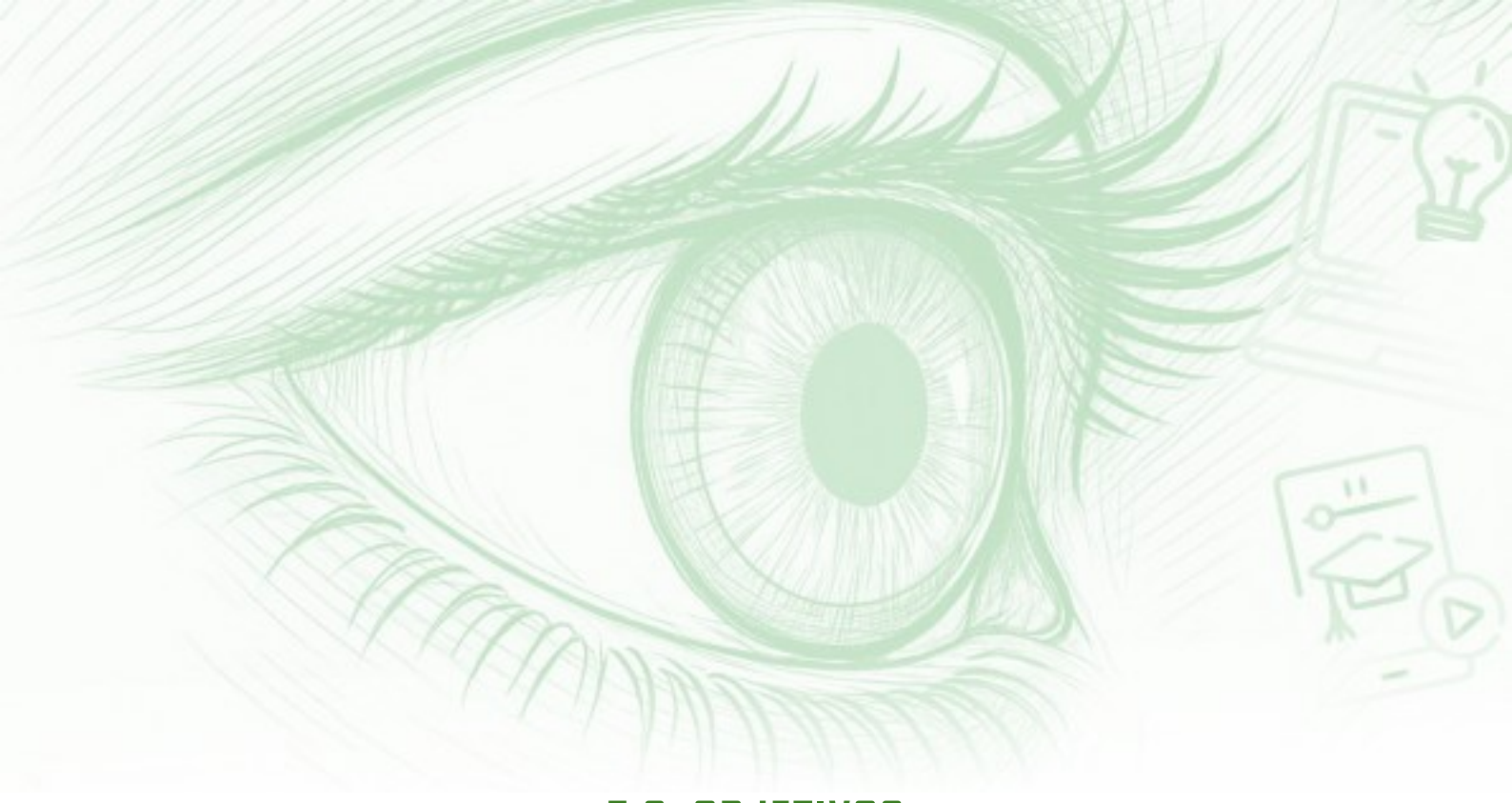


## 5.1. HIPÓTESIS

Es posible desarrollar un simulador virtual de interacción clínica basado en casos de lentes de contacto para su uso como herramienta educativa capaz de contribuir al desarrollo de competencias del estudiante en ciencias de la visión y de apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje en lentes de contacto.







## 5.2. OBJETIVOS

### **Objetivo General**

Desarrollar y validar un simulador virtual de interacción clínica que integre herramientas de inteligencia artificial (IA) para la generación y retroalimentación de casos clínicos para su aplicación en la enseñanza de lentes de contacto (LC), teniendo en cuenta en su diseño las competencias profesionales propias de la contactología.

### **Objetivos Específicos**

1. Analizar la estructura curricular y la inclusión de contenidos relacionados con LC en planes de estudio de programas universitarios de Optometría en distintos países, con el fin de identificar las características de la formación impartida en esta área.

- 2.** Mapear y describir los entornos digitales de apoyo educativo y los objetos de aprendizaje disponibles para la enseñanza en contactología, identificando sus características y evidencia asociada.
- 3.** Diseñar un modelo pedagógico-instruccional estructurado, basado en competencias clínicas en LC, para sustentar el diseño educativo del simulador virtual.
- 4.** Desarrollar una herramienta web de interacción clínica, capaz de generar escenarios sintéticos y proporcionar retroalimentación automatizada mediante el uso de IA.
- 5.** Evaluar la usabilidad del simulador desde la perspectiva del estudiante, considerando aspectos como la facilidad de navegación, la comprensión de contenidos y la percepción general de su funcionalidad.
- 6.** Explorar la aplicabilidad educativa del simulador desde la perspectiva de profesionales y docentes, considerando su utilidad percibida, su potencial de integración en la enseñanza y aspectos relevantes para su mejora continua.



### 5.3. METODOLOGIA GENERAL

La Tesis Doctoral se estructura como una investigación de carácter mixto, orientada al desarrollo y validación preliminar de una herramienta educativa digital para su aplicación en el ámbito de la enseñanza de LC. Aunque cada bloque adopta un enfoque metodológico específico según sus objetivos particulares, el enfoque metodológico general se articula tomando como guía el modelo *ADDIE* (*Análisis, Diseño, Desarrollo, Implementación y Evaluación*), ampliamente utilizado en el diseño instruccional y reconocido por su utilidad en la planificación de soluciones formativas y orientadas a resultados en aprendizaje.<sup>46,48</sup>

El modelo *ADDIE* se estructura en cinco fases secuenciales diferenciadas que permiten organizar procesos formativos de manera sistemática, centrados en el aprendizaje y en las necesidades del usuario final.

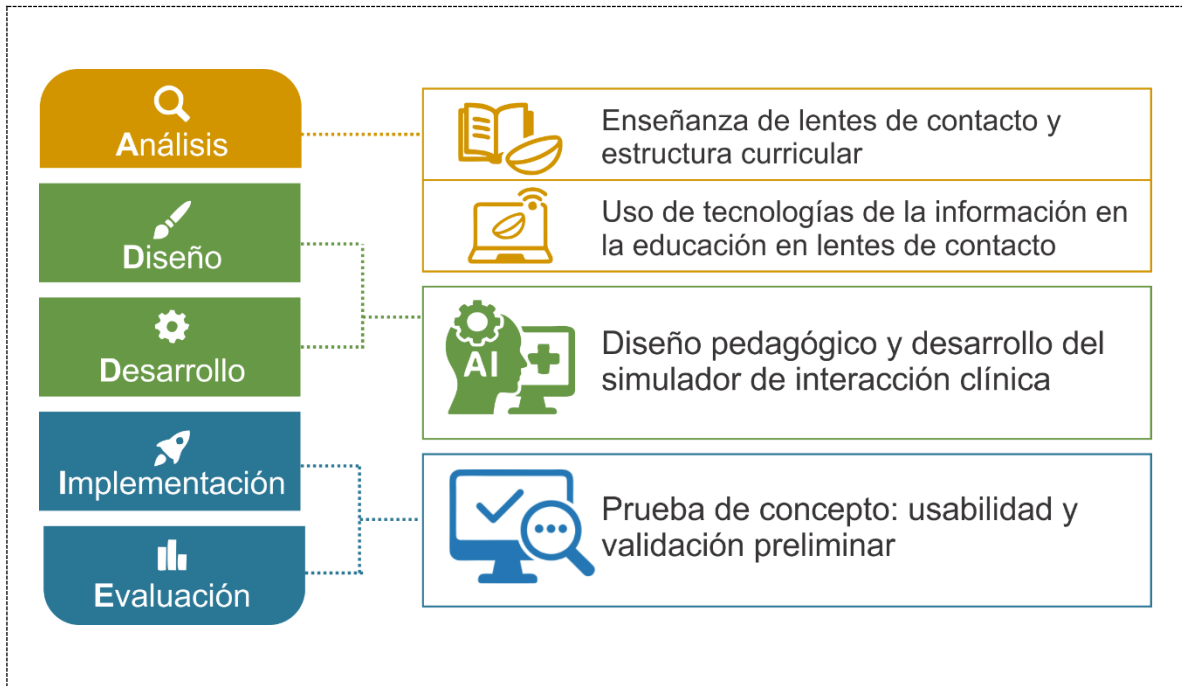
En la primera fase, Análisis, se identifican las necesidades formativas, las características del contexto educativo y las brechas existentes en la oferta pedagógica, lo que permite delimitar con claridad el problema a abordar. Durante la segunda fase, de Diseño, se definen las competencias clave, se seleccionan los enfoques pedagógicos apropiados y se esbozan los componentes funcionales del recurso educativo. En tercer lugar, durante la fase de Desarrollo es necesaria la construcción técnica del objeto de aprendizaje, integrando los contenidos, funcionalidades y recursos digitales coherentes con lo planificado. Posteriormente, en la cuarta fase se realiza la Implementación, de manera que el recurso es aplicado de forma controlada en un entorno real o simulado, facilitando su uso por parte del público destinatario. Finalmente, en la quinta y última fase se realiza la Evaluación para valorar su aceptación y relevancia educativa, aportando evidencias preliminares que ayudarán a la incorporación de ajustes posteriores y futuras validaciones en contextos más amplios.<sup>46,48</sup>

En este contexto, a continuación, se describe la estructura metodológica general empleada para el desarrollo del simulador y de esta Tesis Doctoral (Figura 5.1).

- **Fase de Análisis:** Con el objetivo de identificar las necesidades formativas, caracterizar el contexto de enseñanza en LC y delimitar las brechas estructurales en la integración de competencias profesionales. Para ello, se llevó a cabo un análisis exploratorio que permitió fundamentar la necesidad de una solución educativa digital alineada con las demandas actuales del área, en correspondencia con los objetivos específicos 1 y 2.

- **Fase de Diseño y Desarrollo:** Se estructuró la propuesta pedagógica y se planificó en el contexto de la formación en salud visual, con énfasis en la enseñanza de LC. Se definieron las competencias profesionales prioritarias, se seleccionaron enfoques instruccionales y se delinearon los elementos pedagógicos que orientarán la construcción del recurso. En su desarrollo, se procedió a la materialización del entorno digital conforme a las directrices establecidas, integrando componentes educativos y tecnológicos, incluyendo técnicas de IA para respaldar su arquitectura funcional e interactiva, en correspondencia con los objetivos específicos 3 y 4.
- **Fase de Implementación y Evaluación:** En esta etapa final, se aplicó la herramienta, permitiendo su utilización por parte de estudiantes y profesionales vinculados al área de LC. A partir de esta implementación, se llevó a cabo una evaluación centrada en la experiencia del usuario, empleando instrumentos estandarizados para valorar aspectos como la usabilidad y la aceptación del recurso. Esta fase se estructuró en coherencia con los objetivos específicos 5 y 6.

De este modo, la metodología adoptada permitió articular de manera progresiva las distintas fases del proceso de investigación, que en su conjunto contribuyen al objetivo general de la presente Tesis Doctoral.



**Figura 5.1** Esquema general del proceso metodológico adoptado en la investigación realizada en esta Tesis Doctoral.

Capítulo

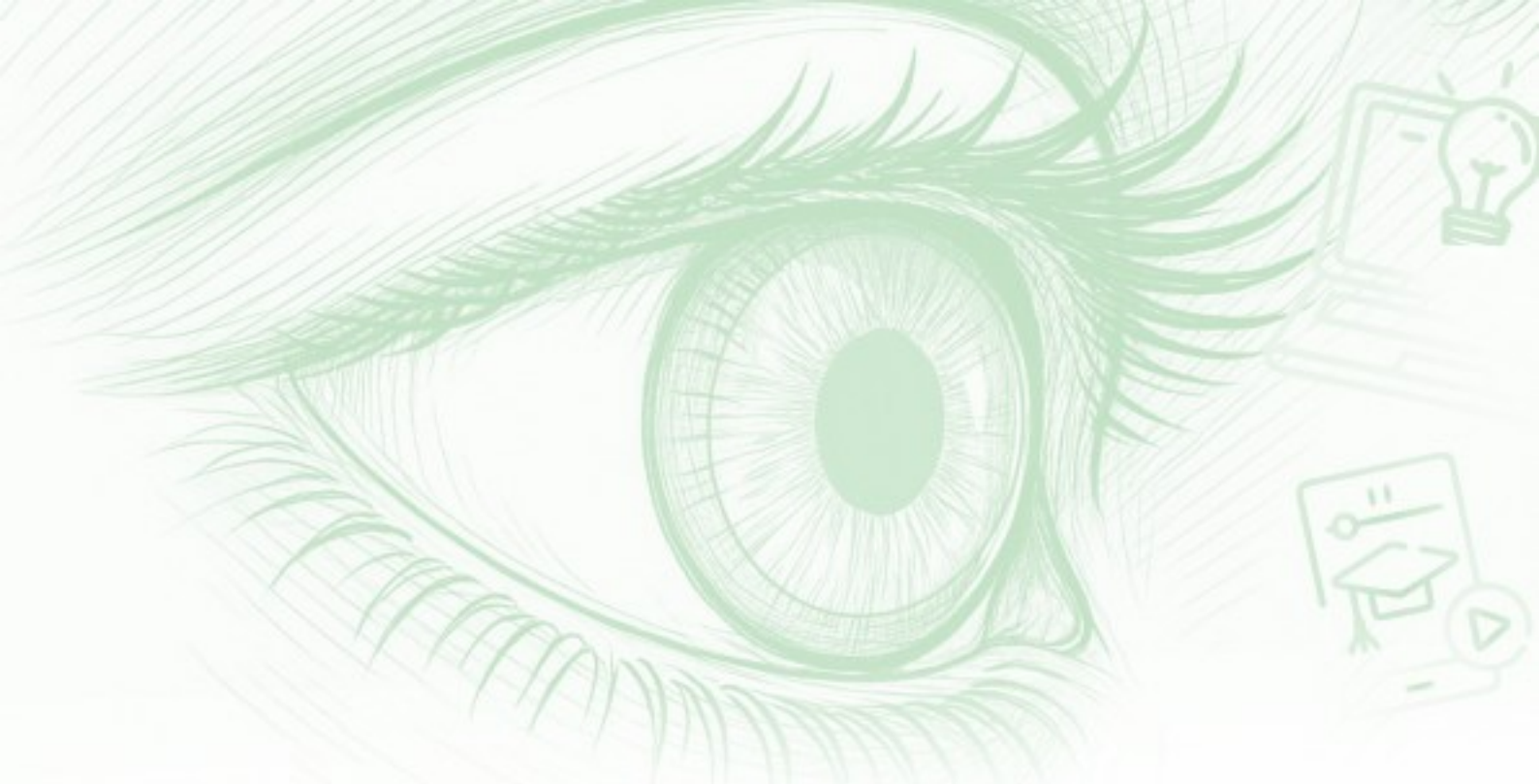
# 6

## **Enseñanza de lentes de contacto: un análisis de la organización curricular entre diferentes programas de Optometría**

*Teaching contact lenses: an analysis of the curricular organization among different optometry programs*







## 6.1. INTRODUCCIÓN

La adaptación de lentes de contacto (LC) constituye una parte fundamental del ejercicio profesional de la Optometría y de la atención ocular a nivel mundial, dado que millones de pacientes utilizan LC para mejorar su visión.<sup>32</sup> Por ello, la formación en LC es una competencia profesional esencial incluida en la mayoría de los modelos de competencias profesionales propuestos por diversas organizaciones, cuyas directrices deben seguir las diferentes universidades en sus programas de formación de Optometristas.<sup>3</sup> Entre estas organizaciones destacan el Consejo Mundial de Optometría,<sup>10</sup> el Consejo General de Óptica del Reino Unido,<sup>19</sup> la Asociación Australiana de Optometristas,<sup>20</sup> Optometristas Canadienses,<sup>72</sup> la Asociación de Escuelas y Colegios de Optometría (ASCO) en los EE.UU.<sup>148</sup> y el Consejo Europeo de Optometría y Óptica.<sup>149</sup> Para garantizar una formación de calidad en LC, existe la necesidad de avanzar hacia cierto grado de estandarización de los currículos a nivel global, incorporar recursos formativos *online* y el uso de tecnologías innovadoras de enseñanza (como simuladores de

pacientes por ejemplo cuando los encuentros clínicos presenciales no sean viables), así como mejorar la capacitación de educadores especializados. Estas estrategias son esenciales ante la creciente demanda global de profesionales cualificados en el cuidado de la salud visual en general y en la adaptación de LC en particular.<sup>21</sup>

El contenido sobre LC en los diferentes planes de estudios puede presentar ligeras variaciones entre universidades, pero algunos currículum recomiendan que incluya al menos, los siguientes aspectos: historia de las LC, teoría de la adaptación y diseño de LC, criterios de selección (evaluación de la refracción del paciente, topografía corneal, diámetro visible del iris, material y diseño del LC, modalidad de uso y reemplazo, y necesidades individuales del paciente), técnicas de inserción, extracción y manejo de LC, evaluación de la adaptación, pruebas clínicas y equipos para la evaluación de la adaptación, así como el seguimiento y cuidado posterior (uso de soluciones de limpieza y mantenimiento, estuches, manejo de complicaciones y adhesión al tratamiento), entre otros.<sup>15</sup>

Por su parte, la enseñanza basada en la evidencia es un enfoque educativo que se sustenta en emplear la mejor evidencia científica disponible con el uso de herramientas y técnicas validadas empíricamente.<sup>69</sup> Este método integra la investigación y la literatura tanto en educación como en otras disciplinas para proporcionar una base sólida, especialmente en áreas donde la evidencia aún es limitada o incierta.<sup>150</sup> En el contexto de la enseñanza de LC, la Asociación Internacional de Educadores de Lentes de Contacto (IACLE) define la enseñanza basada en la evidencia como *“la integración consciente, explícita y juiciosa de la mejor investigación disponible en la ciencia*

*relacionada con LC, combinada con técnicas y experiencia en enseñanza y evaluación, dentro del contexto de la educación en LC”.*<sup>22</sup>

La enseñanza de LC requiere el uso de diversas estrategias didácticas y metodologías de aprendizaje, como lección magistral, conferencias, laboratorios para el desarrollo de habilidades prácticas, entre otras, con el objetivo de transmitir tanto los conocimientos teóricos como fortalecer las competencias clínicas de los estudiantes. Entre las técnicas comúnmente empleadas en la formación de profesionales sanitarios en general y de Optometristas en particular se incluyen:

- Aula invertida, donde los estudiantes adquieren conocimientos a través de tareas previas utilizando materiales de aprendizaje proporcionados antes de la clase y, posteriormente, participan en actividades de aprendizaje activo en lugar de asistir a conferencias tradicionales.<sup>63</sup>
- Aprendizaje espaciado, caracterizado por la fragmentación del contenido en módulos más pequeños, que los estudiantes abordan en intervalos de tiempo definidos hasta alcanzar el dominio del concepto.<sup>43</sup>
- Aprendizaje basado en pruebas, que enfatiza la repetición y recuperación del conocimiento mediante distintos formatos para mejorar la retención a largo plazo.<sup>151</sup>
- Trabajo en grupo, que incorpora dinámicas colaborativas como parte del diseño instruccional en el proceso de enseñanza-aprendizaje.<sup>152</sup>

- Estudios de casos clínicos y aprendizaje basado en casos, en los que el análisis de situaciones clínicas reales se integra en el proceso de enseñanza de los estudiantes.<sup>71</sup>
- Aprendizaje basado en problemas, en el que los estudiantes se enfrentan a problemas clínicos bien estructurados para desarrollar las habilidades necesarias para su resolución y adquirir los conocimientos sobre ciencias básicas y clínicas.<sup>29</sup>
- Aprendizaje basado en equipos, una estrategia de aprendizaje activo centrada en el estudiante, pero guiada por el docente.<sup>153</sup>
- Práctica reflexiva, que fomenta el pensamiento crítico y reflexivo durante la formación académica y las experiencias clínicas.<sup>154</sup>

A pesar del amplio uso de estas estrategias en la formación de profesionales de la salud, no existe evidencia directa que demuestre sus beneficios específicos en la enseñanza de LC. Sin embargo, los resultados positivos observados en otras disciplinas sugieren que su aplicación en este ámbito podría ser igualmente efectiva.<sup>22</sup> Todas estas metodologías deberían integrarse dentro del currículo general de optometría, abarcando las diversas asignaturas que conforman el programa de formación, con las adaptaciones pedagógicas necesarias para optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje en la práctica de LC.

Por tanto, es necesario mejorar la información disponible sobre la formación en LC en las distintas universidades ya que contar con información más precisa permitiría a los educadores y a los responsables académicos involucrados en la enseñanza de LC desarrollar y optimizar las estrategias pedagógicas necesarias,

incorporando nuevas metodologías de enseñanza y, cuando sea necesario, revisando los planes de estudio (programas académicos) para ajustar el tiempo dedicado a la formación en esta área formativa concreta. Así, el objetivo de este capítulo es proporcionar una visión general del tiempo destinado a la enseñanza de LC en diversas universidades a nivel mundial, analizando la información disponible en fuentes públicas sobre la cantidad, las horas, el perfil y la distribución de las asignaturas relacionadas con LC, y evaluar su distribución a lo largo de los distintos programas de optometría.





## 6.2. MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una revisión del contenido de los programas académicos disponibles en los sitios web oficiales de universidades que ofrecen cursos de optometría bajo las denominaciones “Doctor en Optometría”, “Licenciatura en Optometría”, “Licenciatura en Ciencias de la Visión” (en inglés), “Grado en Óptica y Optometría”, “Licenciatura en Optometría”, “Optómetra” (en español), “Licenciatura em Optometria e Ciências da Visão” y “Bacharel em Optometria” (en portugués). El análisis se realizó entre 2020 y 2025, e incluyó universidades de diferentes continentes empleando las palabras clave *‘lentes de contacto’* y *‘contactología’*, tanto en singular como en plural, adaptadas a las variantes lingüísticas correspondientes al idioma del currículo examinado. Solo se incluyeron en el análisis aquellos programas que proporcionaban descripciones detalladas del currículo, incluyendo la estructura, el nombre de las asignaturas y su duración en horas o créditos. Cuando fue necesario se realizó la traducción de la información curricular encontrada.

El total de horas lectivas en LC se contabilizó a partir de la información específica sobre esta área indicada en los planes de estudio, considerando únicamente las asignaturas de carácter obligatorio. Se incluyeron tanto las horas teóricas como las teórico-prácticas, abarcando actividades didácticas, lecciones magistrales, clases teóricas, prácticas, prácticas supervisadas y de laboratorio, además de asignaturas relacionadas con LC y el segmento anterior del ojo (por ejemplo, córnea y segmento anterior). Tras identificar la carga lectiva de cada asignatura específica del currículo, se comparó el total de horas dedicadas a la formación en LC con la carga lectiva total obligatoria del programa de formación completo. Se analizaron todas las asignaturas que contenían palabras clave en su título o descripción relacionadas con las LC. El carácter docente, lección, prácticas, de laboratorio y clínicas en LC se identificó a partir de los nombres de las asignaturas ofrecidas en el currículo, así como de la información contenida en los planes de estudio y programas de las asignaturas, cuando estaban disponibles.

También se tuvo en cuenta el período, semestre o año en el que la asignatura aparecía en el currículo, así como la existencia de prerrequisitos para su realización. Las asignaturas que incluían términos como clínica, laboratorio, adaptación, práctica, internado, práctica supervisada, procedimientos clínicos o pasantía clínica externa fueron clasificadas como asignaturas prácticas. El total de horas lectivas se contabilizó conforme a la información disponible en las fuentes consultadas.

Para garantizar la comparación de los resultados, todos los créditos académicos locales fueron estandarizados al Sistema Europeo



de Transferencia y Acumulación de Créditos (ECTS), al ser un sistema diseñado para facilitar la movilidad estudiantil entre universidades europeas. Esta conversión se realizó utilizando tablas de equivalencia y conversión disponibles on-line.<sup>155-164</sup> Una vez convertidos los créditos al sistema ECTS, se aplicó un valor de 10 horas lectivas presenciales por crédito, abarcando actividades como clases teóricas, laboratorios, prácticas y clínicas.<sup>165</sup> Como resultado, el total de horas lectivas dedicadas a LC se calculó en relación con el número total de horas lectivas del programa completo de optometría. Para el análisis, los programas de optometría fueron agrupados según la ubicación geográfica de las universidades en cinco grupos: América del Norte, América Latina, Europa, Oceanía, Asia y África.

En resumen, se recopilaron datos sobre el número de asignaturas de LC, los semestres de inicio y fin, el total de horas de enseñanza de LC, tanto teóricas como prácticas, y el total de horas de enseñanza de todo el programa de optometría, y se compararon entre los distintos grupos de universidades según su región.

### *Análisis estadístico*

Se comparó el número de asignaturas de LC y las horas lectivas entre los diferentes grupos de países. Los datos fueron recopilados en una hoja de cálculo de Excel (Microsoft 365, versión 16.83, Microsoft, EE. UU.) y analizados con el software SPSS versión 27.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, EE. UU.).

La distribución normal de las variables se evaluó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, considerando un valor de  $P < 0,05$  como indicador de distribución normal. Para la descripción de los datos, se

utilizaron medidas de tendencia central y dispersión, incluyendo medias, desviaciones estándar (DE), medianas y rangos intercuartílicos (RIQ), según correspondiera. Los porcentajes fueron calculados utilizando técnicas de remuestreo (Bootstrap) de 1000 muestras. Debido a las variaciones en la duración de los programas entre universidades, se calculó la proporción de horas lectivas de LC con respecto al total de horas lectivas del programa completo. Este porcentaje se obtuvo dividiendo el número de horas lectivas de LC entre el número total de horas lectivas del programa y multiplicando el resultado por 100, expresando así el porcentaje de tiempo lectivo dedicado a la enseñanza de LC. Un procedimiento similar también se realizó en el análisis de la distribución temporal de las asignaturas a lo largo de los programas, convirtiendo los semestres en un porcentaje relativo a la duración total del programa para permitir la comparación de los resultados.

Las diferencias entre grupos se analizaron mediante tablas cruzadas con la prueba de chi-cuadrado y un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Cuando fue pertinente, se aplicó la corrección de Bonferroni para realizar las comparaciones por pares. Se consideraron estadísticamente significativos todos los análisis con un valor de  $P < 0,05$ .



### 6.3. RESULTADOS

Se identificaron y analizaron un total de cuarenta programas de optometría. Se incluyeron siete universidades de América del Norte (seis en EE.UU. y una en Canadá), seis universidades de América Latina (tres en Colombia, dos en Brasil y una en México), trece universidades europeas (seis en España, tres en Inglaterra, dos en Portugal, una en Escocia y una en Gales), cuatro universidades africanas (dos en Sudáfrica y dos en Nigeria), seis universidades asiáticas (tres en India) y cuatro universidades de Oceanía (tres en Australia y una en Nueva Zelanda) (Tabla 6.1).

#### **Asignaturas dedicadas a la enseñanza de LC**

En general, se dedican entre 1 y 6 asignaturas a la enseñanza de LC en las universidades evaluadas, con una media de  $2,7 \pm 1,3$ , una mediana de 2,5 y un RIQ de 1 asignatura. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos de países universitarios ( $P < 0,01$ , prueba de chi-cuadrado;  $P = 0,02$ , ANOVA de Kruskal-Wallis), como se muestra

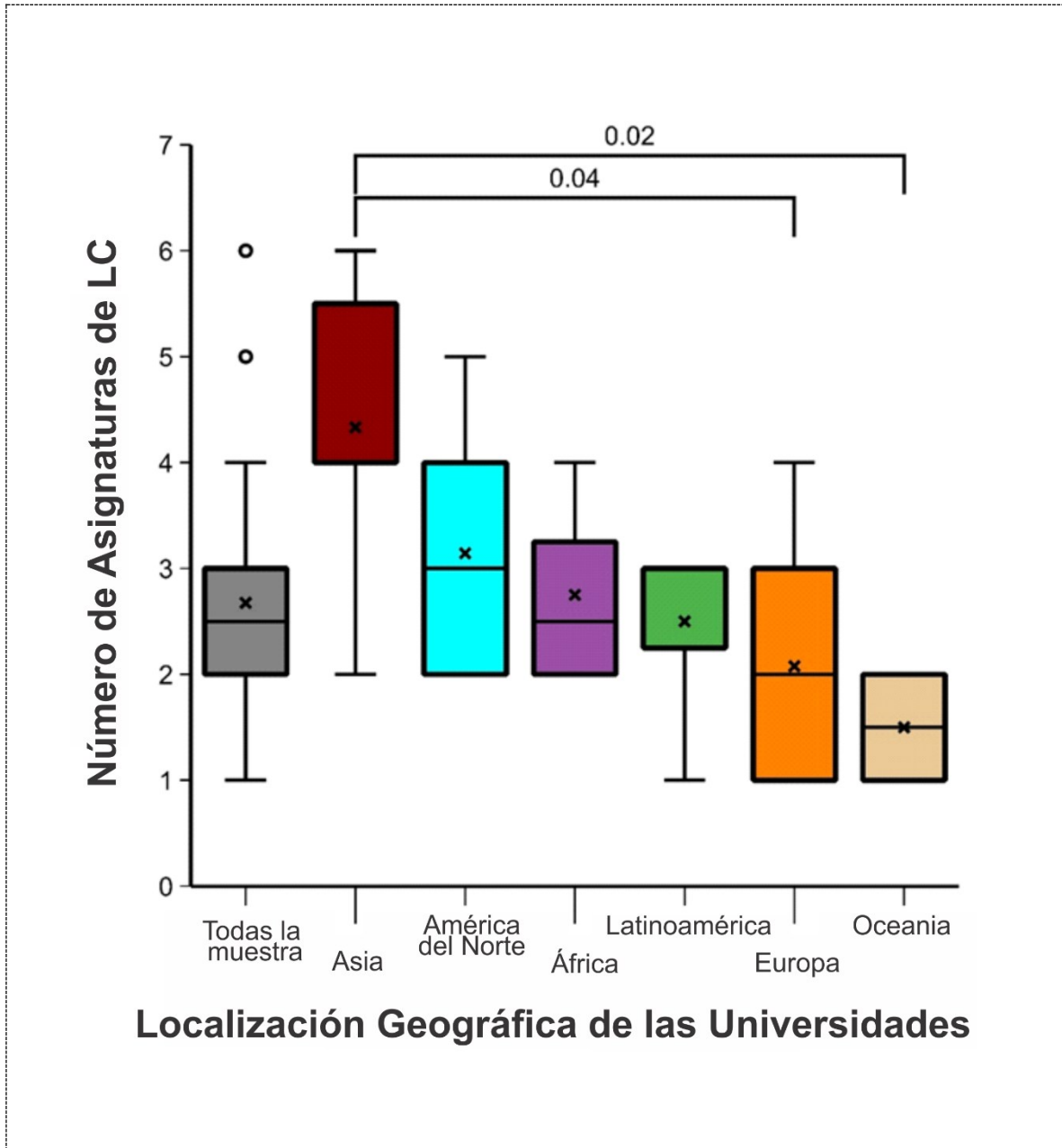
en la Tabla 6.1 y la Figura 6.1. Las universidades asiáticas, seguidas de las norteamericanas, presentan el mayor número de asignaturas dedicadas a LC, mientras que las universidades Europeas y de Oceanía cuentan con la menor cantidad. Tras la comparación por pares, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,55$ , ANOVA de Kruskal-Wallis), excepto entre universidades asiáticas y universidades europeas ( $P = 0,04$ ) y entre universidades asiáticas y de Oceanía ( $P = 0,02$ ) (Figura 6.1).

### **Duración del tiempo de enseñanza**

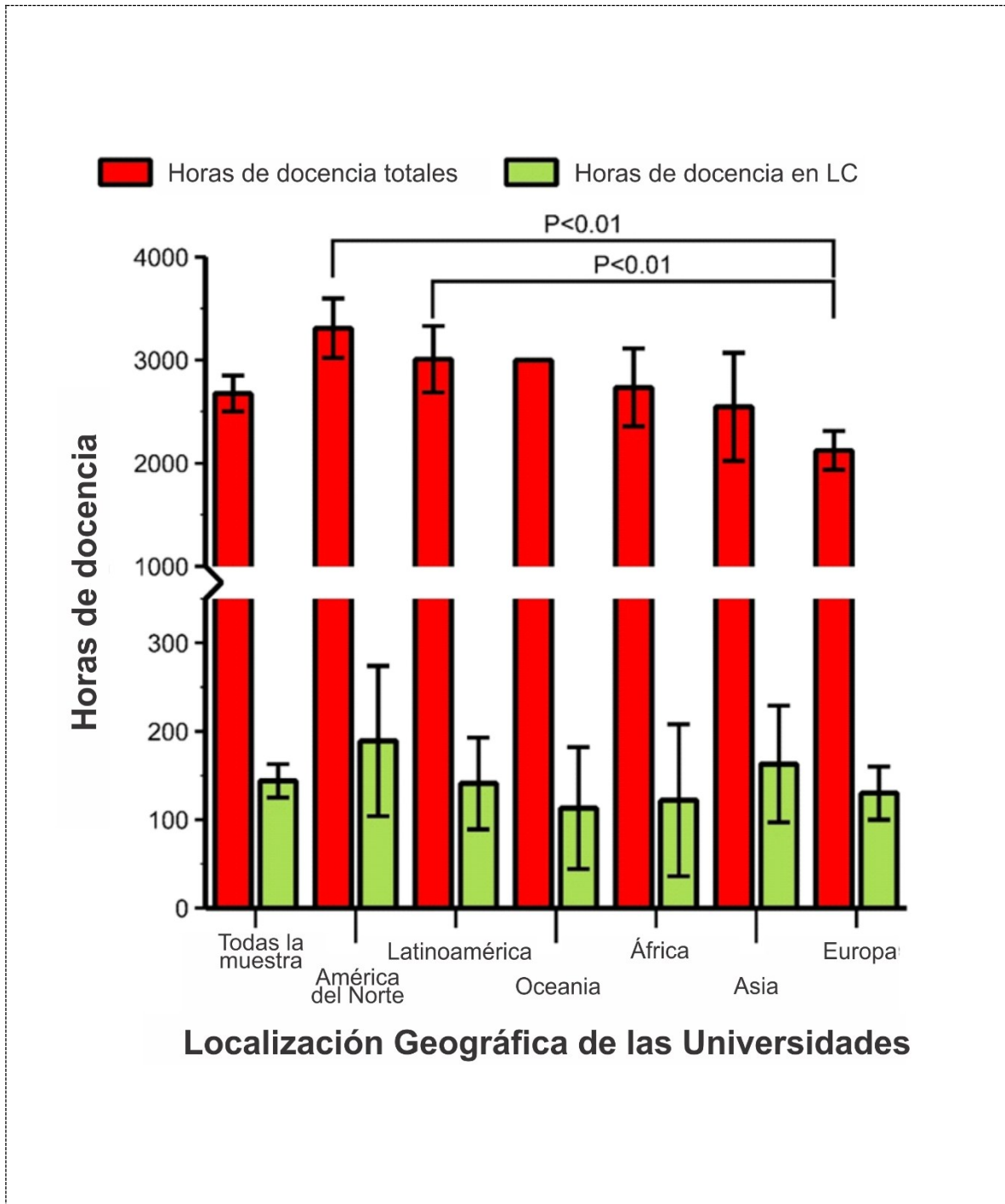
Se encontraron diferencias significativas tanto en la duración total del programa de enseñanza ( $P < 0,01$ , ANOVA de Kruskal-Wallis, Tabla 6.1 y Figura 6.2) como en el tiempo dedicado específicamente a la enseñanza de LC ( $P < 0,01$ , ANOVA de Kruskal-Wallis, Tabla 1 y Figura 6.2) entre las universidades evaluadas. La duración total de los programas de optometría varió entre 1800 y 3940 horas. Las universidades norteamericanas registraron el mayor tiempo de enseñanza ( $P < 0,01$ , ANOVA de Kruskal-Wallis), mientras que las europeas presentaron la menor duración. No obstante, tras la comparación por pares, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $P > 0,09$ , ANOVA de Kruskal-Wallis), excepto entre las universidades europeas y las latinoamericanas ( $P < 0,01$ ) y entre las europeas y las norteamericanas ( $P < 0,01$ ) (Figura 6.2).

Estas diferencias en la duración total del programa y en el número de asignaturas de LC se reflejan en la cantidad de horas lectivas dedicadas a su enseñanza. La media de horas lectivas de LC fue de  $144,5 \pm 62,3$ , con un rango de 60 a 340 horas, una mediana de 138,5 horas y un RIQ de 80 horas ( $P = 0,43$ , ANOVA de Kruskal-Wallis). Las

universidades norteamericanas destinaron la mayor cantidad de horas a la enseñanza de LC, mientras que las universidades de Oceanía fueron las que menos tiempo asignaron a esta formación.



**Figura 6.1** Resumen del número de asignaturas dedicadas a la enseñanza de LC en las universidades evaluadas ( $P < 0.01$ , prueba de chi-cuadrado;  $P = 0.02$ , ANOVA de Kruskal-Wallis). Los datos se presentan de mayor a menor número de asignaturas de LC. Se muestra el valor de P por pares con corrección de Bonferroni entre los grupos de universidades.



**Figura 6.2** Resumen del total de horas de enseñanza y de enseñanza de LC en los programas de las universidades evaluadas. Las barras de error representan el intervalo de confianza del 95%. Se muestra el valor de P por pares con corrección de Bonferroni correspondiente al tiempo total de enseñanza. El tiempo de enseñanza de LC no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $P=0.43$ , ANOVA de Kruskal-Wallis).

**Tabla 6.1** Perfil de los cursos y datos sobre la enseñanza de lentes de contacto en los programas académicos analizados.

País	Universidad	Años del programa	Total de horas de enseñanza dentro del programa	Número de asignaturas de LC	Horas de enseñanza de LC	% de horas de enseñanza con respecto al programa total
<b>Universidades europeas</b>						
Inglaterra	The University of Manchester	3	1800	2	100	5,6%
Inglaterra	Plymouth University	3	1800	1	100	5,6%
Inglaterra	University of London	3	1800	2	150	8,3%
Portugal	Universidade Beira Interior	3	1800	1	60	3,3%
Portugal	Universidade do Minho	3	1800	1	60	3,3%
Escocia	Glasgow Caledonian University	4	2400	1	100	4,2%
España	Universidad Complutense de Madrid	4	2400	2	120	5,0%
España	Universidad de Murcia	4	2400	4	225	9,4%
España	Universidad de Santiago de Compostela	4	2400	3	165	6,9%
España	Universidad de Valencia	4	2400	3	180	7,5%
España	Universidad de Valladolid	4	2400	3	150	6,3%
España	Universidad Politecnica de Catalunya	4	2400	3	180	7,5%
Gales	Cardiff University	3	1800	1	100	5,6%

<b>Media (DE):</b>	<b>3,5 (0,5)</b>	<b>2123 (311)</b>	<b>2,1 (1,0)</b>	<b>130,0 (49,6)</b>	<b>6,0% (1,8)</b>
<b>Mediana (IQR):</b>	<b>4,0 (1,0)</b>	<b>2400 (600)</b>	<b>2,0 (2,0)</b>	<b>120,0 (72)</b>	<b>5,6% (2,9)</b>

#### Universidades latinoamericanas

Brasil	Universidade do Contestado	5	3165	3	180	5,7%
Brasil	Faculdade de Saúde de Paulista	4	3360	3	180	5,4%
Colombia	Fundación Universitaria del Área Andina	5	2720	2	96	3,5%
Colombia	Universidad El Bosque	5	2880	3	176	6,1%
Colombia	Universidad de La Salle	4,5	2864	1	64	2,2%
México	Universidad Nacional Autónoma de México	4	1740	3	90	5,2%
<b>Media (DE):</b>	<b>4,6 (0,5)</b>	<b>3008 (307)</b>	<b>2,5 (0,8)</b>	<b>141,2 (49,4)</b>	<b>4,7% (1,5)</b>	
<b>Mediana (IQR):</b>	<b>4,7 (1,0)</b>	<b>3077 (414)</b>	<b>3,0 (1,0)</b>	<b>153,5 (87,8)</b>	<b>5,3% (2,6)</b>	

#### Universidades norteamericanas

Canadá	Université de Montréal	5	3940	5	180	4,6%
EE.UU.	Indiana University	4	3160	2	100	3,2%
EE.UU.	Pennsylvania College of Optometry (Salus University)	4	3070	3	270	8,8%
EE.UU.	The State University of New York	4	3410	2	120	3,5%



EE.UU.	The University of Alabama	4	3300	5	212	6,4%
EE.UU.	Universidad Interamericana de Puerto Rico	4	3005	2	100	3,3%
EE.UU.	University of California	4	3280	3	340	10,4%
	<b>Media (DE):</b>	<b>4,1 (0,4)</b>	<b>3309 (311)</b>	<b>3,1 (1,3)</b>	<b>188,9 (91,8)</b>	<b>5,7% (2,9)</b>
	<b>Mediana (IQR):</b>	<b>4,0 (0,0)</b>	<b>3280 (340)</b>	<b>3,0 (3,0)</b>	<b>180,0 (170,0)</b>	<b>4,6% (5,5)</b>

### Universidades oceánicas

Australia	QUT - Queensland University of Technology	5	3000	1	75	2,5%
Australia	UNSW - University of New South Wales	5	3000	2	150	5,0%
Australia	Flinders University	5	3000	2	150	5,0%
Nueva Zelandia	University of Auckland	5	3000	1	75	2,5%
	<b>Media (DE):</b>	<b>5,0 (0,0)</b>	<b>3000 (0,0)</b>	<b>1,5 (0,6)</b>	<b>112,5 (43,3)</b>	<b>3,7% (1,4)</b>
	<b>Mediana (IQR):</b>	<b>5,0 (0,0)</b>	<b>3000 (0,0)</b>	<b>1,5 (1,0)</b>	<b>112,5 (75,0)</b>	<b>3,7% (2,5)</b>

### Universidades asiáticas

India	Sanskriti University	4	2400	4	120	5,0%
India	Manipal Academy of Higher Education	4	2048	2	65	3,2%
India	Parul University	4	3067	4	200	6,5%
Malasia	Universiti Kebangsaan	4	2130	4	150	7,0%

	Malaysia (UKM)					
Arabia Saudita	King Saud University (KSU)	5	3255	6	218	6,7%
Israel	Bar-Ilan University (BIU)	4	2375	6	225	9,5%
	<b>Media (DE):</b>	<b>4,2 (0,4)</b>	<b>2546 (499)</b>	<b>4,3 (1,5)</b>	<b>163,1 (63,0)</b>	<b>6,3% (2,1)</b>
	<b>Mediana (IQR):</b>	<b>4,0 (0,3)</b>	<b>2387 (1004)</b>	<b>4,0 (3,0)</b>	<b>175,0 (113,6)</b>	<b>6,6% (3,1)</b>

#### Universidades africanas

Sudáfrica	University of Limpopo	4	2540	2	80	3,1%
Sudáfrica	University of KwaZulu-Natal (UKZN)	4	2560	2	200	7,8%
Nigeria	University of Ilorin (UNILORIN)	5	3045	4	120	3,9%
Nigeria	Madonna University	5	2790	3	90	3,2%
	<b>Media (DE):</b>	<b>4,5 (0,6)</b>	<b>2734 (236)</b>	<b>2,7 (0,9)</b>	<b>122,5 (54,4)</b>	<b>4,5% (2,2)</b>
	<b>Mediana (IQR):</b>	<b>4,5 (1,0)</b>	<b>2675 (436)</b>	<b>2,5 (2,0)</b>	<b>105,0 (97,5)</b>	<b>3,6% (3,7)</b>

#### Toda la muestra

	<b>Media (DE):</b>	<b>4,1 (0,7)</b>	<b>2676 (546)</b>	<b>2,7 (1,3)</b>	<b>144,5 (62,3)</b>	<b>5,4% (2,1)</b>
	<b>Mediana (IQR):</b>	<b>4,0 (1,0)</b>	<b>2675 (670)</b>	<b>2,5 (1,0)</b>	<b>138,6 (80,0)</b>	<b>5,3% (3,5)</b>

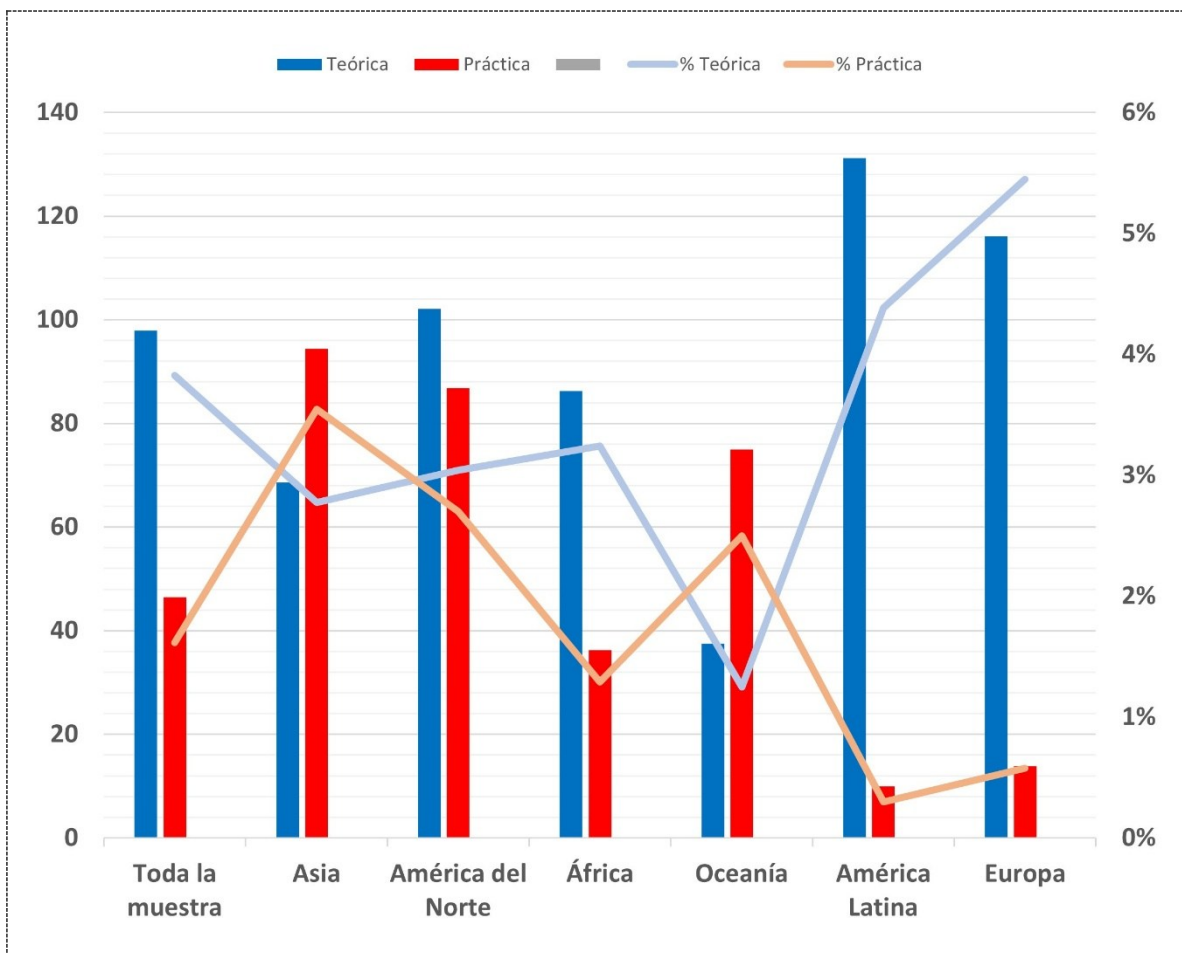
## Porcentaje de enseñanza de LC en el programa

Debido a las diferencias en la duración de los programas entre universidades (55 % ofrecen programas de 4 años, 27,5 % de 5 años, 15 % de 3 años y una única universidad (2,5 %) de 4,5 años, según muestra la Tabla 6.1), el porcentaje de tiempo docente dedicado a la formación en LC varía en cada universidad. El porcentaje medio de tiempo dedicado a la enseñanza de LC fue del  $5,4 \pm 2,1$  %, con un rango de 2,2 % a 10,4 %, una mediana del 5,3 % y un RIQ de 3,5 % ( $P=0,21$ , ANOVA de Kruskal-Wallis). En este caso, las universidades asiáticas y europeas destinaron un mayor porcentaje de tiempo a la enseñanza de LC, mientras que las universidades de Oceanía fueron las que asignaron el menor porcentaje.

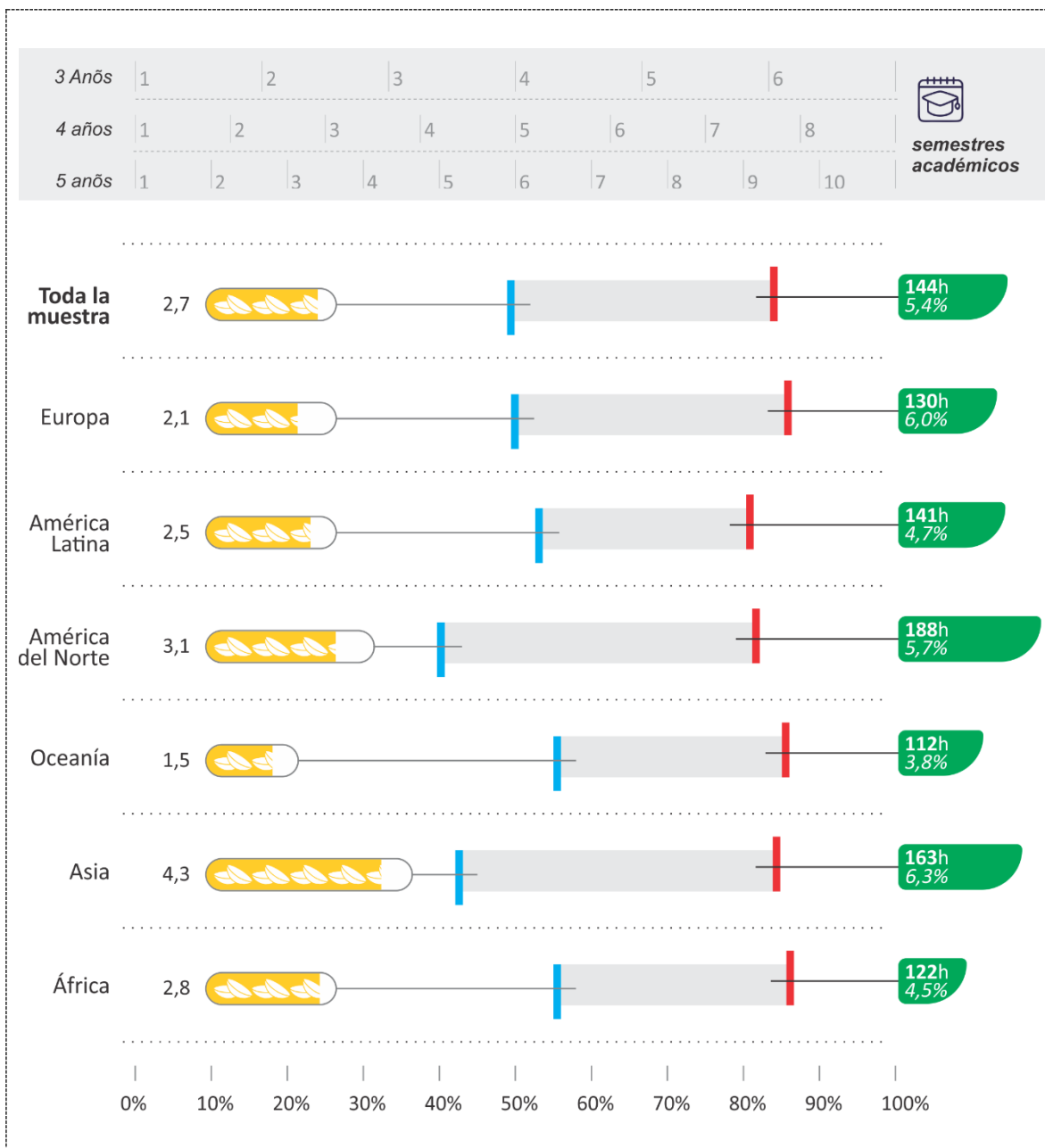
## Distribución temporal y didáctica de las asignaturas de LC

En términos de distribución didáctica (Figura 6.3), la proporción de enseñanza teórica y práctica varió entre regiones. En general, las universidades latinoamericanas (131 horas teóricas y 10 horas prácticas) y europeas (116 horas teóricas y 14 horas prácticas) presentaron las mayores diferencias, con una carga teórica considerablemente más extensa que la práctica. Por otro lado, las universidades asiáticas (68 horas teóricas y 94 horas prácticas) y norteamericanas (102 horas teóricas y 87 horas prácticas) mostraron las diferencias más reducidas entre ambos componentes. Las universidades de Oceanía, a su vez, presentaron la mayor diferencia a favor de la enseñanza práctica, con un 2,5% del total del programa dedicado a la formación práctica (37 horas), en comparación con un 1,3% (75 horas) correspondiente a la enseñanza teórica.

En la Figura 6.4 se destaca la distribución temporal de la enseñanza de LC, que, en promedio, comienza cerca de la mitad del programa (48,2%) y finaliza poco antes de su conclusión (83,6%). En América Latina, la enseñanza está más concentrada, iniciando en el 52,6% y finalizando en el 80,3% del programa. En contraste, los programas de América del Norte (39,6% - 81,1%) y Asia (42,1% - 83,8%) presentan una distribución más extendida a lo largo del programa (Tabla 6.2).



**Figura 6.3** Distribución de las horas de enseñanza teórica y práctica de LC en los programas evaluados. Las barras representan las horas absolutas de enseñanza teórica (azul) y práctica (rojo), mientras que las líneas indican el porcentaje de esta formación en el programa completo (% teórica en azul claro y % práctica en rosa).



**Figura 6.4** Figura resumen de la distribución de la enseñanza de lentes de contacto a lo largo del período de realización de los programas analizados. En la parte superior (fondo gris), se presentan las equivalencias porcentuales de distribución de las asignaturas a lo largo de los semestres, considerando diferentes duraciones de los programas. En la parte inferior, segmentada por región, el área en amarillo a la izquierda representa las asignaturas dedicadas a lentes de contacto. A la derecha, en verde, se indican las horas totales destinadas a estas asignaturas, así como su proporción en relación con el programa completo. En el centro, se muestra la distribución de estas asignaturas a lo largo del curso, con la marca azul indicando el inicio y la roja la finalización.

**Tabla 6.2** Distribución didáctica y temporal de los programas académicos de optometría analizados.

País	Universidad	Distribución Didáctica <i>horas (asignaturas)</i> [% del total del programa]		Distribución Temporal <i>Semestre</i> [% total en programa]	
		Teoría	Práctica	Inicio	Fin
<b>Universidades europeas</b>					
Inglaterra	The University of Manchester	100 (2) [5,6%]	-	4 [50,0%]	6 [100,0%]
Inglaterra	Plymouth University	100 (1) [5,6%]	-	3 [33,3%]	4 [66,7%]
Inglaterra	University of London	150 (2) [8,3%]	-	3 [33,3%]	6 [100,0%]
Portugal	Universidade Beira Interior	60 (1) [3,3%]	-	6 [83,3%]	6 [100,0%]
Portugal	Universidade do Minho	60 (1) [3,3%]	-	6 [83,3%]	6 [100,0%]
Escocia	Glasgow Caledonian University	100 (1) [4,2%]	-	5 [50,0%]	6 [75,0%]
España	Universidad Complutense de Madrid	120 (2) [5,0%]	-	5 [50,0%]	6 [75,0%]
España	Universidad de Murcia	120 (2) [5,0%]	105 (2) [4,4%]	3 [25,0%]	7 [87,5%]
España	Universidad de Santiago de Compostela	165 (3) [6,9%]	-	5 [50,0%]	7 [87,5%]
España	Universidad de Valencia	105 (2) [4,4%]	75 (1) [3,1%]	5 [50,0%]	6 [75,0%]
España	Universidad de Valladolid	150 (3) [6,3%]	-	5 [50,0%]	7 [87,5%]
España	Universidad Politecnica de Catalunya	180 (3) [7,5%]	-	5 [50,0%]	7 [87,5%]
Gales	Cardiff University	100 (1) [5,6%]	-	3 [33,3%]	4 [66,7%]
	<b>Media:</b>	<b>116,2 (1,8) [5,4%]</b>	<b>13,8 (0,2) [0,6%]</b>	<b>4,5 [49,4%]</b>	<b>6,0 [85,3%]</b>

<b>Desviación estándar :</b>	<b>36,8</b> <b>(0,8)</b> <b>[1,5%]</b>	<b>34,3</b> <b>(0,6)</b> <b>[1,4%]</b>	<b>1,1</b> <b>[17,5%]</b>	<b>1,0</b> <b>[12,6%]</b>
------------------------------	--	--	------------------------------	------------------------------

### Universidades latinoamericanas

Brasil	Universidade do Contestado	180 (3) [5,7%]	-	6 [50,0%]	8 [80,0%]
Brasil	Faculdade de Saúde de Paulista	120 (2) [3,6%]	60 (1) [1,8%]	4 [37,5%]	6 [75,0%]
Colombia	Fundación Universitaria del Área Andina	103 (2) [3,5%]	-	6 [50,0%]	7 [70,0%]
Colombia	Universidad El Bosque	189 (3) [6,1%]	-	7 [60,0%]	9 [90,0%]
Colombia	Universidad de La Salle	69 (1) [2,2%]	-	6 [55,6%]	6 [66,7%]
México	Universidad Nacional Autónoma de México	127 (3) [5,2%]	-	6 [62,5%]	8 [100,0%]
<b>Media:</b>		<b>131,2</b> <b>(2,3)</b> <b>[4,4%]</b>	<b>10,0</b> <b>(0,2)</b> <b>[0,3%]</b>	<b>5,8</b> <b>[52,6%]</b>	<b>7,3</b> <b>[80,3%]</b>
<b>Desviación estándar :</b>		<b>45,9</b> <b>(0,8)</b> <b>[1,5%]</b>	<b>24,5</b> <b>(0,4)</b> <b>[0,7%]</b>	<b>1,0</b> <b>[9,0%]</b>	<b>1,2</b> <b>[12,7%]</b>

### Universidades norteamericanas

Canadá	Université de Montréal	180 (5) [4,6%]	-	5 [40,0%]	8 [80,0%]
EE.UU.	Indiana University	100 (2) [3,2%]	-	4 [37,5%]	5 [62,5%]
EE.UU.	Pennsylvania College of Optometry (Salus University)	80 (2) [2,6%]	190 (1) [6,2%]	4 [37,5%]	7 [87,5%]
EE.UU.	The State University of New York	120 (2) [3,5%]	-	4 [37,5%]	5 [62,5%]
EE.UU.	The University of Alabama	75 (2) [2,3%]	138 (3) [4,2%]	5 [50,0%]	8 [100,0%]
EE.UU.	Universidad Interamericana de Puerto Rico	100 (2) [3,3%]	-	4 [37,5%]	6 [75,0%]

EE.UU.	University of California	60 (1) [1,8%]	280 (2) [8,5%]	4 [37,5%]	8 [100,0%]
	<b>Media:</b>	<b>102,1 (2,3) [3,0%]</b>	<b>86,8 (0,9) [2,7%]</b>	<b>4,3 [39,6%]</b>	<b>6,7 [81,1%]</b>
	<b>Desviación estándar :</b>	<b>39,6 (1,3) [0,9%]</b>	<b>116,0 (1,2) [3,6%]</b>	<b>0,5 [4,7%]</b>	<b>1,4 [15,7%]</b>

### Universidades oceánicas

Australia	QUT -Queensland University of Technology	-	75 (1) [2,5%]	7 [60,0%]	8 [80,0%]
Australia	UNSW - University of New South Wales	75 (1) [2,5%]	75 (1) [2,5%]	7 [60,0%]	9 [90,0%]
Australia	Flinders University	75 (1) [2,5%]	75 (1) [2,5%]	5 [40,0%]	10 [100,0%]
Nueva Zelanda	University of Auckland	-	75 (1) [2,5%]	7 [60,0%]	7 [70,0%]
	<b>Media:</b>	<b>37,5 (0,5) [1,3%]</b>	<b>75,0 (1,0) [2,5%]</b>	<b>6,5 [55,0%]</b>	<b>8,5 [85,0%]</b>
	<b>Desviación estándar :</b>	<b>43,3 (0,6) [1,4%]</b>	<b>0,0 (0,0) [0,0%]</b>	<b>1,0 [10,0%]</b>	<b>1,3 [12,9%]</b>

### Universidades asiáticas

India	Sanskriti University	96 (2) [4,0%]	24 (2) [1,0%]	4 [37,5%]	5 [62,5%]
India	Manipal Academy of Higher Education	26 (1) [1,3%]	39 (1) [1,9%]	5 [50,0%]	6 [75,0%]
India	Parul University	50 (1) [1,6%]	150 (3) [4,9%]	3 [25,0%]	7 [87,5%]
Malasia	Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM)	60 (2) [2,8%]	90 (2) [4,2%]	5 [50,0%]	8 [100,0%]
Arabia Saudita	King Saud University (KSU)	55 (3) [1,7%]	164 (3) [5,0%]	5 [40,0%]	9 [90,0%]
Israel	Bar-Ilan University (BIU)	125 (3) [5,3%]	100 (3) [4,2%]	5 [50,0%]	7 [87,5%]
	<b>Media:</b>	<b>68,6 (2,0) [2,8%]</b>	<b>94,5 (2,3) [3,5%]</b>	<b>4,5 [42,1%]</b>	<b>7,0 [83,8%]</b>



<b>Desviación estándar :</b>	<b>35,7</b> <b>(0,9)</b> <b>[1,6%]</b>	<b>56,5</b> <b>(0,8)</b> <b>[1,7%]</b>	<b>0,8</b> <b>[10,1%]</b>	<b>1,4</b> <b>[13,1%]</b>
------------------------------	--	--	------------------------------	------------------------------

### Universidades africanas

Sudáfrica	University of Limpopo	40 (1) [1,6%]	40 (1) [1,6%]	5 [50,0%]	6 [75,0%]
Sudáfrica	University of KwaZulu-Natal (UKZN)	200 (2) [7,8%]	-	5 [50,0%]	7 [87,5%]
Nigeria	University of Ilorin (UNILORIN)	60 (2) [2,0%]	60 (2) [2,0%]	7 [60,0%]	9 [90,0%]
Nigeria	Madonna University	45 (2) [1,6%]	45 (2) [1,6%]	7 [60,0%]	9 [90,0%]
<b>Media:</b>	<b>86,3</b> <b>(1,6)</b> <b>[3,2%]</b>	<b>36,3</b> <b>(1,1)</b> <b>[1,3%]</b>	<b>6,0</b> <b>[55,0%]</b>	<b>7,8</b> <b>[85,6%]</b>	
<b>Desviación estándar :</b>	<b>76,3</b> <b>(0,5)</b> <b>[3,1%]</b>	<b>25,6</b> <b>(0,9) [0,9%]</b>	<b>1,2</b> <b>[5,8%]</b>	<b>1,5</b> <b>[7,2%]</b>	

### Toda la muestra

<b>Media:</b>	<b>98,0</b> <b>(1,9)</b> <b>[3,8%]</b>	<b>46,5</b> <b>(0,8)</b> <b>[1,6%]</b>	<b>5,0</b> <b>[48,2%]</b>	<b>6,9</b> <b>[83,6%]</b>
<b>Desviación estándar :</b>	<b>49,9</b> <b>(1,0)</b> <b>[2,1%]</b>	<b>65,3</b> <b>(1,0)</b> <b>[2,1%]</b>	<b>1,2</b> <b>[12,8%]</b>	<b>1,4</b> <b>[12,3%]</b>





## 6.4. DISCUSIÓN

El proceso de enseñanza y aprendizaje comprende dos procesos interconectados que permiten a los estudiantes adquirir conocimientos y desarrollar habilidades. La enseñanza facilita la comprensión y aplicación de conocimientos, conceptos y procesos, e incluye el diseño curricular, la selección de contenidos, la impartición, la evaluación y la reflexión sobre el aprendizaje. Por otro lado, el aprendizaje es un proceso que genera cambios en el desempeño del estudiante como resultado de su experiencia formativa.<sup>166</sup> Los programas educativos desempeñan un papel fundamental en la formación de conocimientos, habilidades y actitudes en los profesionales de la salud, influyendo significativamente en la calidad de la atención que estos brindan.<sup>8</sup> Sin embargo, hasta donde llega el conocimiento de los autores, no se ha publicado ningún estudio previo que haya evaluado y comparado la enseñanza de LC en distintos programas de optometría a nivel mundial.

La formación en competencias en LC influye directamente en el desempeño de los estudiantes como futuros profesionales en esta

disciplina. Diversos contenidos curriculares y métodos de enseñanza, como la formación presencial, el aula invertida, el aprendizaje combinado y la práctica clínica, contribuyen a este proceso educativo. Además, la enseñanza *online* ha adquirido una presencia creciente, especialmente desde el inicio de la pandemia de COVID-19.<sup>21</sup> Si bien los entornos clínicos de LC están contemplados en todas las descripciones de competencias profesionales para la atención ocular elaboradas por organizaciones internacionales<sup>3,10,19,20,72,148,149,167</sup> y en los resultados de la investigación educativa,<sup>6</sup> los programas evaluados muestran una dedicación relativamente baja a la enseñanza de LC, representando aproximadamente el 5 % del tiempo total de toda la formación del programa académico. No obstante, las diferencias en el tiempo de enseñanza de LC entre las universidades (Tabla 6.1 y Figura 6.2) podrían ser relevantes.

Por ejemplo, las universidades norteamericanas tienen la mayor cantidad de horas dedicadas a la formación en LC (media de 189 horas), lo que representa un 45% más en comparación con las 130 horas de las universidades europeas y un 69% más que dedicación en las universidades de Oceanía. Estos resultados sugieren que las instituciones de estas regiones podrían considerar ampliar la enseñanza de LC en el futuro, lo que potencialmente requeriría una extensión de la duración de los programas académicos, como ha ocurrido recientemente en el Reino Unido, donde los programas académicos han pasado de una duración de 3 años a 4 años en 2023 (ver <https://optical.org/etr/>). Sin embargo, en universidades con programas ya estructurados en 4 años (como en España), una posible alternativa sería revisar las estructuras curriculares (plan de estudios) y las asignaturas para aumentar el tiempo dedicado a la enseñanza de LC

hasta niveles similares a los de la mayoría de las universidades norteamericanas.

Por su parte, las universidades latinoamericanas, con el segundo mayor tiempo total de docencia (media de 3008 horas por programa), dedican un tiempo de enseñanza de LC ligeramente superior (media de 141 horas) en comparación con las universidades africanas (media de 122 horas), aunque ambas mantienen una proporción similar de formación en LC (cerca al 4,5%). En contraste, las universidades asiáticas presentan un 25% más de tiempo dedicado a la enseñanza de LC (media de 163 horas) en comparación con las universidades europeas, aunque estas últimas presentan el porcentaje más alto de tiempo docente en LC (6%). Las universidades de Oceanía, a pesar de contar con programas extensos (3000 horas por programa), presentan el tiempo más bajo de docencia en LC (media de 112 horas). Es posible que estas instituciones incorporen la enseñanza de LC en asignaturas de práctica y/o formación clínica no identificadas en la búsqueda de asignaturas del plan de estudios. Estas diferencias pueden reflejar el impacto de los distintos sistemas educativos en la formación dedicada a LC. En Latinoamérica y África, los planes de estudio suelen incluir asignaturas básicas más amplias en las primeras etapas del programa, lo que da lugar a currículos más extensos. Por el contrario, en los modelos educativos de Oceanía, la enseñanza de LC podría estar integrada mayormente en asignaturas clínicas y/o prácticas.

Dado que las diferencias entre los grupos universitarios a nivel mundial en cuanto al porcentaje de tiempo docente dedicado a la enseñanza de LC fueron relativamente bajas, se podría considerar un valor de referencia del 5% de la duración total del programa. Este

estándar podría servir como orientación para la mejora de futuros programas de optometría, sugiriendo modificaciones en la estructura curricular, el contenido, la impartición del programa y las estrategias docentes con el objetivo de optimizar la enseñanza de LC.<sup>8</sup>

No solo el número total de horas, sino también los hallazgos relacionados con las características didácticas de las actividades de enseñanza resultan relevantes (Tabla 6.2 y Figura 6.3). En este sentido, se observa que, en promedio, el tiempo dedicado a la enseñanza teórica (98 horas / 3,8%) duplica el de la enseñanza práctica (46 horas / 1,6%). Este énfasis en la teoría puede proporcionar una base conceptual más sólida, pero también podría retrasar el desarrollo de habilidades prácticas en los estudiantes<sup>22</sup>, como se ha encontrado en las universidades de América Latina y Europa, lo que plantea dudas sobre las razones de estas estructuras curriculares. Se puede especular que factores como la falta de infraestructura, la disponibilidad de equipos para actividades prácticas o incluso la dificultad de organizar experiencias formativas en áreas altamente especializadas, como las LC, pueden influir en esta distribución. En cambio, la integración progresiva de la enseñanza práctica en programas de Asia y Oceanía puede favorecer una mejor adaptación a la realidad clínica. En esta última, las universidades de Oceanía presentan un modelo opuesto, con una carga horaria dedicada a la enseñanza práctica (75 horas / 2,5%), el doble en comparación con la teórica (37 horas / 1,3%). Esto sugiere que las diferencias observadas podrían estar relacionadas con modelos educativos específicos o con la forma en que se estructuran y representan los planes de estudio, lo que puede influir en su correcta interpretación según la metodología adoptada en este estudio.

El aumento del tiempo de enseñanza de LC podría requerir modificaciones en la estructura de las asignaturas, especialmente con un mayor énfasis en la práctica clínica y el uso de metodologías innovadoras de enseñanza. Esta información puede resultar útil para los procesos de revisión y mejora continua de los programas académicos que las universidades implementan como parte de sus planes de gestión de la calidad. En este contexto, el propósito de los programas de formación de profesionales sanitarios debe ser el desarrollo de un currículo efectivo que fomente y cultive las competencias profesionales esenciales.<sup>7</sup>

No obstante, el aumento del tiempo de enseñanza -ya sea en asignaturas específicas o en el programa completo- no es la única estrategia para mejorar la calidad de la formación en LC. Existe un consenso general<sup>8</sup> que enfatiza la importancia de fortalecer las habilidades de comunicación, particularmente en lo que respecta a la toma de decisiones compartida con los pacientes. Esto incluye la discusión sobre el uso de las LC como opción refractiva, la selección de materiales, tipos y modalidades de uso y reemplazo, así como la educación sobre adherencia y cuidados posteriores. La toma de decisiones basada en evidencia es un componente esencial en la formación de profesionales de la salud en general y de optometristas en particular. Para alcanzar este objetivo, es necesario respaldar el proceso educativo con servicios de salud que ofrezcan formación práctica basada en la evidencia, lo que podría requerir ajustes en los programas académicos para aumentar las oportunidades de aprendizaje práctico. En este sentido, las plataformas de enseñanza online han ganado relevancia y podrían desempeñar un papel clave en la enseñanza de LC.<sup>21</sup> Asimismo, se ha propuesto la implementación de

estrategias didácticas como ejercicios con problemas en vivo, discusiones en grupo y proyectos colaborativos en la educación de LC.<sup>22</sup> Además, el desarrollo de nuevas tecnologías ha demostrado ser un recurso valioso para mejorar los resultados de aprendizaje. La integración de estas herramientas en el currículo permite fortalecer tanto las habilidades técnicas como las competencias digitales, alineándose con las necesidades de los estudiantes, quienes cada vez más son usuarios digitales activos y rutinarios.<sup>16</sup>

Las nuevas técnicas educativas basadas en simuladores LC podrían mejorar las competencias y habilidades prácticas de los estudiantes en LC antes de su introducción en un entorno clínico, garantizando así la seguridad del paciente en los programas de optometría y abordando uno de los principales desafíos de la enseñanza de LC *online*.<sup>21</sup> Sin embargo, en general las universidades han prestado poca atención a la formación en competencias digitales,<sup>168</sup> y los educadores (docentes) podrían integrar nuevas tecnologías y simuladores para optimizar la enseñanza de LC y reducir la brecha entre las prácticas digitales de los estudiantes y sus futuros entornos laborales.<sup>16</sup> El creciente interés en la enseñanza *online* dentro de la educación de LC,<sup>21</sup> abre nuevas oportunidades para explorar paradigmas educativos innovadores y modelos alternativos de instrucción en la educación optométrica.<sup>169</sup>

En la distribución de las asignaturas de LC (Tabla 6.2 y Figura 6.4), en promedio, se concentran entre el 48% y el 83% del curso, lo que equivale aproximadamente al 4º y 5º semestre en programas de 3 años, del 5º al 7º en programas de 4 años, y del 6º al 9º en programas de 5 años. Se observa que el final de este período de enseñanza de LC



varía poco entre regiones, situándose cerca del penúltimo semestre del curso. Sin embargo, se aprecia que en las regiones con mayor número de horas formativas en LC, como América del Norte y Asia, las asignaturas de LC se imparten antes. Al combinar estos datos con el análisis de las características didácticas, se evidencia que estas regiones presentan un mayor equilibrio entre práctica y teoría, lo que sugiere una estrategia educativa orientada a fortalecer la base teórica desde el inicio para potenciar la formación práctica en los períodos más avanzados del programa. Además, esta información refuerza la idea de que la enseñanza de LC es un proceso construido a lo largo de la formación profesional, que debe ir consolidándose a lo largo del programa y en la maduración profesional del estudiante.<sup>21</sup>

Es importante señalar que este trabajo presenta ciertas limitaciones. En primer lugar, solo se ha evaluado información de acceso abierto sobre distintos programas de optometría, lo que significa que no se han podido incluir todos los programas a nivel mundial. Además, las actualizaciones frecuentes de los programas pueden no haberse registrado, y la traducción de diferentes idiomas podría haber limitado la comprensión de los diversos modelos educativos y asignaturas analizadas. Si bien este trabajo proporciona una visión general comparable, las conversiones de equivalencias de créditos locales y las diferencias en las horas lectivas, incluso entre países que adoptan el ECTS como estándar, podrían ser objeto de crítica debido a variaciones que afectan al cálculo final de las horas lectivas. Asimismo, la falta de una descripción detallada de las asignaturas en los sitios web oficiales podría haber excluido asignaturas de LC no identificadas en este análisis. Por ejemplo, esta limitación impide un análisis detallado del tiempo lectivo asignado a distintas actividades, como clases

magistrales, tutorías, prácticas o formación clínica en las asignaturas de LC identificadas. Además, parte de la enseñanza de LC podría realizarse en clínicas externas o a través de rotaciones posteriores al programa académico, lo que podría no haberse considerado en este estudio, ocasionando dificultades para la adecuada segmentación de la naturaleza de la asignatura, en teórica o práctica.

Las investigaciones futuras sobre la docencia en este aspecto deberían abordar estas diferencias para mejorar los hallazgos encontrados en este trabajo. No obstante, los estudiantes deben demostrar las competencias (conocimientos y habilidades) en LC antes de iniciar estas prácticas o rotaciones clínicas, y estas deben adquirirse a lo largo del período de formación analizado en este trabajo. Además, las diferencias en las competencias en optometría a nivel mundial son un factor relevante que influye en la definición curricular de los programas, según las normativas específicas de cada país; por lo tanto, los datos de una universidad no pueden extrapolarse a otras con contextos normativos distintos. No obstante, la información proporcionada puede contribuir a la mejora de la formación en LC dentro de los programas de optometría, favoreciendo la mejora continua en este campo y el desarrollo de soluciones que apoyen este proceso dentro del paradigma de docencia basada en la evidencia.



## 6.5. DIFUSIÓN

Resultados de este trabajo fueron publicados en *Clinical and Experimental Optometry* en 2025 (Figura 6.5) y, de forma preliminar, presentados en el congreso OPTOM 2022 (Figura 6.6).



Braga, S., Stuermer, L., & Martin, R. (2025). **Contact lens teaching in an international sample of universities.** *Clinical and Experimental Optometry*, 1–8.  
Doi: 10.1080/08164622.2025.2515985

*Fator de impacto: 2,4 – Q2 SCIE*



27º Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica - OPTOM 2022. Comunicación Póster: **Enseñanza de lentes de contacto: un análisis de la organización curricular entre diferentes programas de optometría.** Braga S, Stuermer L, Martín R. al 03 de abril de 2022. (España)

CLINICAL AND EXPERIMENTAL OPTOMETRY  
<https://doi.org/10.1080/08164622.2025.2515985>




---

RESEARCH

[Check for updates](#)

## Contact lens teaching in an international sample of universities

Sabrina Braga <sup>a</sup>, Leandro Stuermer <sup>a</sup> and Raul Martin <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Optometry, University of Contestado, Canoinhas, Brazil; <sup>b</sup>School of Optometry, University of Valladolid, Valladolid, Spain

**ABSTRACT**

**Clinical relevance:** Undergraduate contact lens (CL) education subjects provide basic background to guarantee eye health in CL wearers that is crucial to avoid CL-related complications and provide better eye-care by best qualified optometrists.

**Background:** CL training is a very important optometrist skill in most university optometrist training programmes worldwide. The purpose of this study was to assess the teaching time dedicated to CL education in an international sample of 40 universities.

**Methods:** A review of official university websites offering optometry courses was conducted between 2020 and 2022 in English, Spanish, and Portuguese. Only programmes that provided detailed descriptions of the curriculum were included. The number of CL subjects, total CL teaching hours (calculated using online description of subject credits using available conversion and equivalence tables), and entire program teaching time (in hours) were compared according to the country of each university (grouped geographically).

**Results:** Forty optometry programmes were identified and analysed. North American universities dedicated the most teaching time (3,309 ± 311 hours) with 3.1 ± 1.3 CL subjects, and 188.9 ± 91.8 CL teaching hours (5.7 ± 2.9%), followed by Latin American universities (3,008 ± 307 hours, 2.5 ± 0.8 CL subjects with 141.2 ± 49.4 CL teaching hours, 4.7 ± 1.5%) and Oceanian universities (3,000 hours, 1.5 ± 0.6 CL subjects with 112.5 ± 43.3 CL teaching hours, 3.7 ± 1.4%). European universities showed lower teaching time (2,123 ± 311 hours, 2.1 ± 1.0 subjects with 130.0 ± 49.6 CL teaching hours, 6.0 ± 1.8%). Statistically significant differences in the entire program teaching time ( $p < 0.01$ ) and CL subjects ( $p = 0.02$ ) were found; however, CL teaching time ( $p = 0.43$ ) was not significantly different.

**Conclusion:** Approximately 5% of total programme time is dedicated to CL teaching in the optometry programmes analysed. These findings could help university administrators and faculty to refine teaching plans and adjust the time allocated to CL practices. New education techniques based on technology and simulators could help improve CL teaching prior to introducing students into clinical environments.

**ARTICLE HISTORY**

Received 26 December 2024  
 Revised 27 May 2025  
 Accepted 30 May 2025

**KEYWORDS**

Contact lens education; evidence-based teaching; optometry education; teaching time; Technology in CL-Education

**Introduction**

Contact lens (CL) practices are an important part of eye-care practices worldwide, as millions of patients wear CLs<sup>1</sup> to improve their vision. Therefore, CL training is a very important skill included in most of the models of professional competencies proposed by different organisations that universities must follow in their optometry programmes<sup>2</sup> such as those from the World Council of Optometry,<sup>3</sup> the General Optical Council in the United Kingdom,<sup>4</sup> the Australian Optometrists Association,<sup>5</sup> Canadian Optometrists,<sup>6</sup> Association of Schools and Colleges of Optometry (ASCO) in the USA<sup>7</sup> and the European Council of Optometry and Optics.<sup>8</sup>

In order to ensure high-quality CL education, there is a need for standardised global curricula, introduction of online resources and teaching technology (for example, patient simulators when face-to-face clinical encounters are not possible) and well-trained educators due to the global need for increasing numbers of skilled eye care personnel.<sup>9</sup>

Contact lens curriculum can slightly vary between universities but should include contact lens history, theory of contact lens fitting/design, selection criteria (assessing patient refraction, corneal topography, visible iris diameter, CL material and design, modality or use and replace and patient needs), skills for CL insertion, removal and

management, CL fitting evaluation, clinical tests and equipment to assess CL fits and aftercare (solutions, case, complications, compliance) between others.<sup>10</sup>

Evidence-based teaching is an approach to education that relies on the best scientific evidence and uses empirically validated tools and techniques.<sup>11</sup> This method incorporates research and literature from education and other fields to provide a solid foundation, especially in areas where evidence is limited or uncertain.<sup>12</sup> In the context of CL practice, the International Association of Contact Lens Educators (IACLE) defines evidence-based teaching as 'the conscientious, explicit, and judicious integration of best available research in CL-related science on teaching and assessment techniques and expertise within the context of CL education'.<sup>13</sup>

CL education requires different teaching and learning strategies, such as lectures, laboratories, and practical skills, to deliver theoretical knowledge and develop clinical skills of students. Techniques such as flipped classrooms, whereby students acquire knowledge by engaging in pre-assignments by using the learning contents are delivered to the students before they meet in the classroom, and then they engage in active learning in the classroom instead of lectures;<sup>14</sup> spaced learning, characterised by dividing the learning material into smaller modules that learners take after a defined period of time until attain mastery of the

**CONTACT** Raul Martin  [raul.martin.hernanz@uva.es](mailto:raul.martin.hernanz@uva.es)  School of Optometry, University of Valladolid, Optometry Research Group, IOBA Eye Institute, Valladolid, Spain

© 2025 Optometry Australia

Figura 6.5 Página inicial del artículo en *Clinical and Experimental Optometry*.





Capítulo

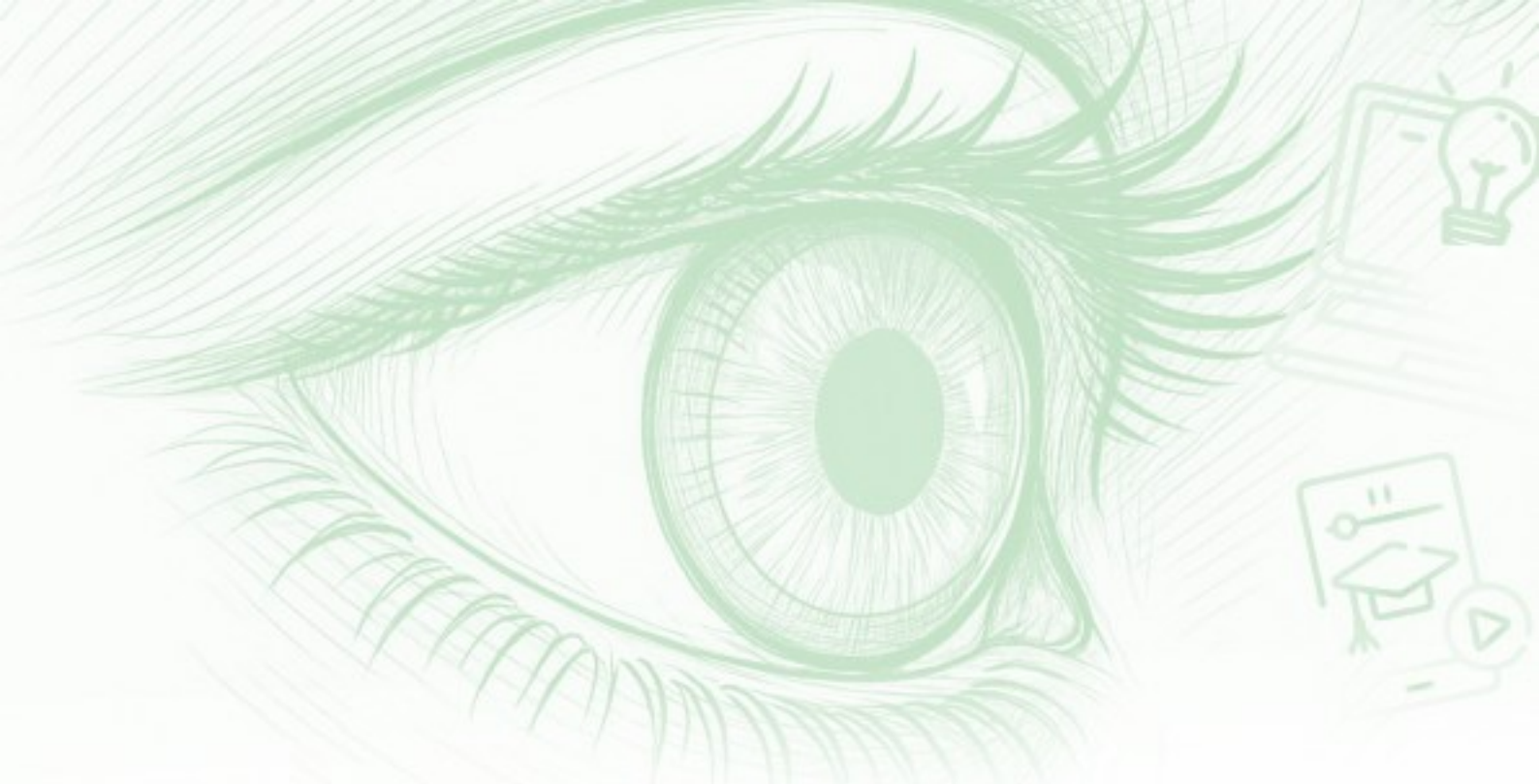
# 7

## **Análisis del uso de las tecnologías de información y comunicación en la educación en lentes de contacto**

*Analysis of the use of information and communication technologies in contact lens education*







## 7.1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) se han convertido en una herramienta educativa clave en el ámbito de las ciencias de la salud, ya que contribuyen a orientar, ejercitar y evaluar el proceso de aprendizaje de diversas habilidades, transformando el entorno educativo y generando nuevas oportunidades para mejorar el acceso, la calidad y la eficacia del aprendizaje.<sup>144,170</sup> En general se considera TICs a toda herramienta digital dirigida a manipular información mientras que en un contexto educacional cualquier herramienta, recurso o dispositivo que favorezca el desarrollo del conocimiento, se denominan objetos educativos digitales (OED).<sup>171</sup>

En el ámbito concreto de la enseñanza de lentes de contacto (LC), estas tecnologías se han usado ampliamente, pues permiten la transmisión de contenidos teóricos mediante el uso de vídeos, documentos digitales y audios, mejoran la comunicación entre estudiantes y docentes, y además el uso de herramientas virtuales pueden apoyar el desarrollo de habilidades clínicas en formatos flexibles

y adaptativos.<sup>5,22</sup> Cabe destacar que la pandemia de COVID-19 aceleró el uso de estas soluciones tecnológicas, momento en el que webinars, grupos de discusión, el intercambio de casos clínicos e imágenes comenzaron a integrarse con métodos tradicionales de enseñanza en la formación de profesionales de la salud en general<sup>27,146</sup> y en el ámbito particular de la Optometría, este proceso no fue diferente al manifestarse una necesidad creciente de metodologías pedagógicas más dinámicas e interactivas, capaces no solo de mantener la motivación del estudiante, sino también de promover un aprendizaje que fortalezca las habilidades clínicas, fundamentales en esta formación.<sup>21,65</sup>

A nivel institucional, se observa una creciente valorización de las herramientas tecnológicas como elementos centrales en la formación profesional en salud visual. En muchos casos, estas herramientas han dejado de ser complementarias para convertirse en componentes estructurales del currículo, especialmente en contextos donde el aprendizaje autónomo, la resolución de problemas y el pensamiento clínico son habilidades clave para la futura práctica profesional.<sup>5,172,173</sup> Esta transformación también responde a cambios en la cultura educativa, impulsados por la necesidad de métodos de enseñanza más colaborativos, transversales y conectados globalmente.<sup>174</sup>

Sin embargo, la formación en LC presenta retos inherentes a la complejidad de su contenido<sup>22</sup> y, además, los planes de estudio universitarios disponen de un tiempo limitado para la formación en contactología (tal y como se muestra en el *Capítulo 6*), por lo que el uso de TICs educativas puede ser un aspecto diferenciador en esta formación, tanto a nivel de pregrado (optimizando el tiempo para las actividades en el aula, favoreciendo el intercambio de experiencias,

ampliando la conexión entre docente y estudiante, posibilitando que los estudiantes adquieran la confianza, comprensión y habilidades necesarias en el ejercicio profesional) como a nivel de posgrado o durante la formación continua para mantener actualizado en nivel de competencias.<sup>21</sup>

El objetivo de este capítulo es mapear y analizar la disponibilidad de entornos educativos y herramientas digitales de apoyo a la educación en LC, así como identificar y clasificar los OED más empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje en contactología.





## 7.2. MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una búsqueda en sitios web de asociaciones profesionales, organismos o consejos reguladores, grupos especializados y empresas de la industria vinculadas a las LC en el año 2023, utilizando Google como motor de búsqueda, aplicando los términos “lentes de contacto” y “educación” en tres idiomas: portugués, inglés y español, con el objetivo de identificar la diversidad de recursos disponibles a nivel global y ampliar el alcance del estudio.

Se examinaron las páginas web localizadas, y analizaron aquellas que presentaban TICs aplicadas al apoyo y/o a la enseñanza de actividades relacionadas con las LC. Estos hallazgos se denominarán, a partir de este momento, como *entornos digitales de apoyo a la enseñanza en contatología* (EDAEC), con el fin de facilitar la lectura y representar de manera unificada los espacios web que alojan TICs educativas analizados en este trabajo.

Se identificaron OEDs disponibles públicamente o mencionados en iniciativas educativas, académicas o comerciales orientadas al

proceso de enseñanza-aprendizaje en contactología. Para cada recurso, se registraron los siguientes elementos: *nombre del proveedor*; *tipo de proveedor*; *cobertura geográfica*; *forma de acceso*; *OED*; *clase del objeto*; y la existencia de *evidencia científica* asociada al recurso.

## Clasificación y análisis de los datos

El proveedor fue identificado como la institución, empresa, sitio web u organización responsable de la disponibilidad del EDAEC, siendo clasificado en tres tipos:

- Académico, cuando se trataba de alguna institución de enseñanza;
- Asociación, para entidades profesionales y/o científicas;
- Industria, cuando pertenecía a empresas del sector de LC.

La cobertura fue clasificada según el alcance de la EDAEC, en:

- Global, cuando era accesible internacionalmente y
- Regional, cuando estaba dirigida a una región específica.

La forma de acceso, por su parte, fue determinada con base a la disponibilidad del EDAEC para el usuario final, clasificada como:

- Abierto (gratuito), cuando la herramienta tenía acceso libre sin ninguna forma de pago asociada;
- Abierto (selectivo), cuando la disponibilidad era gratuita, pero condicionada a algún requisito, como por ejemplo ser afiliado a una asociación;

- Cerrado (pago), cuando el acceso estaba disponible mediante una forma de pago específica.

Cuando no se identificaron claramente las subclasificaciones, fueron etiquetadas como "Otros".

Todo OEDs identificado además fue clasificado según su propósito pedagógico,<sup>76</sup> adoptándose la siguiente tipología:

- objetos de instrucción, aquellos definidos como recursos cuya función principal es la transmisión de contenidos, conocimientos o explicaciones conceptuales, generalmente en formato textual, audiovisual o gráfico;
- objetos de colaboración, aquellos que promueven la interacción entre usuarios, el intercambio de ideas y el trabajo conjunto en entornos digitales;
- objetos de práctica, los orientados a la aplicación activa de conocimientos, resolución de problemas, realización de simulaciones o desarrollo de habilidades técnicas o clínicas;
- objetos de evaluación, aquellos que, además de ofrecer contenido, incorporan mecanismos de retroalimentación, monitorización del progreso o medición del aprendizaje, incluso cuando integran otras funcionalidades (Tabla 7.1).

De forma complementaria, se llevó a cabo una búsqueda en la base de datos MedLine/PubMed, con el propósito de identificar artículos científicos que presentaran algún tipo de evidencia asociada al uso de los recursos encontrados en la primera búsqueda. Para ello, se utilizaron como términos de búsqueda los empleados inicialmente

(aunque solo en inglés), así como la combinación con palabras clave relacionadas con los nombres de los proveedores identificados. En esta búsqueda, se consideraron únicamente estudios publicados a partir de 2013, y se excluyeron aquellos que no presentaban relación directa con la herramienta identificada, así como aquellos centrados exclusivamente en la educación de pacientes y/o usuarios de LC.

Los datos recolectados fueron organizados y tabulados en una hoja de cálculo de Microsoft Excel 365 para realizar un análisis estadístico descriptivo, centrado en la distribución porcentual de las variables categóricas, en consonancia con el enfoque exploratorio y de mapeo adoptado en este análisis.

**Tabla 7.1** Tipologías utilizadas para la clasificación de los OEDs según su propósito pedagógico principal.

Clase	Criterio pedagógico-funcional	Ejemplos de OEDs
<b>Objetos de instrucción</b>	Recursos cuya función principal es la transmisión de contenidos, conocimientos o explicaciones conceptuales, generalmente en formato textual, audiovisual o gráfico. Incluyen materiales que facilitan el aprendizaje autónomo mediante la exposición directa a la información.	<i>Ebooks</i> <i>Presentaciones</i> <i>Artículos</i> <i>Videos</i> <i>Podcast</i> <i>Infografías</i> <i>Blog</i> <i>Webstories</i>
<b>Objetos de colaboración</b>	Recursos que promueven la interacción entre usuarios, el intercambio de ideas y la construcción colectiva del conocimiento en entornos digitales sincrónicos o asincrónicos.	<i>Chats</i> <i>Webinar</i> <i>Foros</i> <i>Wikis</i>
<b>Objetos de práctica</b>	Recursos diseñados para permitir la aplicación activa de conocimientos, resolución de problemas, ejecución de tareas prácticas o desarrollo de habilidades técnicas, mediante actividades interactivas o simuladas.	<i>Calculadoras</i> <i>Simulaciones interactivas</i> <i>Casos clínicos virtuales</i> <i>Laboratorios virtuales</i> <i>Juegos</i> <i>Guías</i>
<b>Objetos de evaluación</b>	Recursos que incorporan mecanismos de evaluación, como retroalimentación, pruebas de desempeño, seguimiento del progreso o validación de aprendizajes, incluso si combinan otros propósitos educativos.	<i>Plataforma virtual</i> <i>Pruebas online</i> <i>Rubricas digitales</i> <i>Análisis de desempeño</i> <i>Cursos online</i>





### 7.3. RESULTADOS

Se identificaron un total de 39 sitios que ofrecían alguna forma de TICs orientada al aprendizaje de LC. A partir de esta búsqueda, se identificaron 12 OED, que en conjunto totalizaron 117 recursos educativos distribuidos entre los sitios encontrados, lo que representa una media de aproximadamente 3 OEDs por cada sitio identificado, con al menos dos categorías de tipos de OEDs presentes, en promedio, por sitio. Estos recursos fueron encontrados tanto de forma directa, con acceso inmediato, como también mediante descripciones disponibles en las plataformas de acceso restringido (Tabla 7.2).

Entre los OED, los *'ebooks'* fueron los más prevalentes, estando presentes en el 72% de los sitios analizados y representando aproximadamente el 24% del total de recursos identificados (n=28). En el extremo opuesto, los *'foros'* se destacaron por su baja frecuencia, apareciendo únicamente en el 5% de los sitios y representando cerca del 2% del total de recursos (n=2), tal como se ilustra en la Figura 7.1.

**Tabla 7.2** Proveedores y objetos educativos digitales identificados en las TICs orientadas al aprendizaje sobre LC.

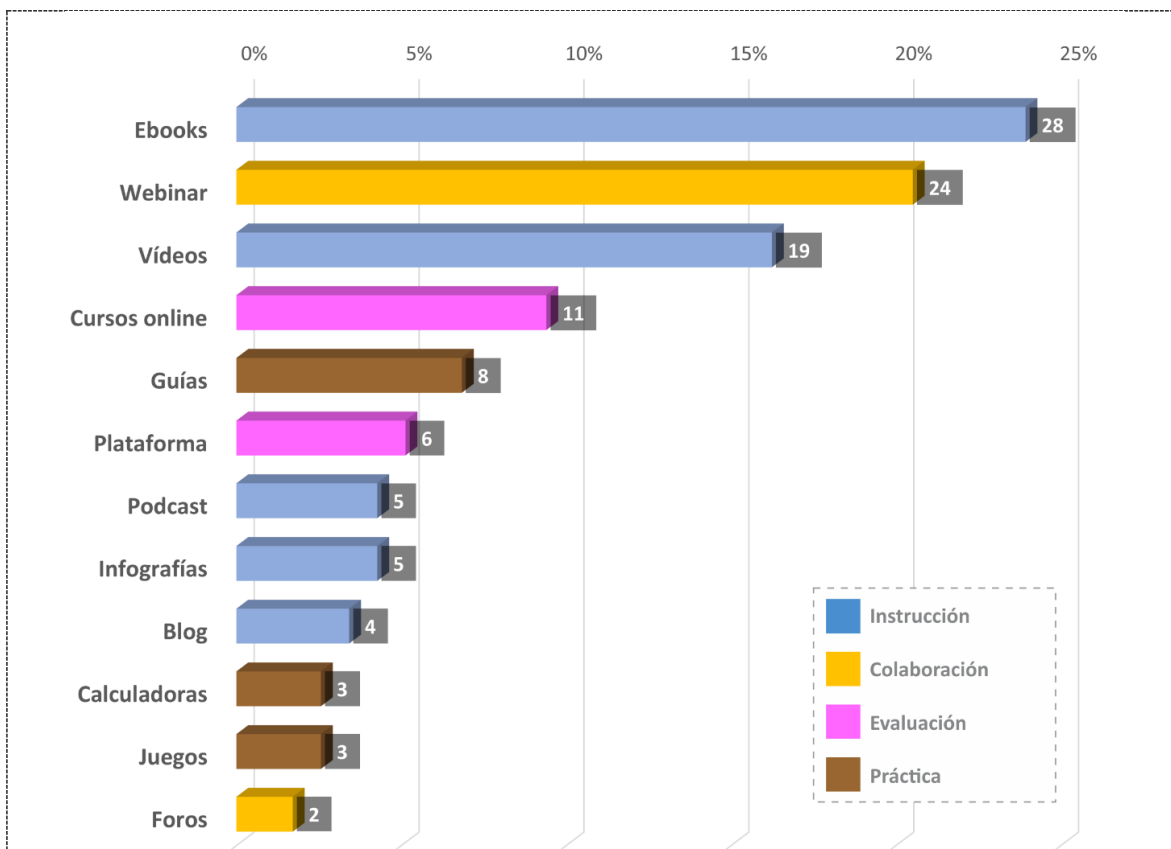
Proveedor	Colaboración		Instrucción				Práctica			Evaluación		
	Webinar	Fóruns	Podcast	Blog	Ebooks	Infográficos	Videos	Games	Guías	Calculadoras	Cursos Online	Plataforma
BCLA [bcla.org.uk]	✓		✓		✓	✓			✓		✓	✓
Optometry Today [aop.org.uk]	✓	✓			✓			✓	✓			
Review Optometry [revieweducationgroup.com]	✓				✓							
Vision Care CE [visioncarece.com]	✓		✓		✓							
Contact Lens Spectrum [clspectrum.com]	✓		✓		✓							
Scleral Lens Education Society [sclerallens.org]	✓				✓		✓					
College Optometrists UK [college-optometrists.org]					✓						✓	
IACLE [iacle.org]	✓	✓			✓			✓	✓		✓	✓
Eyes On Care [eyesoneyecare.com]	✓				✓						✓	
ABDO [abdocollege.org.uk]											✓	
American Optometric Association [aoa.org]	✓				✓						✓	
AAOMC [aaomc.org]	✓											
GP Lens Institute [gpli.info]	✓				✓		✓		✓	✓		
Waterloo University [uwaterloo.ca]					✓		✓					
AOCLE [aocle.org]					✓	✓						
American Academy Of Optometry [aaopt.org]			✓									
ECLA/CLAO [clao.org]	✓				✓		✓					
National Keratoconus Foundation (NKCF)	✓				✓		✓					

<i>[nkcf.org]</i>												
Contact Lens Institute <i>[contactlensinstitute.org]</i>					✓		✓					
Contact Lens Update <i>[contactlensupdate.com]</i>					✓	✓						
Coopervision <i>[coopervision.com]</i>	✓				✓		✓			✓		✓
Optometric Management Education <i>[optometricmanagement.com]</i>	✓		✓				✓					
Canadian Association of Optometrists <i>[opto.ca]</i>					✓		✓					
American Academy of Ophthalmology <i>[aao.org]</i>	✓				✓		✓					
International Optician Association <i>[ioassn.org]</i>							✓					
Alcon <i>[alconexperienceacademy.com]</i>	✓				✓		✓		✓			✓
Bausch <i>[bauschgp.com]</i>	✓				✓		✓		✓			
Bausch <i>[bauschcontactlenses.com]</i>	✓				✓	✓	✓		✓	✓		
JXJ <i>[jnvisioncare.ae]</i>	✓								✓			
Menicon <i>[menicon.co.uk]</i>											✓	
CBO <i>[cbo.com.br]</i>	✓				✓		✓				✓	✓
SOBLEC <i>[soblec.com.br]</i>	✓				✓		✓				✓	✓
SEC <i>[secontactologia.com]</i>					✓							
Markenovy <i>[spctinternational.com]</i>	✓			✓								
AECISO <i>[aecso.org]</i>				✓			✓					
Lentes esclerales <i>[lentesesclerales.com]</i>				✓	✓		✓					
Contamac <i>[contamac.com]</i>					✓		✓					
Educaplay <i>[educaplay.com]</i>								✓				
Conoptica <i>[conoptica.es]</i>	✓			✓			✓				✓	

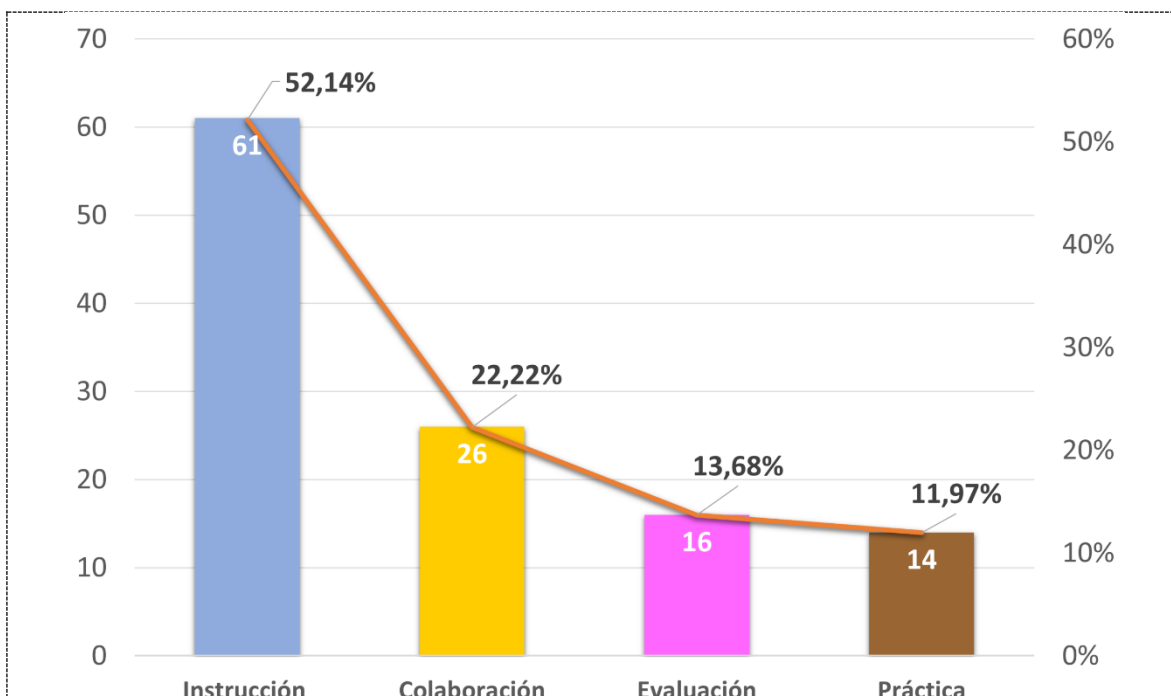
Con respecto a la tipología de los OEDs (Tabla 7.3), la categoría de instrucción fue la más frecuente, representando el 52,1% de los recursos identificados, con una media de 1,52 OEDs instruccionales por sitio. En contraste, los OEDs de práctica fueron los menos representados, correspondiendo al 12% del total, con una media de 0,35 por sitio (Figura 7.2).

**Tabla 7.3** Resumen de las categorías de TICs y distribución de las diferentes herramientas.

		n	Distribución total (n=117)	Mé dia por hallazgos (n=39)
<b>Clase del OED</b>	<b>Instrucción</b>	61	52,1%	1,52
	<b>Colaboración</b>	26	22,2%	0,65
	<b>Evaluación</b>	16	13,7%	0,43
	<b>Práctica</b>	14	12,0%	0,35
<b>Distribución de los OED</b>	<i>Ebooks</i>	28	23,9%	0,72
	<i>Webinar</i>	24	20,5%	0,62
	<i>Vídeos</i>	19	16,2%	0,49
	<i>Cursos online</i>	11	8,5%	0,28
	<i>Guías</i>	8	6,8%	0,21
	<i>Plataforma</i>	6	5,1%	0,15
	<i>Podcast</i>	5	4,3%	0,13
	<i>Infografías</i>	5	4,3%	0,13
	<i>Blog</i>	4	3,4%	0,10
	<i>Calculadoras</i>	3	2,6%	0,08
	<i>Juegos</i>	3	2,6%	0,08
	<i>Foros</i>	2	1,7%	0,05
<b>TOTAL</b>		117	100,0%	3,00



**Figura 7.1** Distribución de las diferentes herramientas educativas identificadas. En el recuadro gris se representa el valor de cada herramienta.



**Figura 7.2** Cantidad de herramientas por tipo de objeto educativo.

Con respecto al perfil de las TICs identificadas (Tabla 7.4), a pesar de haberse clasificado 39 EDAEC, se registraron 38 instituciones diferentes, considerando que la empresa 'Bausch' (Bausch & Lomb) ofrecía recursos educativos distintos a través de dos sitios web independientes. En cuanto a la clasificación de los tipos de proveedor, la mayoría de las TICs fueron ofrecidas por asociaciones, que representaron el 46% (n=18) del total, mientras que aquellas de perfil exclusivamente educativo, es decir, las instituciones académicas, conformaron el grupo menos frecuente, con una participación del 5% (n=2), correspondientes a una universidad ('*Waterloo University*') y una institución de formación continua ('*Contact Lens Update*'). No obstante, el 26% de los casos no se ajustaban a estas categorías y fueron clasificados como 'otros' (n=9), como se muestra en la Figura 7.3-A.

Respecto a la cobertura geográfica de acceso (Figura 7.3-B), se observó una distribución equilibrada, con un 49% de alcance '*global*' y un 51% con enfoque '*regional*'. En relación con el modelo de acceso (Figura 7.3-C), la mayoría (63%, n=26) de los recursos presentaba acceso abierto, aunque sujeto a algún tipo de restricción o condición ('*Abierto selectivo*'), mientras que apenas el 8% (n=3) se ofrecía de forma totalmente gratuita y abierta. Finalmente, en la verificación de evidencia científica asociada, solo 2 hallazgos (5%) presentaban publicaciones vinculadas directamente al recurso educativo. Uno de ellos correspondía a una herramienta ofrecida por '*IACLE*' (International Association of Contact Lens Educators),<sup>22</sup> y el otro por '*ECLA/CLAO*' (Eye and Contact Lens Association).<sup>15</sup> En los 37 casos restantes (95%), no se identificaron estudios relacionados, al menos según los criterios y la metodología de búsqueda aplicada (Figura 7.3-D).

**Tabla 7.4** Perfil de las herramientas educativas identificadas. G: Global; R: Regional; C/P: Cerrado (de pago); A/S: Abierto (selectivo); A/G: Abierto (gratuito)

Proveedor	Tipo de proveedor	Cobertura	Acceso	Total de OED	Total en cada clase del objeto				Total de clases	Estudio asociado
					Colaboración	Instrucción	Práctica	Evaluación		
BCLA	Asociación	G	C/P	7	1	3	1	2	4	-
Optometry Today	Asociación	G	A/S	5	2	1	2		3	-
Review Optometry	Otros	G	A/S	2	1	1			2	-
Vision Care CE	Otros	G	A/S	3	1	2			2	-
Contact Lens Spectrum	Otros	G	A/S	3	1	2			2	-
Scleral Lens Education Society	Asociación	G	A/S	3	1	2			2	-
College Optometrists UK	Asociación	R	C/P	2		1		1	2	-
IACLE	Asociación	G	C/P	7	2	1	2	2	4	Si
Eyes On Care	Otros	G	A/S	3	1	1		1	3	-
ABDO	Asociación	R	C/P	1				1	1	-
American Optometric Association	Asociación	R	C/P	3	1	1		1	3	-
AAOMC	Asociación	R	C/P	1	1				1	-
GP Lens Institute	Otros	G	A/S	5	1	2	2		3	-
Waterloo University	Académico	R	C/P	2		2			1	-
AOCLE	Asociación	G	A/S	2		2			1	-
American Academy Of Optometry	Asociación	R	C/P	1		1			1	-
ECLA/CLAO [clao.org]	Asociación	G	A/S	3	1	2			2	Si
National Keratoconus Foundation (NKCF)	Otros	R	A/S	3	1	2			2	-

Contact Lens Institute	Industria	R	A/S	2		2			1	-
Contact Lens Update	Académico	R	A/G	2		2			1	-
Coopervision	Industria	G	A/S	5	1	2	1	1	4	-
Optometric Management Education	Otros	R	C/P	3	1	2			2	-
Canadian Association of Optometrists	Asociación	R	C/P	2		2			1	-
American Academy of Ophthalmology	Asociación	R	A/S	3	1	2			2	-
International Optician Association	Asociación	G	A/S	1		1			1	-
Alcon	Industria	G	A/S	5	1	2	1	1	4	-
Bausch	Industria	G	A/S	4	1	2	1		3	-
Bausch	Industria	G	A/S	6	1	3	2		3	-
JXJ	Industria	G	A/G	2	1		1		2	-
Menicon	Industria	G	A/S	1				1	1	-
CBO	Asociación	R	A/S	5	1	2		2	3	-
SOBLEC	Asociación	R	A/S	5	1	2		2	3	-
SEC	Asociación	R	A/S	1		1			1	-
Markenovy	Industria	R	A/S	2	1	1			2	-
AECSO	Asociación	R	A/S	2		2			1	-
Lentes esclerales	Otros	R	A/S	3		3			1	-
Contamac	Industria	G	A/S	2		2			1	-
Educaplay	Otros	R	A/G	1			1		1	-
Conoptica	Industria	R	A/S	4	1	2		1	3	-



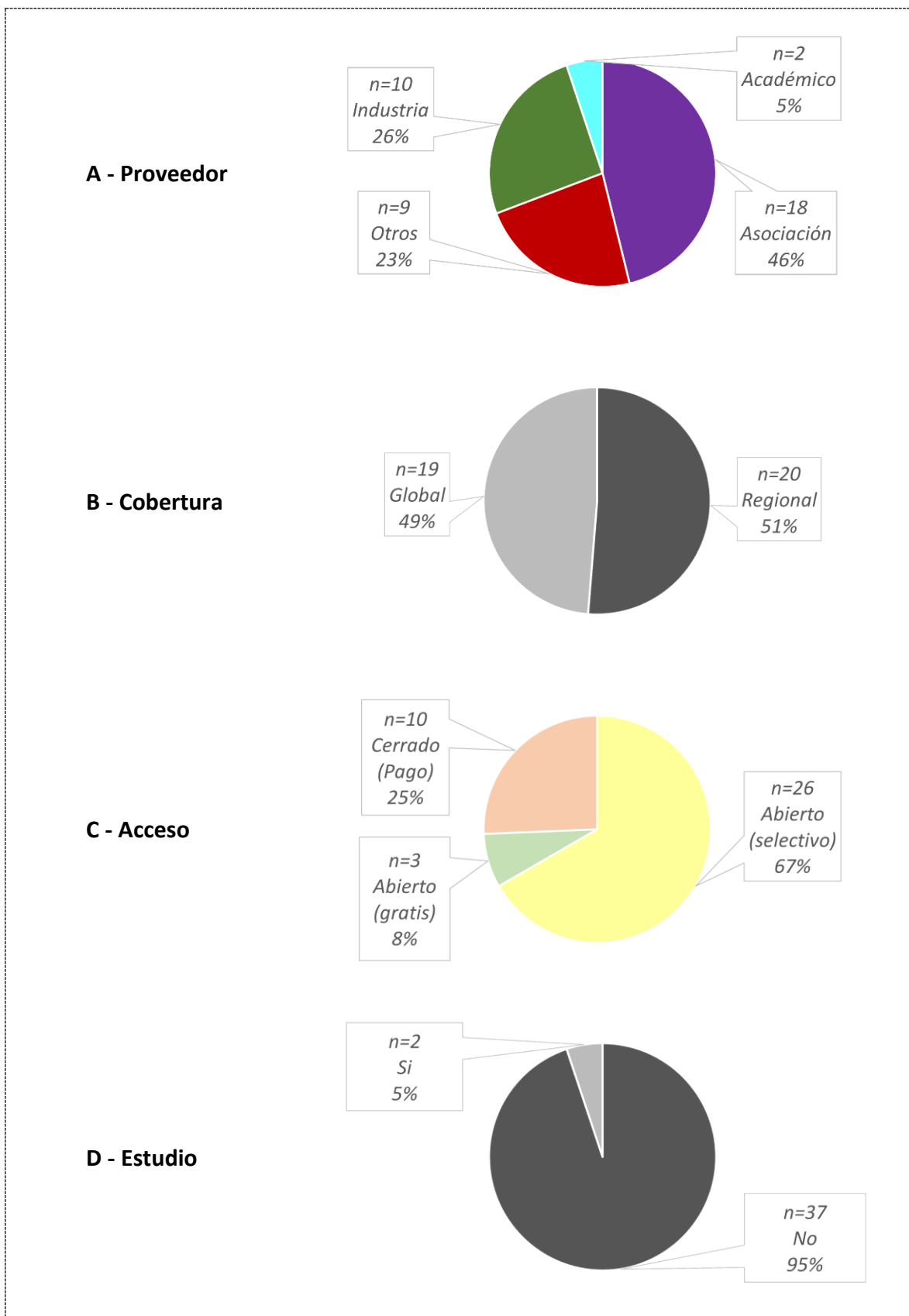


Figura 7.3 Resumen del perfil de los EDAEC encontrados.





## 7.4. DISCUSIÓN

El presente trabajo pretende mapear y analizar el perfil de las TICs aplicadas a la enseñanza de LC, ya que comprender este panorama permitirá identificar brechas, carencias y posibles direcciones de mejora para el desarrollo de estrategias educativas más inclusivas, actualizadas y fundamentadas en evidencia aplicadas a la formación en LC. Los hallazgos revelan una variabilidad considerable en la oferta de TICs destinadas a la formación en LC, con un total de 39 EDAEC correspondientes a 38 proveedores distintos. Esta diversidad refleja una preocupación transversal por la formación en contactología, probablemente asociada al hecho de que se trata de un área profesional que requiere de una actualización constante en la práctica clínica y en el dominio técnico.<sup>21,39</sup> Esta idea se ve reforzada por la existencia de asociaciones y comités específicos dedicados a la educación en LC, con amplio reconocimiento y relevancia, como IACLE<sup>21,25,26</sup> o BUCCLE.<sup>34</sup>

La presencia de TICs ofrecidas predominantemente por asociaciones profesionales y empresas del sector demuestra el papel

activo de estos actores en el apoyo a la formación continua al profesional. Por otro lado, la baja representación de instituciones académicas no necesariamente indica una falta de uso de herramientas digitales,<sup>5</sup> sino más bien dificultades para identificar públicamente estos recursos en sus sitios web, ya que muchas universidades integran las TICs en sus estructuras curriculares sin aportar una descripción detallada de las herramientas pedagógicas empleadas en las diferentes materias o asignaturas, en línea con lo identificado en el Capítulo 6.

Respecto al perfil de los recursos identificados, se ha encontrado una media de tres OEDs por proveedor, lo que sugiere una intención de ofrecer múltiples formatos para enriquecer el proceso de aprendizaje. En total, se identificaron 12 tipos diferentes de OED; aunque esta cifra es inferior a la cantidad de posibilidades reportada en otros estudios,<sup>12,66</sup> que enumeran al menos 20 subtipos, no puede considerarse baja, dada la falta de consenso y claridad en las clasificaciones existentes, lo que dificulta y limita este tipo de comparación. En este sentido, aún se percibe el predominio de recursos que podrían denominarse como más tradicionales, entre los que destacan los ebooks, webinars y videos, que están presentes respectivamente en el 72%, 62% y 49% de los EDAEC, lo que sugiere un uso principalmente centrado en la transmisión de contenidos, aunque se realice mediante tecnologías digitales.<sup>5,21,22</sup> También se observó que herramientas que fueron emblemáticas en generaciones anteriores de la educación digital, como foros o blogs, son poco frecuentes, lo que podría reflejar un cambio en el comportamiento y las preferencias de los estudiantes frente a estas dinámicas de interacción virtual.<sup>170</sup> Igualmente llamativa es la escasa presencia de recursos *gamificados*, a pesar de su amplio reconocimiento como estrategia efectiva en la enseñanza de profesionales de la salud.<sup>58,145</sup>

Este vacío representa una oportunidad para la innovación pedagógica, especialmente en lo que respecta a promover el razonamiento clínico y la participación activa del estudiante en los procesos de enseñanza-aprendizaje aplicados a las LC.

Otro punto crítico es la baja representación de OEDs orientados a la práctica clínico-profesional, lo que refuerza la idea de que, aunque existen esfuerzos por modernizar estos formatos, aún persiste una “lógica” de enseñanza tradicional, que se adapta poco a contenidos prácticos impartidos mediante tecnología. De hecho, no se identificaron simuladores interactivos entre los recursos mapeados, lo que refuerza la percepción de que la educación en LC sigue siendo conservadora en cuanto a la incorporación de herramientas activas o tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial.<sup>5,64</sup>

En términos de cobertura y acceso, se observó un equilibrio entre recursos de alcance global y regional. Sin embargo, esta distribución parece estar más relacionada con el alcance comercial de los proveedores que con una verdadera universalidad del recurso. Además, el hecho de que solo una minoría de los EDAEC fueran completamente gratuitos puede representar una barrera potencial para estudiantes, aunque el acceso abierto condicionado, frecuente en asociaciones e industria, permite cierto grado de democratización del contenido.<sup>144,170</sup>

Un hallazgo relevante es la escasa presencia de estudios o evidencia científica asociada a estos recursos, ya que solo dos EDAEC presentan publicaciones vinculadas, ninguna de ellas con una validación formal del recurso específico. Esto sugiere una cierta fragilidad en el respaldo científico de muchas herramientas educativas actualmente en uso, y resalta la necesidad de que el desarrollo de OEDs

y TICs esté acompañado de procesos sistemáticos de evaluación y validación pedagógica.<sup>22,39,64</sup> Esta ausencia puede estar relacionada con el hecho de que gran parte de la oferta está liderada por asociaciones y empresas del sector, que no cuentan necesariamente con una estructura académica formal de investigación educativa.

Finalmente, es necesario reconocer las limitaciones enfrentadas en este trabajo entre las que destacan que muchos de los sitios web identificados no describen de forma explícita sus herramientas, lo que puede haber limitado la identificación precisa de ciertos OED. Además, la baja visibilidad pública de los recursos pedagógicos en contextos universitarios, más centrados en describir la estructura curricular, también puede haber limitado la detección de TICs relevantes. En este sentido, los cursos en línea y las plataformas educativas, aunque hayan sido clasificados como OED, se caracterizan como TICs de perfil especial, ya que permiten la visualización de contenidos con accesibilidad y facilidad de navegación, pero no siempre permiten identificar de manera clara qué recursos puntuales están siendo utilizados en cada proceso educativo. Por ello, aunque su inclusión en el estudio haya sido importante para la presentación o mapeo general, por sí solas no parecen suficientes para mostrar con precisión los elementos pedagógicos específicos que se encuentran en uso actualmente.

Pese a estas limitaciones, el presente trabajo ofrece una visión panorámica del ecosistema actual de la aplicación de las TICs en la enseñanza en LC, y evidencia vacíos y brechas relevantes que pueden orientar futuras investigaciones pedagógicas como pueden ser estudios centrados en el diseño, validación y evaluación de recursos digitales,

así como en el análisis del impacto de herramientas activas -como simuladores y/o estrategias de *gamificación*- que representan caminos prometedores para el fortalecimiento de la formación en contactología tanto a nivel de pregrado como de postgrado y formación continua.







## 7.5. DIFUSIÓN

Los resultados preliminares de este trabajo se presentaron en el congreso OPTOM 2024 en formato póster (Figura 7.4)



28º Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica – OPTOM 2024. Comunicación Póster: **Análisis del uso de las tecnologías de información y comunicación en la educación en lentes de contacto.** Braga S, Stuermer L, Martín R. al 14 de abril de 2024. (España).



Figura 7.4 Resultados preliminares del estudio en poster presentado en congreso.

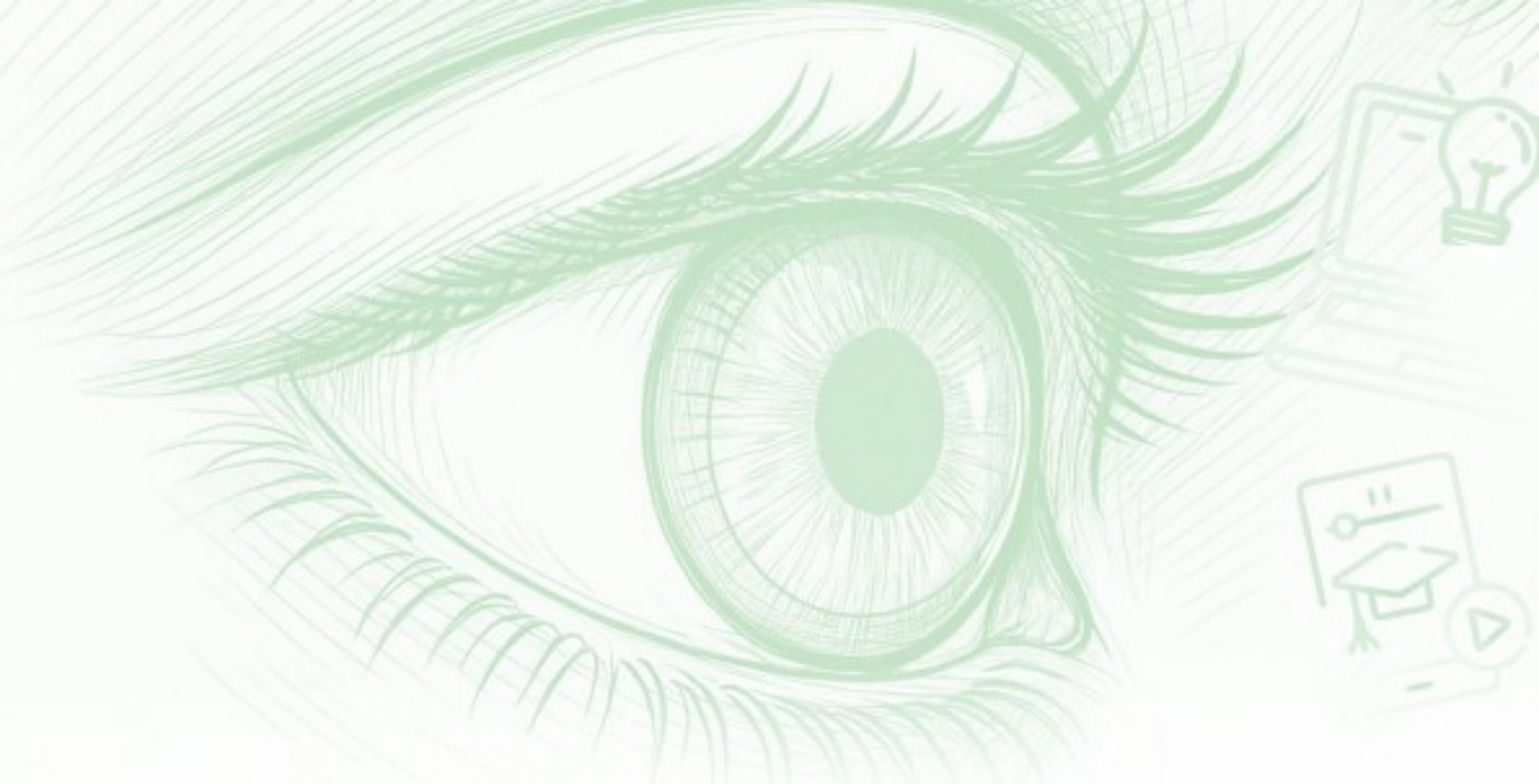
Capítulo

# 8

## **E-simulador de interacción clínica en lentes de contacto: del diseño al desarrollo como herramienta educativa en contactología**

*E-simulator of clinical interaction in contact lenses: from design to development as an educational tool in contact lenses*





## 8.1. INTRODUCCIÓN

En el contexto de la atención y cuidados de la salud visual, la adaptación de lentes de contacto (LC) supone un papel clave tanto en la corrección refractiva como en el manejo de algunas condiciones oculares específicas,<sup>32</sup> por lo que es esencial garantizar la cualificación de los profesionales y su competencia en esta área. Concretamente, la práctica clínica en LC requiere poner en práctica un conjunto integrado de competencias que incluyen el juicio clínico, el análisis de las condiciones anatómicas y funcionales del polo anterior ocular, selección del diseño y material más adecuado, la definición de un plan de uso, reemplazo y seguimiento que permita la identificación de posibles complicaciones además de establecer una comunicación eficaz con el paciente a lo largo de todo el proceso de adaptación, uso y seguimiento.<sup>21</sup> Estas competencias y habilidades deben construirse sobre una base científica sólida y actualizada, donde el uso de la evidencia científica como soporte para la toma de decisiones clínicas sea una constante en la formación de los profesionales de la visión.<sup>8,22</sup>

Además, la velocidad con la que evolucionan los materiales, diseños, etc. así como la aparición de nuevos protocolos a lo que se añaden las demandas clínicas en LC de los futuros usuarios, exige una actitud permanente de actualización y disposición para aprender de manera continua por parte de los profesionales, que refuerza la necesidad de emplear métodos educativos que integren adecuadamente la teoría con la práctica clínica desde etapas tempranas de la formación.<sup>21,25</sup>

Aunque la formación en LC requiere un conjunto de habilidades y juicio fundamentado en evidencia, su desarrollo aún se enfrenta dificultades. Conforme se muestra en el Capítulo 6, el tiempo dedicado a la enseñanza de LC en los programas de Optometría suele ser reducido, representando un porcentaje limitado en relación con la formación total, especialmente en lo que respecta a las actividades prácticas.<sup>21</sup> Esta dedicación de tiempo lectivo puede comprometer el nivel de capacitación que es requerida para ofrecer una atención clínica efectiva, por parte de los futuros egresados especialmente considerando la creciente complejidad del manejo de LC y la necesidad de tomar decisiones clínicas fundamentadas en datos, experiencia y criterios científicos actualizados. Además, también se observa un cierto desequilibrio entre la carga lectiva teórica y práctica, lo que puede dificultar el desarrollo de habilidades clínicas aplicadas durante el periodo dedicado a la formación profesional.<sup>21,22</sup> Este escenario refuerza la necesidad de incorporar enfoques pedagógicos más dinámicos y el uso de herramientas que favorezcan la conexión entre teoría y práctica en la enseñanza de la contactología.

Las tecnologías de la información y comunicación (TICs) han emergido como aliadas relevantes en la educación en salud, aportando

flexibilidad, interactividad y acceso ampliado al conocimiento.<sup>3</sup> En el ámbito específico de la contactología, existe una oferta creciente, aunque todavía limitada, de recursos digitales, (Capítulo 7) predominantemente centrados en la transmisión teórica del contenido, como videos, *ebooks* y *webinars*, con escasa incorporación de herramientas orientadas a la práctica clínica o simuladores clínicos.<sup>21</sup> Además, muchos de estos recursos carecen de validación científica, lo que limita su efectividad pedagógica. En este sentido, el diseño instruccional se consolida como un componente clave en el desarrollo de soluciones educativas eficientes, ya que permite estructurar el proceso formativo con claridad de objetivos, metodologías activas y soporte digital adaptado, alineando la tecnología con los resultados de aprendizaje esperados.<sup>48,93</sup>

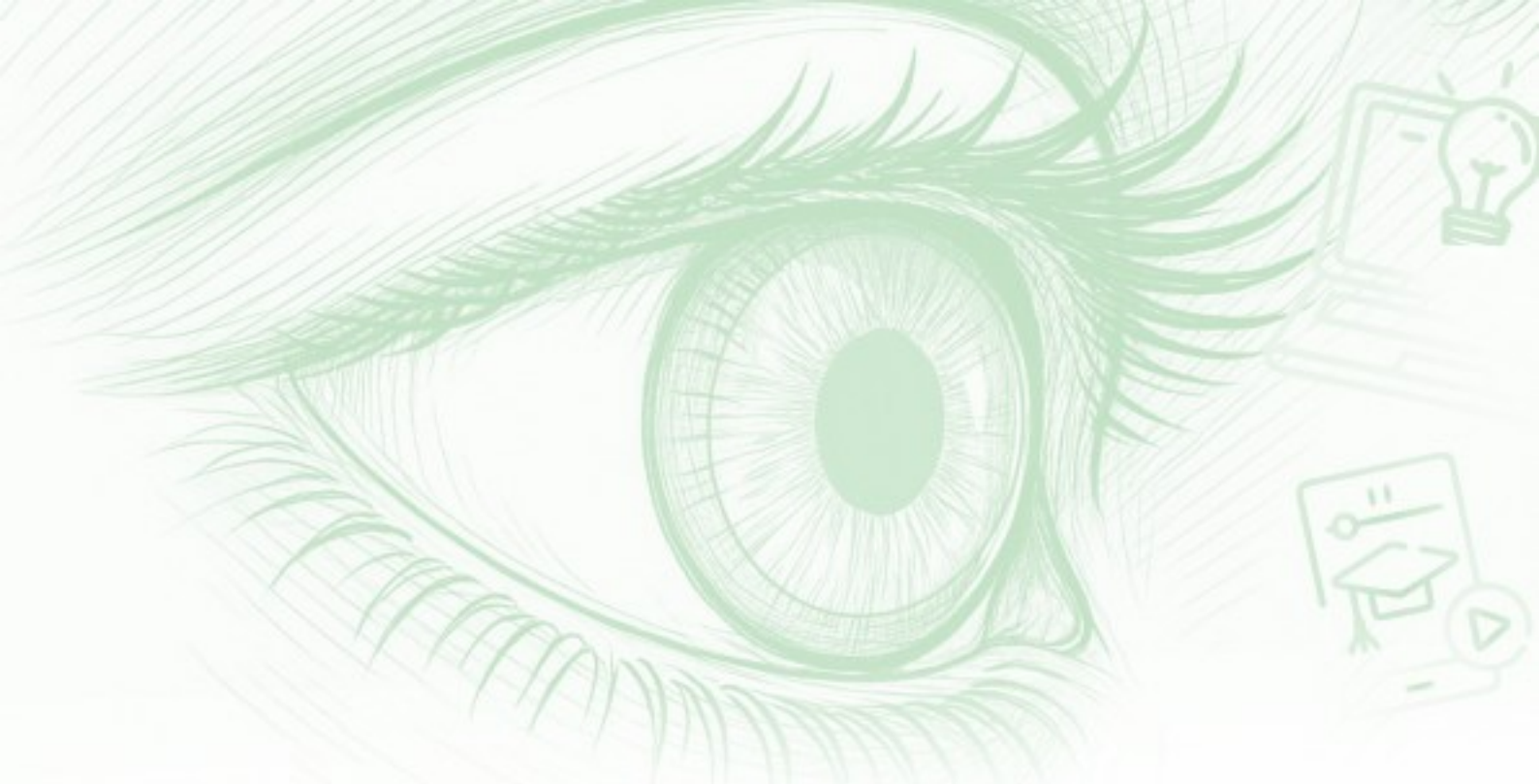
Los simuladores aplicados a la educación en salud son entornos diseñados para reproducir, total o parcialmente, situaciones clínicas reales, con el fin de que los estudiantes puedan desarrollar habilidades técnicas, comunicativas o de razonamiento sin comprometer la seguridad del paciente. Entre ellos se encuentran los simuladores físicos o realistas, como los maniquíes de alta fidelidad utilizados para entrenar procedimientos quirúrgicos o de reanimación en escenarios controlados,<sup>64</sup> los e-simuladores (simuladores virtuales), que permiten interactuar con modelos tridimensionales o sistemas fisiológicos simulados en una pantalla, como ocurre en plataformas de entrenamiento anatómico,<sup>145</sup> así como los simuladores de casos clínicos, que presentan pacientes virtuales con síntomas, los resultados de exámenes y la evolución clínica, desafiando al estudiante a tomar decisiones progresivas a lo largo del caso.<sup>58</sup> Aunque varían en nivel de fidelidad, todos estos recursos se pueden integrar en el proceso

formativo como estrategias activas que favorecen la práctica segura, la repetición controlada y el desarrollo del razonamiento clínico aplicado.

Las tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) también han ganado espacio en la formación al ofrecer soluciones para personalizar el aprendizaje y simular habilidades clínicas en entornos controlados, herramientas que resultan valiosas cuando no hay disponibilidad constante de pacientes reales.<sup>12</sup> Por ejemplo, plataformas como *Body Interact* permiten al estudiante tomar decisiones clínicas en escenarios interactivos generados por algoritmos que reproducen respuestas fisiológicas realistas, y se utilizan en programas de formación en medicina y enfermería.<sup>64,73</sup> En el campo de la salud visual, comienzan a incorporarse modelos de IA en módulos educativos capaces de analizar imágenes de fondo de ojo y sugerir decisiones clínicas, como parte del programa de entrenamiento para estudiantes de optometría y oftalmología,<sup>5,129</sup> lo que demuestra cómo la IA puede extender el alcance de la enseñanza en ciencias de la salud.

Por tanto, considerando que la integración de herramientas digitales, simuladores interactivos y modelos basados en IA ha mostrado efectos prometedores en la formación de profesionales sanitarios,<sup>5,12,58,145</sup> y ante los desafíos previamente señalados en la capacitación de profesionales para la adaptación de LC, resulta oportuno avanzar en el desarrollo de nuevas estrategias que fortalezcan la enseñanza en contactología. En este capítulo se desarrolla un e-simulador de interacción clínica en LC (denominado eSICLC), capaz de ofrecer una experiencia formativa más dinámica, accesible y alineada con las competencias requeridas en la formación en LC.





## 8.2. MATERIAL Y MÉTODO

El desarrollo del eSICLC se estructuró en tres fases metodológicas interrelacionadas, iniciando por el diseño pedagógico e instruccional planificado de la aplicación (1), seguido por la etapa de uso de la IA, tanto para la generación de casos clínicos simulados como para el desarrollo y validación de modelos predictivos (2) y, por último, la codificación programática y el desarrollo técnico (3). Cada una de estas fases, tal y como se muestra en la Figura 8.1, responde a funciones específicas dentro del proceso de construcción del eSICLC, integrando componentes educativos, clínicos y tecnológicos, para garantizar la coherencia entre los objetivos de formación académica y las funcionalidades de la aplicación, que se describen en detalle a continuación.

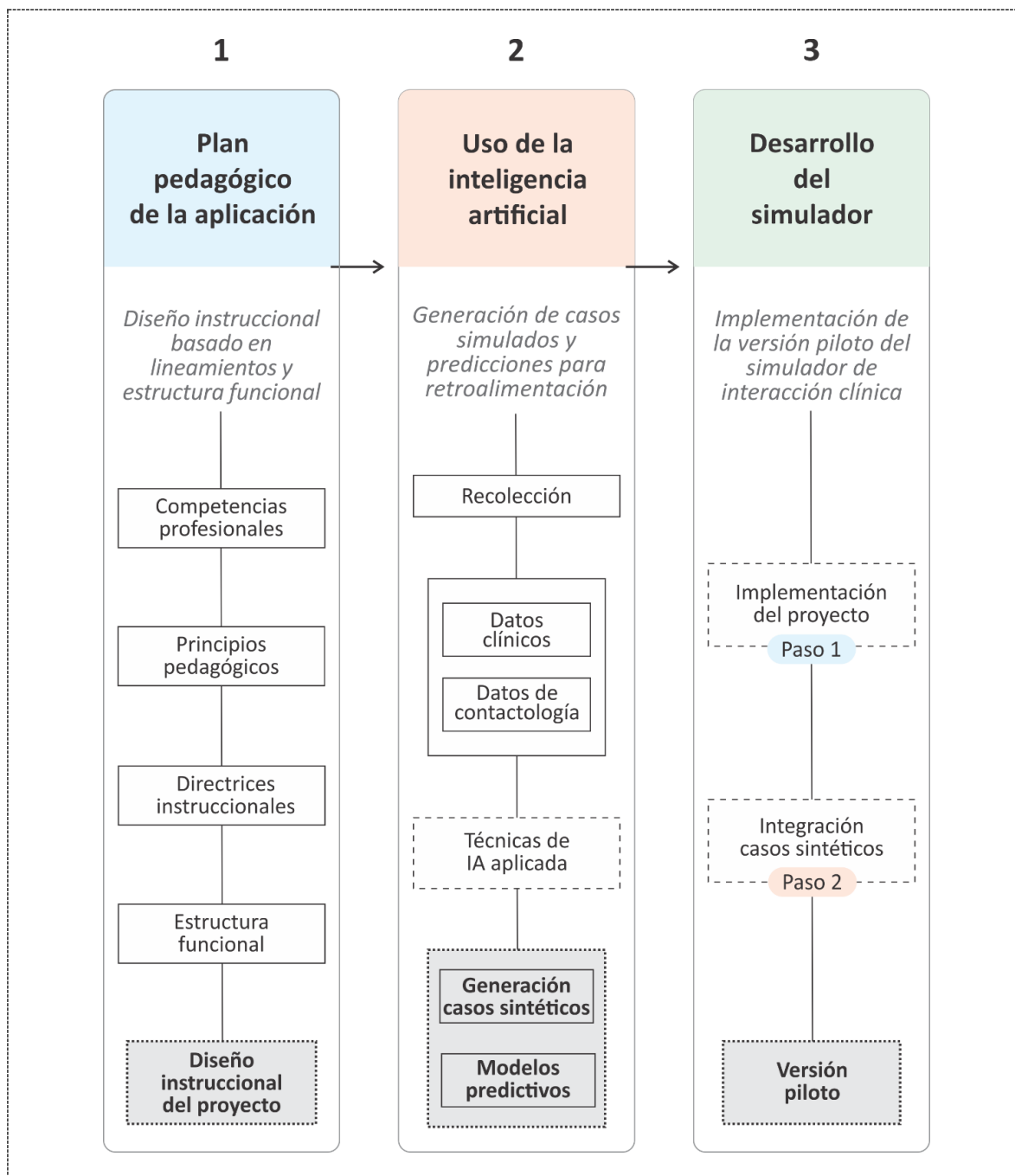
## 1-Diseño pedagógico de la aplicación

Con la finalidad de establecer las bases teóricas y funcionales que orientaran el desarrollo del simulador, esta etapa contempló las siguientes actividades:

- Identificación de competencias profesionales en LC: Se sistematizaron las principales habilidades y competencias requeridas para el ejercicio en contactología, con el fin de establecer los objetivos formativos del simulador.
- Formulación de los principios pedagógicos: A partir de las competencias identificadas, se definieron principios educativos orientadores, basados en enfoques centrados en el desarrollo de competencias clínicas.
- Definición de directrices instruccionales: Los principios pedagógicos fueron traducidos en funcionalidades y recursos del simulador, mediante una síntesis operacional que actuó como vínculo entre los objetivos pedagógicos y el diseño técnico de la aplicación.<sup>46</sup>
- Diseño de la estructura funcional: Finalmente, se definió una estructura funcional que organiza el flujo de uso de la aplicación.<sup>175</sup> Esta etapa se basó en el encadenamiento lógico de las acciones esperadas del estudiante.

Las dos primeras actividades se fundamentaron en una revisión de literatura especializada y un análisis exploratorio centrado en marcos teóricos de la educación en salud y enfoques pedagógicos aplicados a la formación en LC. A partir de este análisis, se realizaron propuestas de recursos y funcionalidades coherentes con los principios

identificados. En conjunto, estas cuatro actividades conforman el diseño instruccional del proyecto, sirviendo como guía para la implementación efectiva de las funcionalidades del simulador.



**Figura 8.1** Resumen de las etapas de la metodología aplicada para el desarrollo del eSICLC. Líneas punteadas (fondo gris): representan las salidas principales de cada fase; Líneas discontinuas: indican las etapas de codificación informática. IA = Inteligencia Artificial.

## **2- Uso de la IA**

Se han recopilado datos anonimizados en dos clínicas de Optometría en Brasil, cumpliendo con los principios éticos de la Declaración de Helsinki y con la aprobación del comité de ética de la Universidade do Contestado (Anexo A). La recolección se realizó de forma manual a partir de fichas clínicas físicas en papel, que fueron digitalizadas mediante su transcripción a planillas electrónicas. Se consideraron únicamente historias clínicas completas, registradas entre 2012 y 2021, y con el manejo clínico claramente identificado, sin la aplicación de un cálculo muestral formal. Así, la cantidad final de historias clínicas estuvo determinada por la calidad mínima de los datos registrados y por la disponibilidad logística y técnica para su adquisición y transcripción, respondiendo a las condiciones reales del entorno donde se desarrolló la recogida de los datos (Figura 8.2). Se recogieron datos de:

- Clínica Universitaria de Salud Visual (CUSV) del grado de Optometría de la Universidade do Contestado donde se recolectaron un total de 1125 exámenes optométricos (2250 ojos), no específicos de casos de LC. La muestra incluyó a 708 mujeres (63 %) y 417 hombres (37 %), con una edad media de  $35 \pm 20$  años. Dado el carácter universitario del centro, solo se incluyeron datos registrados por los profesores supervisores.
- Clínica privada de Optometría (CPO) se recolectaron un total de 353 exámenes específicos de LC (691 ojos). La muestra incluyó a 211 mujeres (60 %) y 142 hombres (40 %), con una edad media de  $37 \pm 16$  años.

Por último, los datos fueron modelados, verificando los valores inconsistentes o errores tipográficos, y segmentando en grupos específicos como datos generales, historia familiar, antecedentes personales, evaluación y manejo, con el objetivo de facilitar la aplicación de técnicas de IA en la etapa siguiente. La recolección y el modelado se realizaron utilizando los programas Excel y Access 365 (Microsoft Corporation, EE.UU., [microsoft.com/microsoft-365/](https://www.microsoft.com/microsoft-365/))

El uso de técnicas de IA en el simulador tuvo como objetivo principal la generación de casos clínicos simulados, es decir, casos basados en datos sintéticos creados a partir de los registros reales recopilados. Adicionalmente, se desarrollaron modelos predictivos capaces de anticipar, a partir de los datos clínicos de entrada, el manejo del paciente - en este caso, enfocado en la indicación de la LC más adecuada - con el propósito de apoyar la aplicación de las directrices educativas previamente definidas (Figura 8.2). Para esta etapa se emplearon las herramientas Orange Data Mining 3.32.0 (University of Ljubljana, Eslovenia, [orange.biolab.si](https://orange.biolab.si)) y Python 3.9.7 (Python Software Foundation, EE. UU., [python.org](https://python.org))

Las bases de datos pasaron por un proceso de preprocesamiento, un procedimiento estándar cuyo objetivo fue preparar los datos para la aplicación de algoritmos de IA. Se seleccionaron las variables relevantes de cada base, es decir, aquellas relacionadas con el proceso de adaptación de LC. También se realizó el tratamiento de variables categóricas y la exclusión de registros con campos vacíos, con el fin de garantizar la integridad y consistencia del conjunto de datos.

## Desarrollo de casos clínicos sintéticos

Fusión de bases: Las bases de datos fueron fusionadas para conformar una base más robusta y adecuada a las técnicas de IA, considerando que ambas aportaban contenidos complementarios: una con mayor volumen de registros, pero datos más generales (CUSV), y otra con información específica más alineada al propósito del simulador, aunque con una muestra más limitada (CPO).

Para completar los campos ausentes provenientes de la base de casos optométricos generales atendidos, especialmente aquellos relacionados con LC que no estaban disponibles en la recolección original, se aplicó el algoritmo *K-Nearest Neighbors* (KNN), que estima valores ausentes en función de la similitud con registros existentes, identificando los ‘vecinos’ más cercanos según las variables disponibles. Su aplicación resulta particularmente pertinente en contextos de bases complementarias, ya que facilita la inferencia de datos de manera coherente con los patrones reales observados.<sup>125,128</sup>

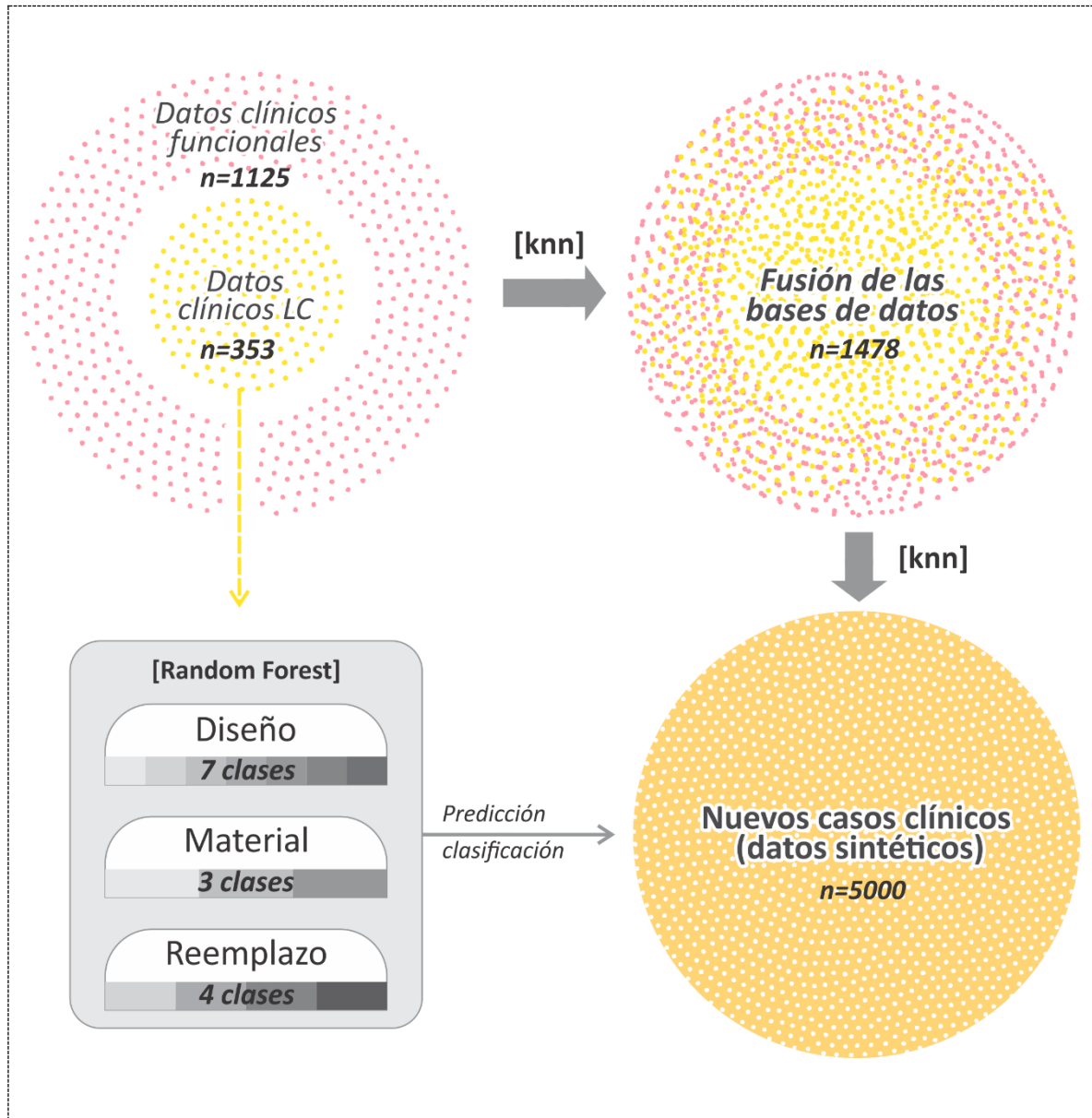
Generación de datos simulados: Una vez conformada la base fusionada, se volvió a aplicar el algoritmo KNN, esta vez con el objetivo de generar nuevos casos clínicos simulados. La base completa sirvió como modelo para que la IA produjera registros totalmente ficticios, replicando la lógica de distribución observada en los datos reales. Además, para asegurar que los casos generados presentaran no solo similitud estadística, sino también coherencia clínica básica, se aplicaron controles adicionales sobre las variables generadas, tales como:

- *Adecuación de variables numéricas y binarias:* las variables numéricas (como la edad) se redondearon a números enteros, y las variables binarias (valores 0 o 1, anteriormente categóricas) se ajustaron manualmente mediante redondeo.
- *Variables relacionadas con el eje del cilindro:* cuando el valor era negativo, el cilindro se asignaba como 0 (sin astigmatismo).
- *Adiciones ópticas:* Se limitaron al rango de 0 a 3 dioptrías, con verificación de proporcionalidad respecto a la edad.
- *Valores dióptricos:* redondeados a múltiplos de 0,25 D.
- *Campos de medidas:* se redondearon a un decimal o según el formato esperado para cada campo.

### Modelos predictivos

Se definieron como salidas predictoras los campos relacionados con el manejo clínico final, es decir, la indicación del diseño, material y reemplazo de la lente. Para este propósito, se utilizaron únicamente los datos preprocesados de la base de datos de la CPO, dado que solo esta contenía los campos específicos orientados a la adaptación de LC.

*Entrenamiento, validación y generación del modelo:* Una vez seleccionadas las variables clínicas utilizadas como entradas predictoras, se procedió al entrenamiento y a la construcción del modelo de clasificación mediante la aplicación del algoritmo *Random Forest* - que emplea múltiples árboles de decisión -, con validación cruzada de cinco particiones. El desempeño del modelo fue evaluado utilizando métricas de rendimiento pertinentes.<sup>127,147</sup>



**Figura 8.2** Esquema de la aplicación de IA a bases de datos recopiladas para la generación de casos sintéticos. Los círculos resumen la generación de casos clínicos sintéticos. El rectángulo de fondo gris resume la generación de modelos predictivos vinculados a la gestión de casos.

### 3-Desarrollo técnico del simulador

La etapa final se centró en transformar el diseño instruccional del proyecto, integrando los casos clínicos simulados en una aplicación web funcional. Se codificaron los recursos planificados utilizando en el lado



---

del servidor ASP.NET con Visual Basic (Microsoft, EE. UU., [learn.microsoft.com/dotnet/visual-basic](http://learn.microsoft.com/dotnet/visual-basic)), con acceso a la base de datos de casos clínicos generados en Access, y en el lado del cliente, tecnologías como HTML y JavaScript (jQuery) (OpenJS Foundation, EE. UU., [jquery.com](http://jquery.com)).

Finalmente, se desarrolló una versión piloto de una aplicación web adaptable a diferentes dispositivos, alojada en Locaweb (Locaweb Servicios de Internet S/A, Brasil, [locaweb.com.br](http://locaweb.com.br)) con protección SSL (Protocolo de Capa de Conexión Segura), lo que garantiza un acceso seguro para los usuarios y deja la aplicación preparada para la realización de la prueba de concepto (Capítulo 9). Cabe destacar que las etapas relacionadas con el desarrollo programático, incluida la aplicación de técnicas de IA y la implementación de la solución digital, fueron llevadas a cabo con el apoyo de un miembro del equipo de investigación con experiencia en esta área.





## 8.3. RESULTADOS

Para facilitar la comprensión de los productos obtenidos, dada la extensión y segmentación metodológica del capítulo, en esta sección se presentan los resultados organizados conforme las tres etapas principales del desarrollo del simulador.

### **1-Diseño pedagógico de la aplicación**

El diseño pedagógico del eSICLC se apoyó en una categorización estructurada de habilidades profesionales relevantes para la atención en LC,<sup>21,22,150,176</sup> agrupadas en seis competencias formativas clave, inferidas a partir de marcos generales de educación en salud y pedagogía por competencias.<sup>5,8,11,22,39,63,71,100,167,170-173,177-180</sup> Esta síntesis se presentan en la Tabla 8.1, donde se destacan habilidades como la aplicación del razonamiento clínico en situaciones de atención, vinculada a la competencia de habilidades clínicas y razonamiento diagnóstico; el uso de métodos activos de aprendizaje y la reflexión sobre la práctica propia, asociadas a la competencia de desarrollo

profesional continuo y reflexivo; así como la participación en simulaciones clínicas, enmarcada en la competencia de integración entre teoría y práctica.

**Tabla 8.1** Resumen de habilidades profesionales en LC y sus respectivas competencias base. IDh e IDc resumen los códigos asignados para identificar habilidades (H) y competencias (C), respectivamente.

<i>IDh</i>	Habilidad profesional en LC	<i>IDc</i>	Competencias clave
H1	Comprensión de la anatomía y fisiología ocular	<b>C1</b>	<b>Conocimiento disciplinar y científico</b>
H2	Conocimiento de los materiales y tipos de LC		
H3	Evaluación de indicaciones y contraindicaciones		
H4	Realización de pruebas de adaptación	<b>C2</b>	<b>Habilidades clínicas y razonamiento diagnóstico</b>
H5	Ajuste individualizado de LC		
H6	Monitoreo del uso y manejo de complicaciones		
H7	Aplicación del razonamiento clínico		
H8	Educación al paciente	<b>C3</b>	<b>Comunicación y educación sanitaria</b>
H9	Comunicación efectiva con el paciente		
H10	Uso de métodos activos de aprendizaje	<b>C4</b>	<b>Aprendizaje autónomo y aprendizaje basado en competencias</b>
H11	Integración entre teoría y práctica		
H12	Retroalimentación formativa y IA como apoyo	<b>C5</b>	<b>Uso crítico de tecnologías digitales en educación y práctica clínica</b>
H13	Participación en simulaciones clínicas		
H14	Acceso autónomo a contenidos digitales		
H15	Participación en formación continua	<b>C6</b>	<b>Desarrollo profesional continuo y reflexivo</b>
H16	Revisión de literatura científica y actualización		
H17	Reflexión sobre la práctica propia		

Esta combinación de fundamentos permitió construir una base educativa (Tabla 8.2) alineada con las necesidades formativas de los profesionales en LC, sintetizada en siete principios fundamentales, organizados para orientar tanto el desarrollo funcional como la interacción esperada en el simulador. Entre estos, destaca la priorización del razonamiento clínico como eje central (P1), permitiendo al usuario interactuar con casos simulados de forma libre, así como la

oferta de retroalimentación (P5), destinada a estimular la autorreflexión crítica sobre las decisiones tomadas. La promoción de la autonomía del usuario (P4) y el estímulo a la motivación (P6) mediante estrategias de gamificación (uso de dinámicas y elementos de juego para fomentar el compromiso y el aprendizaje) también fueron aspectos estratégicamente integrados.<sup>147</sup>

A partir de los principios educativos definidos, se llevó a cabo un análisis orientado a traducir los fundamentos teóricos en criterios operativos, priorizando la funcionalidad y la aplicabilidad práctica en el contexto de un simulador clínico educativo.<sup>46</sup> Para facilitar la planificación y la posterior implementación técnica, los recursos fueron organizados en cuatro categorías operativas: navegación (elementos que permiten el desplazamiento y control del entorno simulado, con cuatro recursos propuestos), interacción (componentes que estimulan la participación activa del usuario, con tres recursos), comunicación (recursos destinados a informar y orientar la experiencia de uso, con dos recursos) y simulación (elementos que representan o reproducen dinámicas clínicas, con cinco recursos).

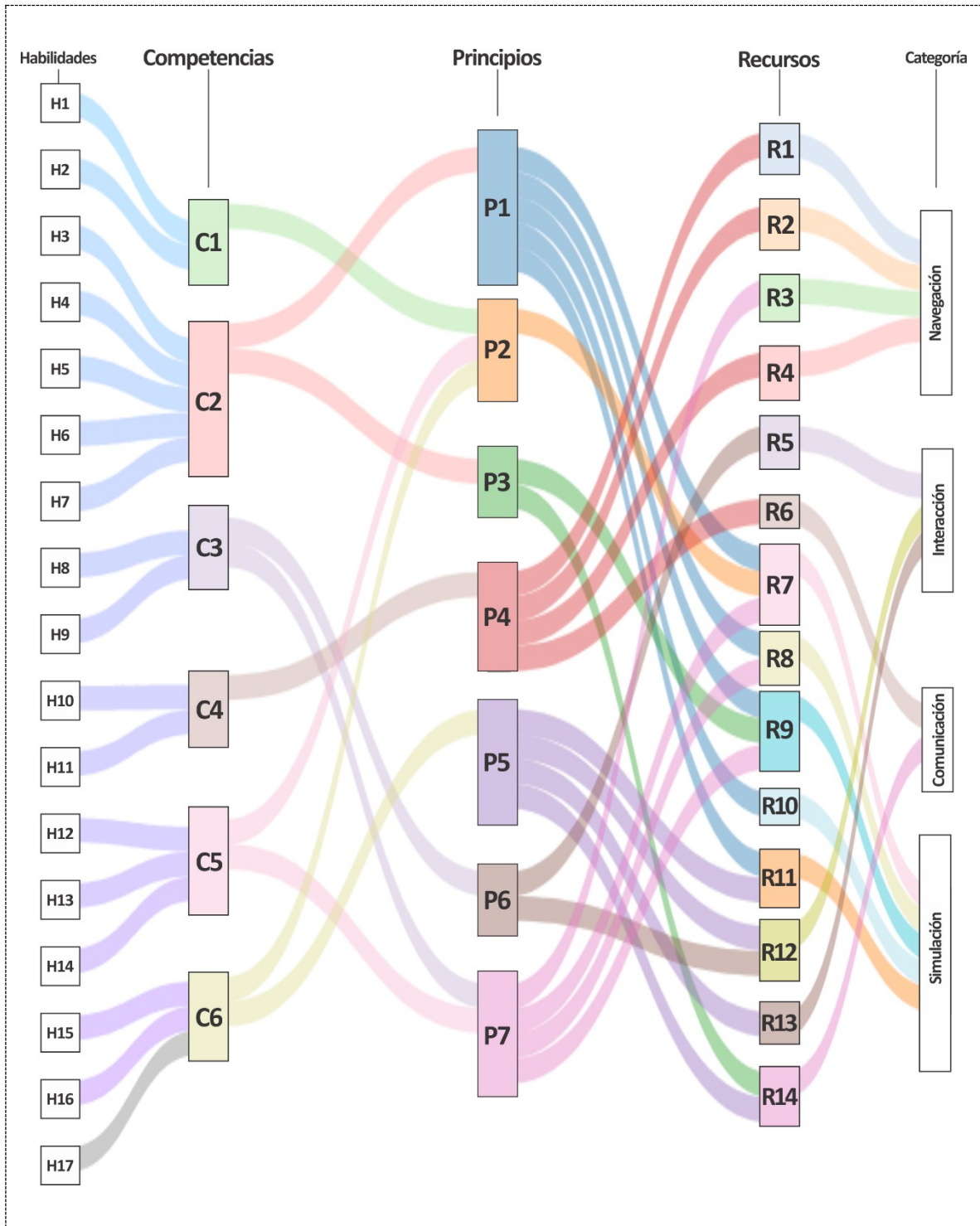
El análisis resultó en la idealización de 14 recursos funcionales, donde cada uno fue asociado a uno o más de los principios educativos definidos, asegurando su alineación pedagógica y su contribución al logro de las competencias formativas esperadas (Tabla 8.3). La Figura 8.3, representa gráficamente la correspondencia entre los componentes proyectados y las directrices educativas que les dieron origen para facilitar la visualización de la interrelación entre recursos, principios y competencias.

**Tabla 8.2** Principios pedagógicos considerados en el diseño del eSICLC. IDp representa el código asignado para identificar principios. P=principio pedagógico; C= Competencia

<i>IDp</i>	<b>Principio</b>	<b>Competencia asociada (Tabla 8.1)</b>
<b>P1</b>	<b>Favorecer el desarrollo del razonamiento clínico</b>	<b>C2</b> <i>Fomentar el pensamiento clínico y la toma de decisiones basadas en evidencia.</i>
<b>P2</b>	<b>Ampliar el acceso a recursos que apoyen la enseñanza de LC</b>	<b>C1 - C5 - C6</b> <i>Acceso continuo a contenidos y revisión independiente.</i>
<b>P3</b>	<b>Apoyar la construcción de la lógica y la toma de decisiones</b>	<b>C2</b> <i>Comprensión del razonamiento clínico y de la secuencia lógica de la atención.</i>
<b>P4</b>	<b>Favorecer el aprendizaje autónomo</b>	<b>C4</b> <i>Estimular un aprendizaje activo, autorregulado y centrado en el usuario.</i>
<b>P5</b>	<b>Ofrecer retroalimentación inmediata comparativa</b>	<b>C6</b> <i>Promover la autorreflexión mediante retroalimentación formativa y personalizada.</i>
<b>P6</b>	<b>Estimular el compromiso a través de la gamificación</b>	<b>C3</b> <i>Fomentar la motivación, la participación activa y la adherencia al aprendizaje mediante dinámicas lúdicas.</i>
<b>P7</b>	<b>Promover la multimodalidad de contenidos</b>	<b>C3 - C5</b> <i>Uso de múltiples formatos (texto, imagen...) que favorecen la comprensión y accesibilidad.</i>

**Tabla 8.3** Recursos proyectados para el eSICLC. IDr representa los códigos asignados para identificar recursos. R=Recursos; P=Principio pedagógico.

<i>IDr</i>	<b>Recurso proyectado</b>	<i>Categoría</i>	<b>Principio asociado (Tabla 8.2)</b>
<b>R1</b>	Menú de presentación del simulador	<b><i>Navegación</i></b>	P4
<b>R2</b>	Selección/personalización del tipo de simulación	<b><i>Navegación</i></b>	P4
<b>R3</b>	Traducción automática de la interfaz (PT, ES, EN)	<b><i>Navegación</i></b>	P7
<b>R4</b>	Botones de control para “nuevo paciente” y “salir del consultorio”, incluyendo salida forzada de la simulación	<b><i>Navegación</i></b>	P4
<b>R5</b>	Animación previa de entrada al escenario clínico, con figura caminando hacia la consulta	<b><i>Interacción</i></b>	P6
<b>R6</b>	Tutorial de uso, con apertura automática en el primer acceso y acceso permanente vía botón	<b><i>Comunicación</i></b>	P4
<b>R7</b>	Personalización del paciente simulado (nombre, edad, sexo, nacionalidad y foto) sincronizada con el caso clínico	<b><i>Simulación</i></b>	P1 - P2 - P7
<b>R8</b>	Línea de tiempo del caso clínico, con registro cronológico de los exámenes y preguntas realizadas	<b><i>Simulación</i></b>	P1 – P7
<b>R9</b>	Panel de exámenes con íconos, presentados en orden aleatorio	<b><i>Simulación</i></b>	P1 - P3 - P7
<b>R10</b>	Panel de anamnesis – estilo <i>chatbot</i> ((interfaz que simula conversaciones)	<b><i>Simulación</i></b>	P1
<b>R11</b>	Finalización de la atención con preguntas clínicas tipo test, con múltiples opciones de respuesta	<b><i>Simulación</i></b>	P1 - P5
<b>R12</b>	Evaluación automática con nota y medallas	<b><i>Interacción</i></b>	P5 - P6
<b>R13</b>	Retroalimentación basada en IA, comparando el desempeño del usuario con modelos predictivos	<b><i>Interacción</i></b>	P5
<b>R14</b>	Mensajes explicativos sobre las limitaciones del sistema en esta versión piloto	<b><i>Comunicación</i></b>	P3 - P5



**Figura 8.3** Esquema de relaciones (representado por sus códigos de identificación asignados) creado para el diseño instruccional del eSICLC. Las columnas de habilidades y competencias se describen en la Tabla 8.1; Los principios de las columnas se describen en la Tabla 8.2, la columna de recursos y categoría se describen en la Tabla 8.3.



Entre los recursos diseñados se pueden destacar ejemplos representativos que ilustran la diversidad de estrategias consideradas para promover una experiencia de aprendizaje activa y centrada en el estudiante. En el grupo de comunicación, la *implementación de un tutorial de uso* (R6) facilita la comprensión inicial y el manejo eficiente del simulador, apoyando la construcción lógica de los pasos simulados clínicos al ofrecer orientaciones claras y obligatorio en el primer acceso. En el área de simulación, el *panel de exámenes con íconos presentados de manera aleatoria* (R9) estimula el razonamiento clínico al requerir que el estudiante se organice mentalmente y priorice la solicitud de exámenes, sin depender de un orden preestablecido. En el ámbito de interacción, la *evaluación automática con nota y medallas* (R12) ofrece retroalimentación inmediata y comparativa sobre el desempeño, fortaleciendo la autorreflexión crítica y consolidando el aprendizaje mediante estrategias de gamificación y refuerzo positivo.<sup>22</sup>

Finalizando esta etapa y completando el proyecto instruccional del eSICLC, se diseñó la estructura funcional base de la aplicación, sintetizada en el diagrama de flujo presentado en la Figura 8.4. Esta estructura propone organizar la secuencia de acciones y pantallas de manera que abarquen todas las funcionalidades previamente definidas, buscando representar una lógica adecuada de interacciones que simule un proceso clínico de atención en contactología. Cabe destacar que un diseño instruccional estructurado y fundamentado resulta esencial en la creación de herramientas educativas tecnológicas, ya que garantiza la coherencia entre los objetivos pedagógicos y las funcionalidades implementadas, favoreciendo así la efectividad del aprendizaje en entornos virtuales.<sup>46</sup>

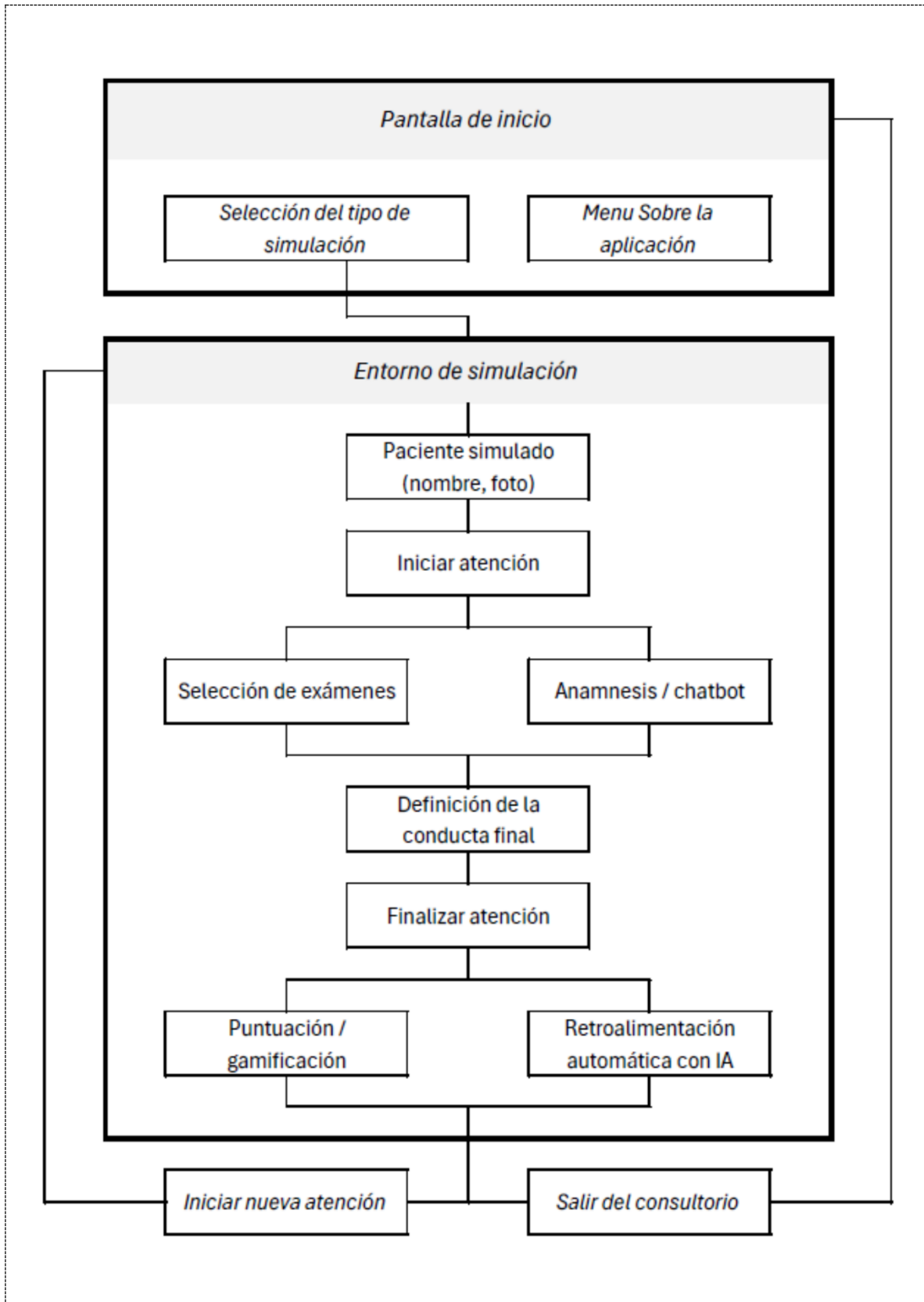


Figura 8.4 Diseño del diagrama de flujo base del eSICLC.

## 2- Uso de la IA

### Desarrollo de casos clínicos sintéticos

A partir del modelado y la fusión de los datos clínicos obtenidos en las dos clínicas optométricas participantes (CUSV y CPO), se construyó un conjunto de datos ampliado y estandarizado. Utilizando técnicas de IA, se procedió a la generación de casos clínicos sintéticos, preservando tanto la lógica estadística como las características clínicas observadas en los registros originales. La Tabla 8.4 presenta las variables seleccionadas, priorizando aquellas potencialmente útiles dentro del simulador propuesto, totalizando 57 variables provenientes de la base específica de LC y 22 variables comunes procedentes de la base de atenciones optométricas generales. Aplicando los algoritmos de KNN se generaron 5000 casos clínicos sintéticos, observándose que las proporciones entre las variables se mantuvieron estables tras la generación de los datos simulados, asegurando así la consistencia clínica y estadística necesaria para su aplicación en el entorno simulado.

Cabe señalar que el número de casos generados fue arbitrario, definido exclusivamente para el desarrollo de la versión piloto. Esta generación se realizó en un entorno de pruebas (ambiente programático), con una velocidad promedio de 20 casos por segundo, lo que permite su ampliación a la cantidad necesaria en un tiempo de ejecución reducido.

**Tabla 8.4** Comparación de variables entre las bases real y sintética. En azul: campos comunes con la base de datos general. En verde: campos utilizados como entradas predictoras para el entrenamiento de los modelos de clasificación. Debajo de la línea roja: variables de salida de las predicciones y sus respectivas opciones. DE = Desviación estándar; H = Hombre; M = Mujer; ESF = Esfera; CIL = Cilindro; AV = Agudeza Visual; BUT = Break-up Time; DHVI = Diámetro Horizontal Visible del Iris; K1 = Curvatura corneal más plana; K2 = Curvatura corneal más curva. R= Reemplazo, M= Material y D= Diseño. \*P<0,05 al comparar los datos originales con los sintéticos.

		Fusión de bases de datos		Datos sintéticos		Predictor (Manejo)
		Promedio	DE	Promedio	DE	
Datos generales	<i>Género (H / M)</i>	36% / 64%	48,09%	37% / 63%	26,78%	-
	<i>Edad</i>	34,4	19,4	34,3	19,0	D,M,R
	<i>Prescripción ESF</i>	0,6	1,3	0,5	0,7	D,M,R
	<i>*Prescripción CIL</i>	-0,4	0,6	-0,4	0,4	D,M,R
	<i>Prescripción EJE</i>	41,4	57,9	41,6	57,9	D,M,R
	<i>Prescripción ADICIÓN</i>	0,7	1,0	0,7	0,9	D,M,R
Historia familiar	<i>Diabetes</i>	1,8%	13,5%	1,4%	5,5%	-
	<i>Hipertensión arterial</i>	37,8%	48,5%	38,6%	27,0%	-
	<i>Glaucoma</i>	1,4%	11,6%	1,2%	5,4%	-
	<i>Miopía</i>	0,3%	5,4%	0,3%	3,2%	-
Antecedentes personales	<i>Fotofobia</i>	24,8%	43,2%	23,4%	21,9%	M,R
	Cirugía refractiva	3,6%	10,8%	3,7%	8,8%	M,R
	Queratocono	9,7%	15,1%	9,9%	11,5%	D,M,R
	Otros problemas en la córnea	9,1%	15,7%	9,5%	12,8%	D,M,R
	<i>Alergia</i>	8,6%	28,0%	8,0%	14,5%	M,R
	<i>Alteraciones en la piel</i>	0,3%	5,4%	0,3%	3,0%	M,R
	Ojo seco	11,3%	17,7%	11,3%	14,1%	M,R
	Catarata	11,3%	17,5%	11,3%	14,0%	-
	Vitaminas	4,6%	11,2%	4,7%	9,0%	-
	Exceso de computadora	8,8%	14,2%	8,7%	10,4%	D,M,R
	Hipertensión arterial	14,1%	18,5%	14,4%	15,4%	-
	Diabetes	3,4%	9,5%	3,1%	6,8%	-
	Uso de lágrimas artificiales	20,0%	22,0%	19,8%	17,0%	M,R
	Uso de lentes de contacto	31,0%	23,7%	31,0%	17,6%	M,R
	Uso de anticonceptivos	20,4%	23,4%	20,5%	18,9%	M,R
	Medicamento ansiolítico	5,2%	11,3%	5,4%	9,0%	-
<i>Medicamento para diabetes</i>	2,9%	16,8%	2,7%	8,4%	-	
<i>Medicamento para hipertensión</i>	17,9%	38,3%	17,7%	25,9%	-	

<b>Evaluación</b>	<i>Medicamento para tiroides</i>	2,9%	16,8%	2,6%	8,4%	-
	Medicamento para colesterol	2,6%	10,9%	2,8%	9,9%	-
	Medicamento dermatológico	1,8%	7,2%	1,9%	5,6%	-
	<i>Queratometría K1</i>	42,4	1,5	42,4	1,0	D,M,R
	<i>Queratometría K2</i>	43,5	9,9	43,3	2,9	D,M,R
	<i>Eje de la queratometría</i>	46,2	67,1	46,3	67,5	-
	<i>*Evaluación de la córnea</i>	0,5	0,7	0,4	0,4	M,R
	<i>Evaluación de la conjuntiva</i>	1,7	1,1	1,7	0,7	M,R
	<i>Evaluación de los párpados</i>	1,1	1,1	1,1	0,7	-
	Evaluación de la esclera	0,1	0,1	0,1	0,1	-
	AV Lejos con corrección	0,8	0,2	0,8	0,1	-
	AV Cerca con corrección	0,8	0,2	0,8	0,1	-
	Prueba de prisma lagrimal	1,8	0,2	1,8	0,1	M,R
	Medición BUT	8,4	0,8	8,4	0,6	M,R
	Test de Schirmer	16,8	2,5	16,7	1,9	M,R
	Eversión palpebral	0,1	0,2	0,1	0,1	-
	Abertura palpebral	10,9	0,3	10,9	0,2	-
	Diámetro pupilar	4,6	0,5	4,6	0,4	-
	Medida DHVI	11,4	0,3	11,4	0,2	-

<b>Manejo</b>	<b>Reemplazo (R)</b>	4 opciones	<i>Anual</i> 57,6%	<i>Mensual</i> 35,0%	<i>Quincenal</i> 5,8%	<i>Diario</i> 1,6%		
	<b>Material (M)</b>	3 opciones	<i>GLC hidrofílica</i> 35,0%	<i>LC Permeable a los gases</i> 34,2%	<i>LC hidrogel de silicona</i> 30,9%			
	<b>Diseño (D)</b>	7 opciones	<i>Esférica</i> 41,2%	<i>Asférica</i> 23,9%	<i>Tórica</i> 17,7%	<i>Multifocal</i> 9,9%	<i>Queratocono</i> 3,3%	<i>Monovisión</i> 2,9%

Los resultados demuestran un equilibrio general entre los casos generados y los reales. Por ejemplo, destaca que la media del error esférico en la base real fue de +0,6 dioptrías, mientras que en los datos sintéticos fue de +0,5 dioptrías, manteniéndose así el perfil refractivo de los pacientes. En relación a la queja de ojo seco, la prevalencia registrada se mantuvo en 11,3 % tanto en los casos reales como en los simulados. En cuanto a la evaluación de la curvatura corneal, las medias de K1 (curvatura más plana) fueron

de 42,4 dioptrías en la base original y de 42,4 dioptrías en los datos sintéticos; mientras que los valores de K2 (curvatura más curva) fueron de 43,5 dioptrías y 43,3 dioptrías, respectivamente. En pruebas específicas, como el *Test de Schirmer*, utilizado como indicador de la producción lagrimal, se observó una media de 16,8 mm en los datos reales y de 16,7 mm en los datos generados, representando una adecuada preservación de las características clínicas esenciales.

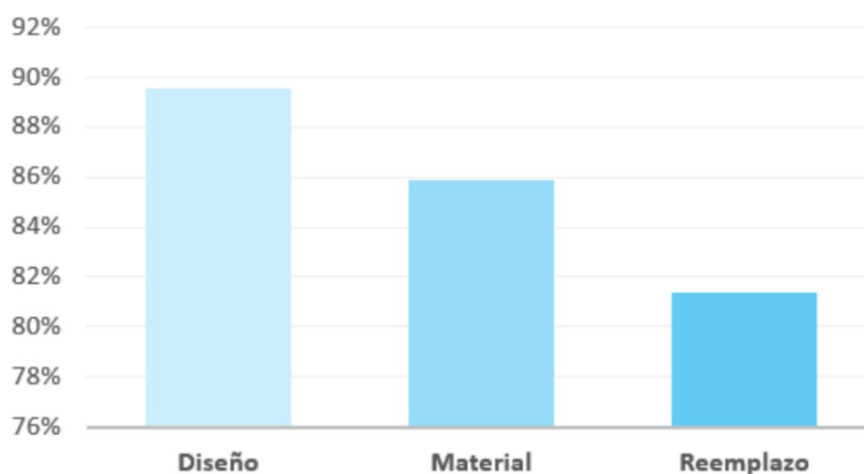
### Modelos Predictivos

A partir de los datos reales atendidos específicamente en LC (CPO), se construyeron tres modelos independientes, con el objetivo de predecir el manejo clínico final de los casos simulados, cada uno orientado a una tarea de clasificación multiclase: clasificar el reemplazo de la LC (con 4 opciones de salida), el material de la lente (con 3 opciones de salida) y su diseño (con 7 opciones de salida). Como predictores de entrada, se seleccionaron datos clínicos que, potencialmente, podrían influir en el manejo final, totalizando 22 características utilizadas para las predicciones de reemplazo y material, y 10 características para el diseño (Tabla 8.4). Las categorías de salida utilizadas en el entrenamiento de los modelos presentaron una distribución no uniforme, concentrándose la mayoría de los casos en lentes de reemplazo anual (57,6 %) y diseños esféricos (41,2 %), reflejando la distribución clínica observada en los datos reales.

La Figura 8.5 presenta las métricas de desempeño obtenidas, donde la precisión fue superior al 80 % en todas las salidas de predicción, mientras que la exactitud (*accuracy*) se situó en torno al

85 %. En modelos de clasificación, la precisión (*precision*) se refiere a la proporción de predicciones positivas correctas respecto al total de predicciones positivas, mientras que la exactitud indica el porcentaje de predicciones correctas en relación con el total de casos evaluados.<sup>29</sup> Entre los modelos desarrollados, la predicción del diseño de la LC mostró el mejor desempeño (89,5 %), mientras que la predicción del reemplazo presentó el desempeño más modesto, con una exactitud de 81,4 %.

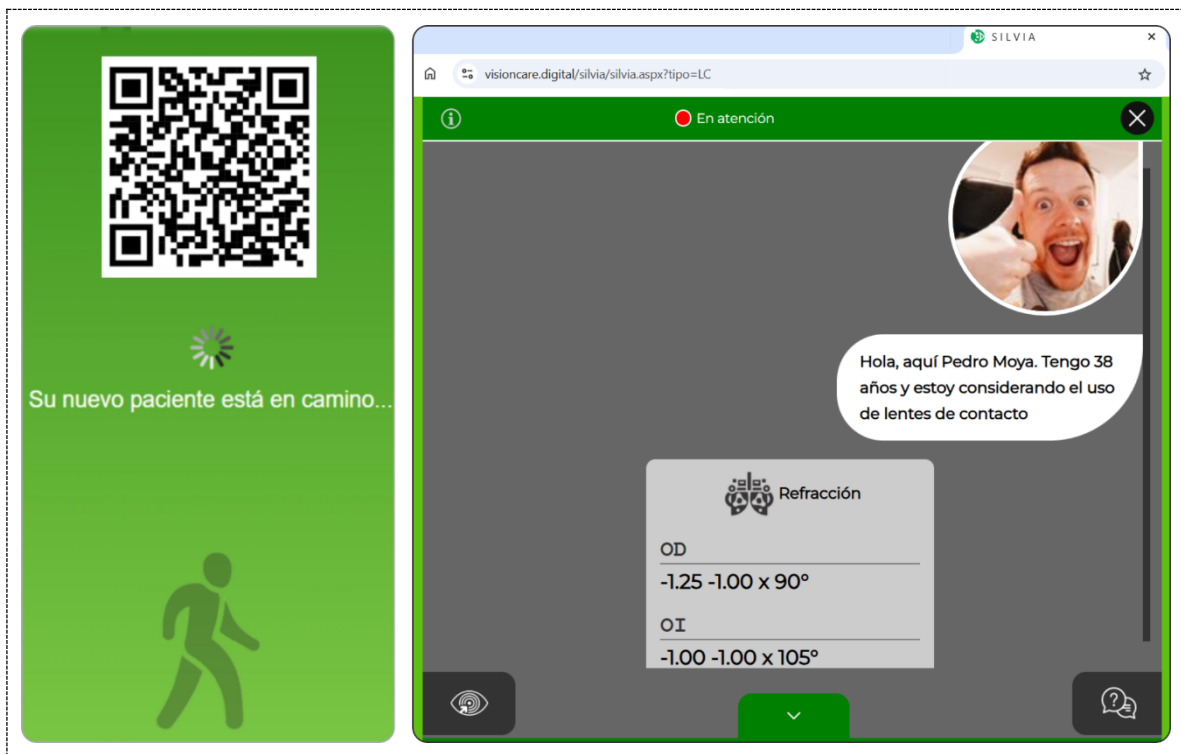
Modelo	Exactitud	Valor F1	Precisión	Sensibilidad	Área bajo la curva (AUC)
Diseño	89,54%	87,70%	86,83%	89,54%	97,96%
Material	85,90%	86,01%	86,19%	85,90%	94,96%
Reemplazo	81,36%	80,06%	80,61%	81,36%	90,04%



**Figura 8.5** Métricas de desempeño de los modelos predictivos de clasificación de manejo de LC. Abajo (Gráfico): Comparación de exactitud entre los modelos IA.

### 3-Desarrollo técnico del simulador

Se desarrolló una aplicación virtual (denominada SILVIA, *Simulator for Interactive Learning in Visual Assistance*) como aplicación web funcional que se adapta a diferentes dispositivos y tamaños de pantalla, y se encuentra disponible en tres idiomas (español, portugués e inglés) en el sitio web <https://visioncare.digital/silvia> (Figura 8.6). Todo el proceso de implementación respetó el diseño instruccional previamente definido, integrando técnicas de IA para la generación de casos clínicos sintéticos. SILVIA permite, de esta forma, ofrecer escenarios de simulación de interacción clínica, diversificados y adaptados a los objetivos educativos en el área de LC.



**Figura 8.6** Presentación general del simulador virtual desarrollado. Izquierda: Acceso a SILVIA a través de QR code. Derecha: visualización de la aplicación en formato *desktop*, destacando su carácter responsivo.



### *Presentación general de SILVIA*

El usuario accede inicialmente a una página de inicio (Figura 8.7), donde puede seleccionar el tipo de simulación y consultar el menú informativo "Sobre", que proporciona una breve introducción al propósito educativo del simulador. Esta etapa inicial incluye un sistema de solicitud de autorización para el almacenamiento de cookies, obligatorio para el uso de la aplicación, aunque limitado exclusivamente a la gestión de datos elementales de control interno. De forma automática en el primer acceso, se despliega una ventana de instrucciones de uso (Figura 8.8), que guía al usuario sobre las funcionalidades principales y presenta la opción de salida forzada, permitiendo interrumpir el proceso de simulación en cualquier momento si así lo desea.

La tecla de inicio de la simulación (Figura 8.9) presenta al paciente simulado, incluyendo una imagen facial y un nombre generados dinámicamente a través de una API externa de IA. Este recurso busca reforzar la sensación de realismo, integrando edad, sexo y nacionalidad del paciente en coherencia con el idioma de navegación seleccionado y caso clínico simulado. El desarrollo de la consulta se organiza en un formato de *feed* (flujo de actualizaciones secuenciales en una interfaz digital), donde las acciones realizadas - como la solicitud de exámenes y la ejecución de la anamnesis - se integran de manera progresiva, simulando la dinámica real de un flujo de atención hasta alcanzar la fase de definición de conducta clínica.

El proceso de simulación avanza hacia la etapa de exploración clínica mediante el panel de selección de exámenes (Figura 8.10) y el *chatbot* de anamnesis (Figura 8.11). El panel de exámenes presenta las

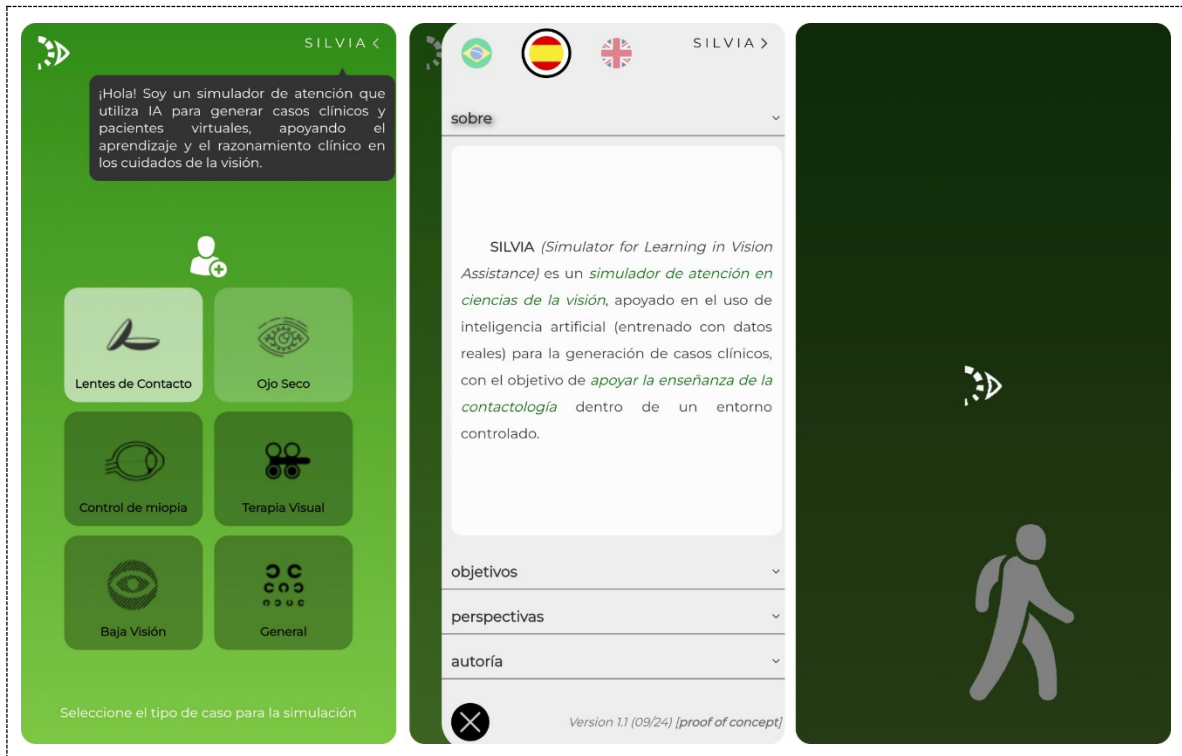
opciones disponibles en un orden aleatorio, diseñado intencionadamente conforme al esquema instruccional, para estimular la toma de decisiones basada en el razonamiento clínico y evitar la memorización mecánica de secuencias. En paralelo, el *chatbot* de anamnesis permite al usuario hacer una pregunta tecleando un mínimo de tres letras, tras lo cual se despliegan las preguntas existentes para el caso en cuestión. Esta estrategia favorece el aprendizaje activo y autónomo, al estimular al usuario a identificar y formular interrogantes relevantes para la resolución del caso.

Una vez que el participante considera haber recopilado la información suficiente, puede acceder, mediante un botón en la parte inferior de la pantalla, a la fase de definición del manejo clínico. La siguiente etapa está representada por la pantalla de definición de conducta (Figura 8.12), donde el usuario debe responder a las preguntas planteadas en formato de *quiz* (preguntas breves con opciones de respuesta). Cada pregunta ofrece opciones de respuesta relacionadas con la indicación del diseño, el material y el reemplazo de la LC, alineadas con los modelos de manejo previamente entrenados mediante IA. Antes de finalizar el caso, el participante tiene la posibilidad de revisar o modificar sus respuestas; sin embargo, una vez enviada la decisión final, el caso se cierra y no se permite la edición.

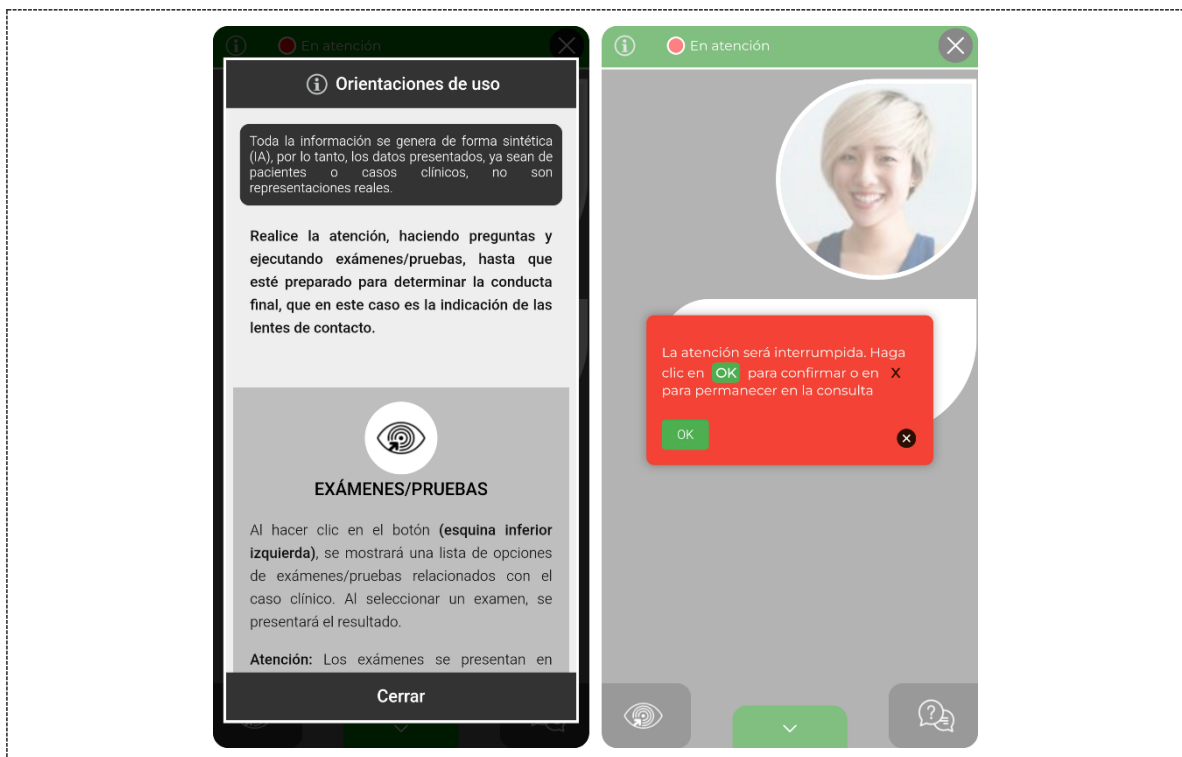
Tras la finalización del manejo clínico, el simulador proporciona un *feedback* (retroalimentación) automático al usuario (Figura 8.13), combinando elementos de información educativa y estrategias de gamificación. Se presenta una nota general basada en la media ponderada de las evaluaciones de cada aspecto del manejo (material, diseño, reemplazo y secuencia clínica), fundamentada en criterios

definidos mediante IA para las tres primeras dimensiones. Además, se detallan las puntuaciones específicas de cada componente, acompañadas de mensajes explicativos que orientan al usuario sobre sus aciertos y áreas de mejora. Cabe señalar que, en todas las pantallas de *feedback*, se incluye una advertencia explícita aclarando que las predicciones generadas no son definitivas y pueden estar sujetas a errores, recomendándose la consulta con un profesor para interpretaciones más detalladas. También se informa que, en esta versión piloto, los resultados de los casos simulados no son almacenados ni enviados automáticamente al instructor, aunque esta funcionalidad se considera viable para desarrollos futuros.

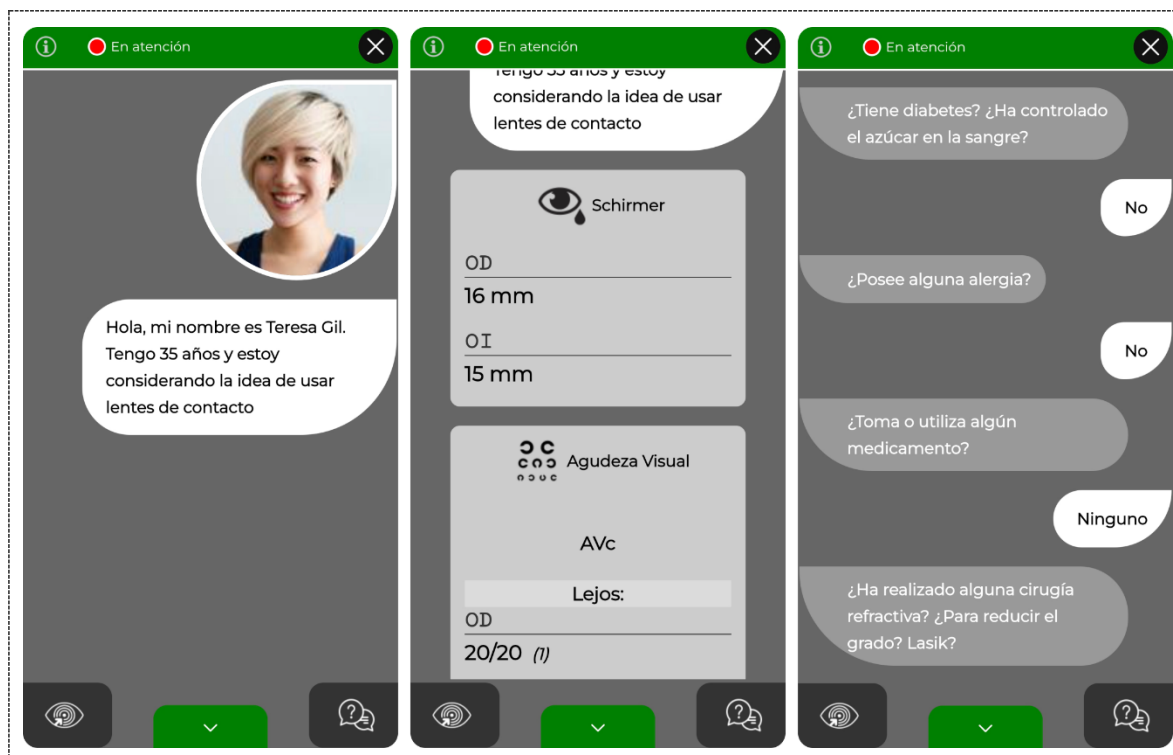
Adicionalmente, se proporciona una explicación detallada del proceso de evaluación (Figura 8.14). Para las decisiones clínicas - diseño, material y reemplazo de lentes - se aplica una fórmula proporcional que considera la diferencia entre la probabilidad asignada a la mejor respuesta predicha por la IA y la probabilidad correspondiente a la respuesta elegida por el usuario, generando así una puntuación escalonada que refleja el razonamiento clínico. En cuanto a la secuencia de exámenes realizados, el sistema utiliza un esquema basado en un orden propuesto como estándar de exploraciones clínicas, definido por los autores, designando pesos diferenciados según la importancia de cada prueba y tolerando pequeñas desviaciones en el orden. La puntuación final combina el porcentaje de exámenes efectivamente realizados con la secuencia lógica sugerida, buscando no sólo valorar el resultado final, sino también fomentar la reflexión crítica sobre el proceso de atención clínica seguido durante la simulación.



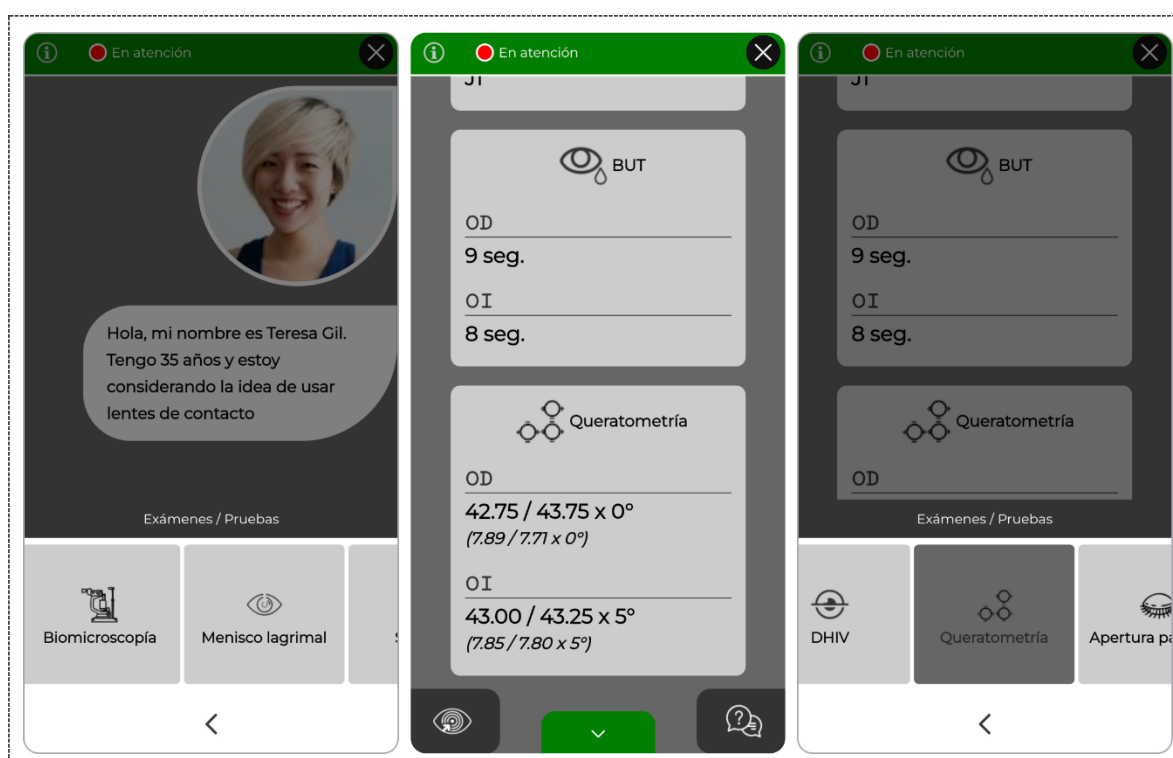
**Figura 8.7** Pantalla de inicio aplicación SILVIA: izquierda: página inicial, centro: menú "Sobre" y derecha: selección de tipo de simulación para iniciar un nuevo caso.



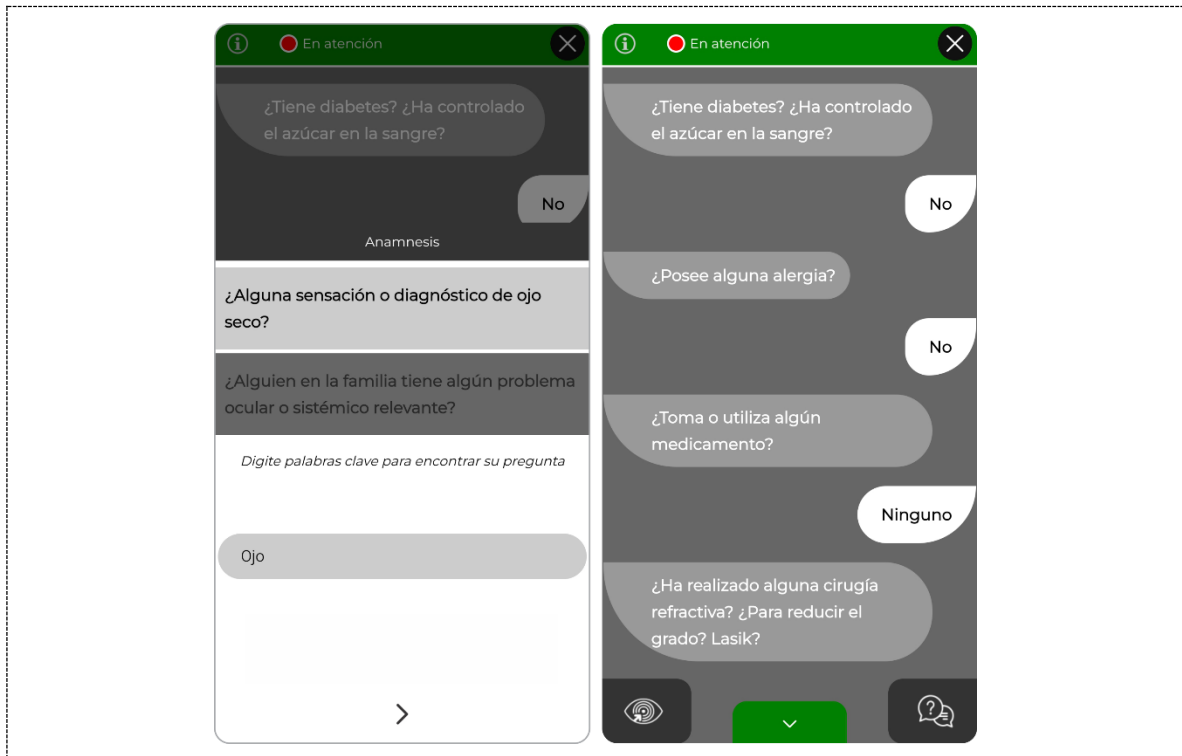
**Figura 8.8** Pantallas de instrucciones aplicación SILVIA: Derecha: panel de orientaciones de uso, Izquierda: opción de salida forzada de la simulación.



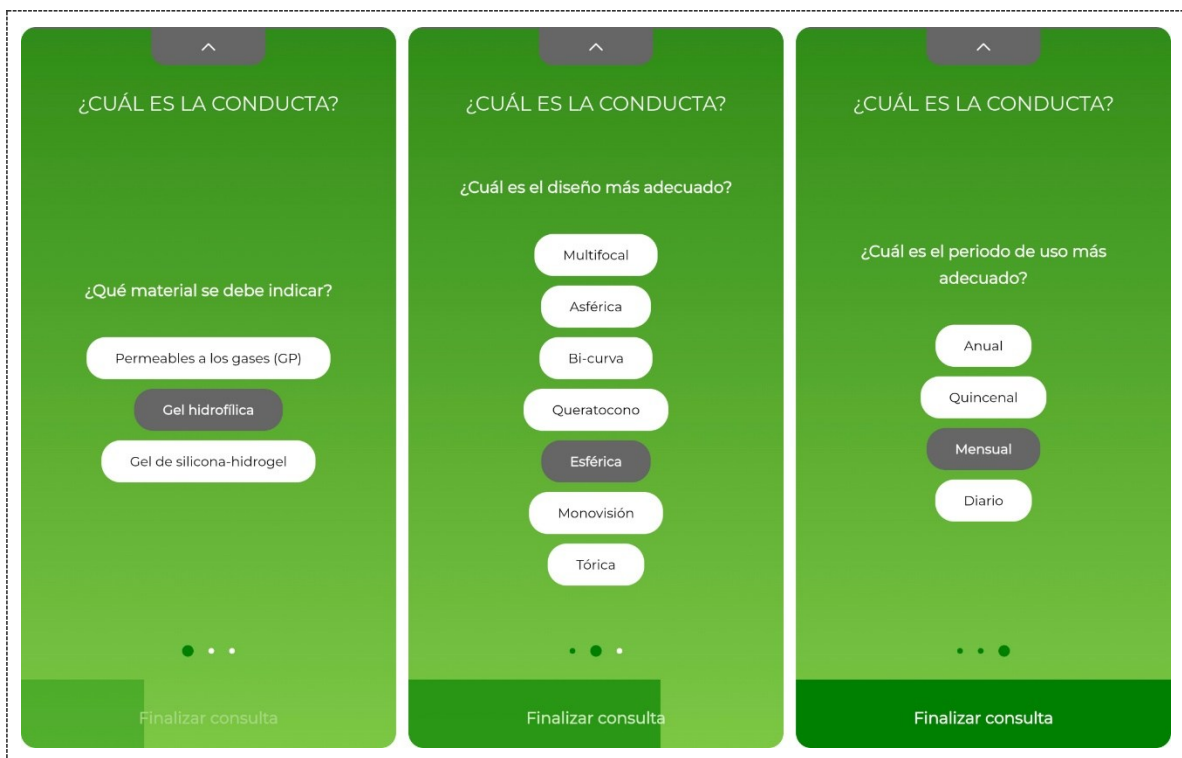
**Figura 8.9** Pantallas simulación en SILVIA: presentación del paciente, integración de datos clínicos básicos y organización del caso clínico en un *feed* dinámico.



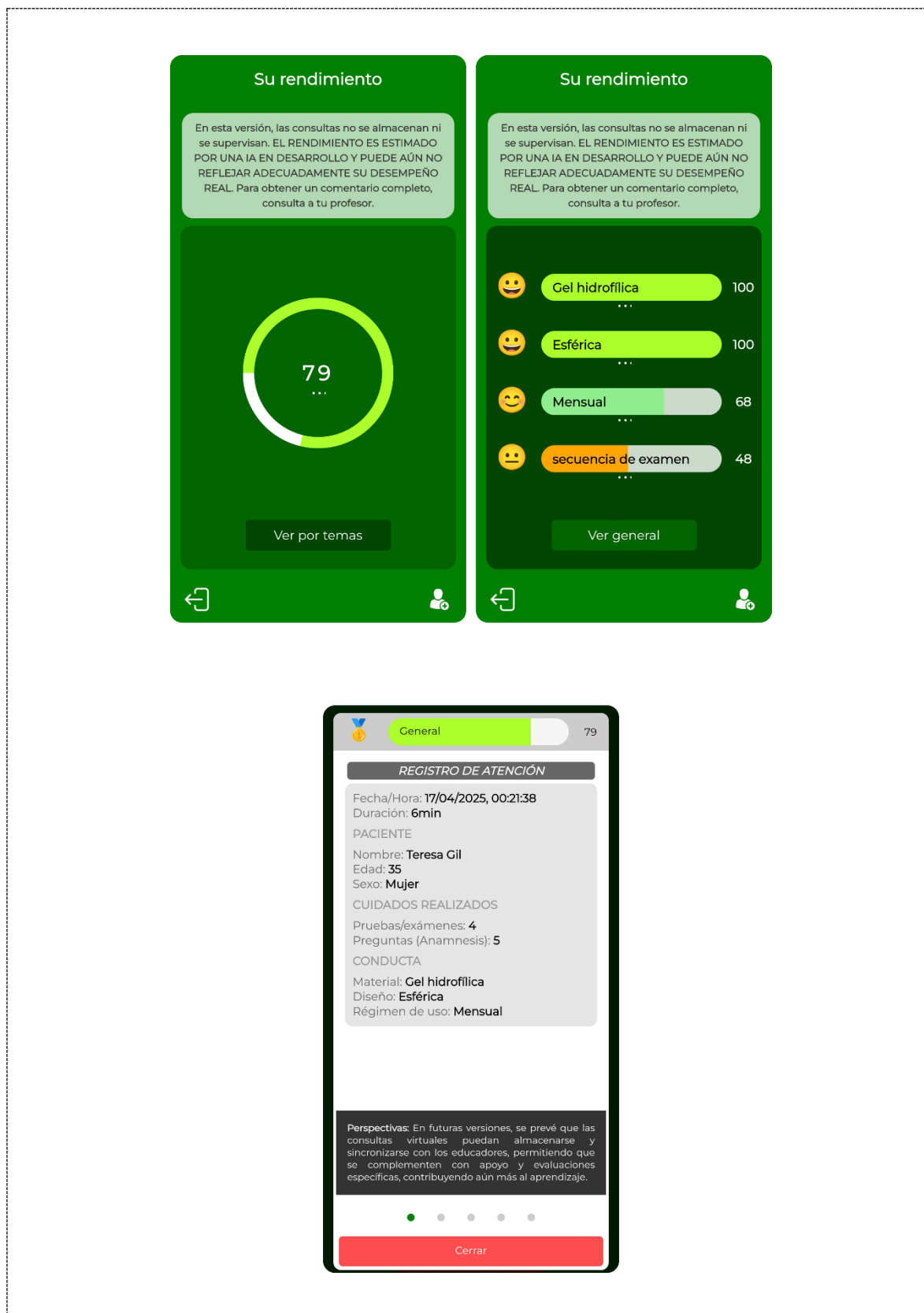
**Figura 8.10** Pantallas selección exámenes en SILVIA: panel de selección de exámenes y los resultados de lo examen se visualizan progresivamente en el *feed*.



**Figura 8.11** Pantallas *chatbot* de SILVIA: interacción mediante *chatbot* de anamnesis, disponibles para el caso clínico en curso.



**Figura 8.12** Pantallas definición de conducta en SILVIA: fase de definición del manejo final, con el diseño, material y reemplazo de la LC.



**Figura 8.13** Pantallas de *feedback* en SILVIA: *feedback* con elementos de gamificación y detalle de cada componente evaluado.

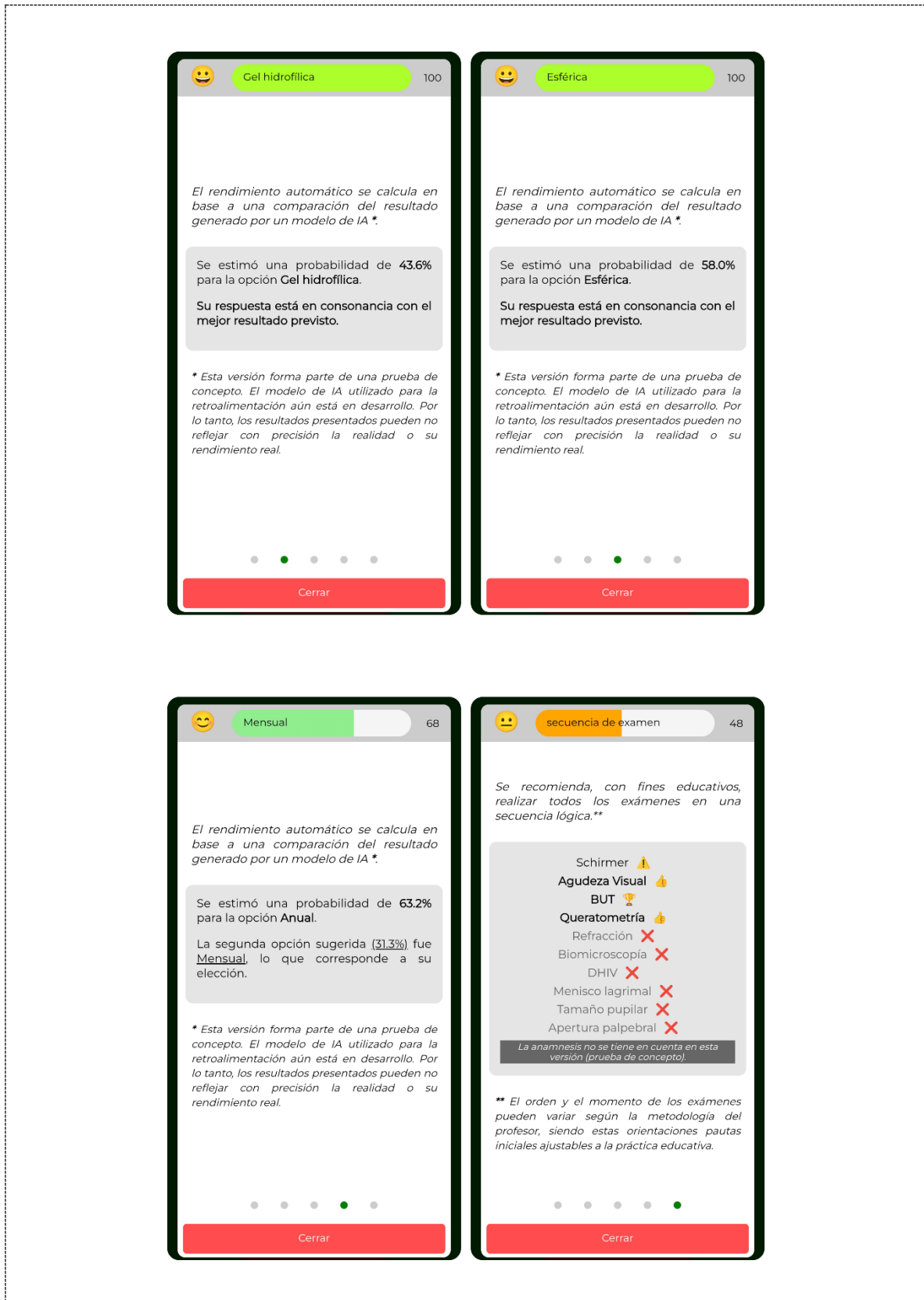


Figura 8.14 Pantallas con explicación detallada de SILVIA: explicación de los resultados de predicción por IA y evaluación de la secuencia de exámenes realizados





## 8.4. DISCUSIÓN

Considerando el contenido del capítulo y su descripción metodológica segmentada en tres grandes bloques, la discusión también se presentará manteniendo estas tres etapas descritas en tanto en la sección de Material y Método como de Resultados.

### **1-Diseño pedagógico de la aplicación**

La organización sistemática de competencias vinculadas al proceso formativo en LC, presentada en esta etapa ofrece una base estructurada para articular objetivos de aprendizaje adecuados a las exigencias clínicas reales de esta disciplina. Este modelo se alinea con propuestas previas que destacan la necesidad de diseñar marcos competenciales específicos para áreas aplicadas de la salud visual, especialmente aquellas que exigen toma de decisiones basada en múltiples variables clínicas.<sup>167</sup> En el contexto de la formación optométrica, se ha señalado la falta de orientaciones claras sobre cómo traducir competencias en experiencias de aprendizaje efectivas, en

particular en asignaturas con fuerte componente práctico, como las materias de LC,<sup>93</sup> lo que supone un desafío agravado por la limitación de carga lectiva disponible para estas materias, como se evidenció en los resultados del Capítulo 6.

La identificación de 17 habilidades vinculadas a los profesionales que actúan en el área de LC (Tabla 8.1) facilita, en su conjunto, una vía para aproximar al estudiante a una evolución formativa permanente, a reducir la variabilidad en los procesos de enseñanza y a estandarizar aprendizajes clínicamente relevantes para la práctica en LC. Este enfoque adquiere especial importancia en contextos donde la formación clínica es limitada o la exposición a casos reales resulta reducida, como ocurre en muchos programas académicos actuales, haciendo que habilidades orientadas a la toma de decisiones fundamentada, la práctica simulada y el uso de tecnologías de apoyo se constituyan como pilares estratégicos de la formación.<sup>11,39,71,100,167,173,180</sup> Esto es debido a que una enseñanza restringida a contenidos teóricos o a prácticas descontextualizadas puede no ser suficiente para desarrollar criterios clínicos consistentes, y por ello resulta fundamental promover actividades que integren el desarrollo del juicio clínico, la adaptación a la evidencia y el dominio procedimental.<sup>5,22</sup>

Algunas habilidades se destacan por su alineación directa con los propósitos de este estudio. La habilidad de realizar pruebas de adaptación, por ejemplo, representa una competencia esencial en LC, ya que involucra tanto la destreza técnica como la interpretación de parámetros corneales y las necesidades visuales individuales (H4).<sup>39</sup> La aplicación del razonamiento clínico es igualmente central, al permitir integrar signos, síntomas y hallazgos de forma coherente, lo que refleja

madurez en el proceso de toma de decisiones (H7).<sup>100,167</sup> La incorporación de métodos activos de aprendizaje y experiencias simuladas ha demostrado ser eficaz para reforzar la retención, la transferencia práctica y el compromiso del estudiante con su proceso formativo (H10 y H13).<sup>11,173</sup> Por último, el uso de retroalimentación automatizada mediante IA emerge como una innovación formativa que permite personalizar el aprendizaje, identificar errores clínicos frecuentes y favorecer la autorreflexión como parte del desarrollo profesional continuo (H12).<sup>8,100,167</sup>

Las competencias seleccionadas, fueron inferidas a partir de un análisis transversal de marcos educativos en salud y de enfoques pedagógicos centrados en el desarrollo profesional, sin limitarse exclusivamente al dominio de la contactología, pero incorporando principios ampliamente reconocidos en la educación basada en competencias.<sup>8,22,39,167</sup> Esta perspectiva permitió estructurar dimensiones formativas que integran no solo aspectos clínicos específicos, sino también elementos de juicio, autonomía y alfabetización digital sanitaria, dotando al modelo propuesto de una base teórica sólida y una aplicabilidad práctica coherente con los desafíos actuales de la enseñanza clínica. Entre estas competencias, algunas se alinean de forma directa con el propósito del simulador, como el aprendizaje autónomo y el enfoque basado en el desempeño (C4), pero especialmente la capacidad de aplicar el razonamiento clínico y las habilidades diagnósticas, que constituye el eje central de las interacciones en el simulador, al permitir al estudiante tomar decisiones fundamentadas ante situaciones clínicas diversas (C2). Al igual que ocurre con la competencia relacionada con el uso crítico de

tecnologías digitales, que favorece un aprendizaje flexible y centrado en la autorreflexión clínica (C5).<sup>11,71,100,167</sup>

La definición de los principios pedagógicos representó una etapa estratégica dentro del diseño instruccional del simulador, actuando como puente entre las competencias definidas para el ejercicio profesional en LC y la estructura funcional de la aplicación. Este aspecto resulta esencial para garantizar que los recursos digitales desarrollados no solo cumplen funciones técnicas, sino que responden principalmente al desarrollo o adquisición de objetivos educativos por parte de los estudiantes. Fomentar el desarrollo del razonamiento clínico (P1) supone estructurar escenarios donde el estudiante no solo reconozca signos o síntomas, sino que establezca relaciones lógicas entre diferentes hallazgos, integre conocimientos previos y anticipe consecuencias clínicas posibles. En simulaciones que replican condiciones reales de atención, este tipo de razonamiento permite al usuario adoptar decisiones más fundamentadas, incluso ante casos complejos o atípicos, promoviendo una madurez clínica progresiva. Asimismo, organizar la toma de decisiones de forma lógica y orientada al análisis (P3) mejora la capacidad del estudiante de estructurar mentalmente rutas diagnósticas, reducir errores por intuición e interpretar retroalimentaciones automatizadas como guías para ajustar su desempeño. Estas estrategias muestran impacto positivo cuando se aplican con simulaciones centradas en resolución de problemas, acompañadas de retroalimentación inmediata, integración de variables clínicas múltiples y procesos de reflexión activa sobre las elecciones tomadas.<sup>8,11,166,167,173,177</sup>

En la planificación del simulador eSICLC, algunos recursos proyectados reflejan decisiones que buscan generar implicaciones pedagógicas relevantes, como por ejemplo la interfaz multilingüe (R3), que posibilita ampliar el acceso y favorece el aprendizaje en contextos internacionales, lo que se alinea con propuestas recientes que defienden la necesidad de adaptabilidad idiomática en plataformas de formación para facilitar su aplicación global.<sup>12,21,144</sup> Otro recurso es la posibilidad de personificar el paciente simulado (R7), incluyendo nombre, imagen, nacionalidad y datos demográficos, lo que contribuye a la inmersión y permite una representación más realista de los escenarios clínicos, aspecto señalado como potenciador del razonamiento contextual en simulaciones sanitarias.<sup>15,65,145</sup>

Por su parte, la incorporación de un panel de exámenes clínicos con íconos dispuestos de forma aleatoria (R9) evita respuestas mecánicas y promueve la toma de decisiones basada en análisis crítico, estrategia coincidente con hallazgos que resaltan el valor de entornos que rompen secuencias predecibles para estimular el pensamiento clínico activo.<sup>58,64</sup> Asimismo, la retroalimentación por puntaje y medallas (R12) busca articular elementos de *gamificación* con mecanismos de evaluación, combinando motivación y reflexión crítica, lo cual ha sido reportado como una fórmula efectiva para consolidar habilidades clínicas en simuladores interactivos.<sup>22,25,58</sup>

El proyecto funcional del eSICLC fue consolidado con la elaboración del diagrama de flujo base (Figura 8.4), que visualiza de forma integrada la secuencia de pantallas, acciones y funcionalidades. Estructurar el flujo con simplicidad y coherencia favorece la comprensión del sistema, reduce la carga cognitiva del usuario y

fortalece la percepción de control sobre la experiencia, aspectos clave en entornos centrados en el estudiante.<sup>8,12,15</sup>

Contar con una arquitectura pedagógica clara y funcional constituye, desde la perspectiva del diseño instruccional, un pilar en el desarrollo de tecnologías educativas efectivas, ya que permite traducir los objetivos formativos en experiencias interactivas alineadas con los principios del aprendizaje autónomo y la práctica reflexiva.<sup>22,71,167,180</sup> El conjunto de propuestas que sustentan el diseño del eSICLC respalda una estrategia educativa coherente y facilita la implementación tecnológica, en contraste con los hallazgos del Capítulo 7, donde se evidenció que la mayoría de las TICs orientadas a la formación en LC carecen de respaldo científico vinculado a principios pedagógicos o al uso estructurado de recursos digitales.

## **2- Uso de la IA**

El uso de algoritmos de IA para generar casos clínicos sintéticos en entornos educativos representa una estrategia pertinente en contextos donde el acceso a datos reales es limitado. El algoritmo KNN, destaca por su capacidad para preservar la estructura local de los datos y mantener relaciones clínicas coherentes entre variables. Este enfoque ha sido explorado en simulaciones clínicas de bajo riesgo con fines educativos, como en modelos de predicción diagnóstica o entornos virtuales en oftalmología, donde el nivel de realismo alcanzado por los patrones sintéticos se considera adecuado para objetivos formativos.<sup>179,181</sup>

La fusión de bases de datos permitió reunir 79 variables distintas, siendo 57 específicas de atención en LC y 22 compartidas con la base

general de salud visual. La Tabla 8.4 muestra que los datos generados preservan el perfil clínico de los pacientes, con valores muy próximos a los originales en prácticamente todas las variables. Esta preservación es consistente con hallazgos sobre el uso de datos sintéticos en contextos educativos en salud, que destacan su utilidad para ampliar conjuntos de datos sin comprometer su aplicabilidad clínica.<sup>12,177,182</sup> Solo dos campos presentaron diferencias significativas al comparar sus medias entre la base fusionada original y la base generada sintéticamente. En la prescripción cilíndrica, aunque el valor medio se mantuvo similar (-0,4 dioptrías), la desviación estándar se redujo de 0,6 a 0,4, lo cual puede atribuirse a los ajustes de redondeo implementados. En la evaluación de la córnea, la disminución de los valores (de  $0,5 \pm 0,7$  a  $0,4 \pm 0,4$ ) se relaciona con diferencias en las lógicas de registro, puesto que la base proveniente de una clínica universitaria tendía a anotar hallazgos menores sin relevancia clínica, mientras que la base asistencial priorizaba solo los cambios significativos.

La base fusionada utilizada como punto de partida para la generación sintética se construyó a partir de fuentes con características clínicas ligeramente diferentes. La combinación de bases heterogéneas mediante KNN permitió capturar patrones comunes sin eliminar la variabilidad original, generando una fuente intermedia más representativa. Esta estrategia, aunque aún poco explorada en salud visual, ha sido empleada con éxito en simulaciones médicas, especialmente en escenarios de urgencias, donde es necesario representar perfiles diversos dentro de una misma lógica formativa.<sup>115,125,181</sup> Además del control estadístico, se aplicaron filtros automatizados para eliminar inconsistencias clínicas internas. Aunque definidos manualmente, estos criterios representaron un refinamiento

técnico necesario para garantizar que los datos generados fueran no solo numéricamente consistentes, sino también clínicamente plausibles desde una perspectiva educativa.<sup>22,173,179</sup>

En el desarrollo del simulador, se implementó un sistema de retroalimentación automática basado en modelos predictivos generados mediante algoritmos de IA. Para esta tarea se optó por el algoritmo Random Forest, ampliamente reconocido por su robustez frente al sobreajuste y su capacidad para manejar conjuntos de datos con múltiples variables categóricas y numéricas. Su uso se ha consolidado en investigaciones clínicas, incluidas aplicaciones en salud visual y oftalmología, donde ha demostrado un rendimiento competitivo frente a modelos más complejos, como las redes neuronales y las máquinas de vectores de soporte.<sup>22,127</sup> En este contexto, se desarrollaron tres modelos predictivos independientes, cada uno orientado a una tarea de clasificación multiclase: el tipo de reemplazo de la LC, el material y el diseño. Los resultados de exactitud y precisión superaron el 80 % en los tres modelos, con valores en torno al 85 % de exactitud general. No obstante, la predicción del tipo de reemplazo mostró el desempeño más bajo (81,4 %), mientras que la predicción del diseño alcanzó la mayor precisión (89,5 %). Esta variabilidad puede explicarse, en parte, por la distribución desigual de las opciones de manejo (Tabla 8.4) en la base de datos, así como por el número limitado de muestras en algunas categorías específicas.

Aunque las métricas de desempeño no representan un resultado insatisfactorio, es necesario contextualizar su alcance. En estudios aplicados al diagnóstico de retinopatía diabética, detección de glaucoma y clasificación de queratocono se han reportado tasas de exactitud



superiores al 90% cuando se dispone de bases de datos amplias y balanceadas.<sup>183,184</sup> En consecuencia, aunque los modelos aquí desarrollados respondan a fines distintos, sus resultados deben interpretarse como preliminares, dado que la base de datos utilizada fue más reducida, lo cual probablemente limitó su capacidad discriminativa. Este aspecto sugiere que la retroalimentación automática y las evaluaciones vinculadas al manejo clínico generadas por estos modelos en el simulador podrían presentar limitaciones en su versión piloto, por lo que se recomienda interpretar con cautela sus reportes.

### **3-Desarrollo técnico del simulador**

El simulador SILVIA fue desarrollado como una aplicación web funcional, multilingüe y con diseño responsivo, facilitando el acceso autónomo y la interoperabilidad tecnológica, que son características ampliamente reconocidas como fundamentales en entornos de aprendizaje clínico.<sup>12,71</sup> Su concepción se alinea con una tendencia creciente en la educación sanitaria, donde simuladores clínicos digitales han demostrado impacto positivo, como es el caso de herramientas como *EyesiNet*, que ha explorado el uso de entornos virtuales accesibles con resultados prometedores en la adquisición de habilidades clínicas.<sup>93,185</sup>

Incluso en una versión inicial, se han adoptado estrategias conservadoras para no comprometer la experiencia pedagógica, destacándose la generación automatizada de nombres y rostros de pacientes (imágenes artificiales generadas por IA) a partir de proveedores externos gratuitos, configurados por edad, sexo e idioma (Figura 8.7). Esta solución permite aportar realismo contextual sin destinar demasiados recursos al desarrollo tecnológico personalizado,

aunque presenta ciertas limitaciones operativas, como la posible repetición de imágenes o ligeros retrasos en la carga.

El desarrollo respetó las directrices establecidas tanto en la arquitectura funcional como en la disposición de los recursos clave. El flujo secuencial, con presentación progresiva de la información clínica, acompañado por una interfaz limpia (Figura 8.8), facilita la navegación, reduce la carga cognitiva y refuerza la inmersión del estudiante. A ello se suman componentes de gamificación, como el sistema de puntuación automática, recompensas visuales y retroalimentación inmediata (Figura 8.9), elementos que han sido asociados a mejoras en la retención del conocimiento y en el compromiso del usuario en simulaciones interactivas.<sup>8,11,167,177</sup>

El módulo representativo de la anamnesis permite al usuario interactuar mediante búsqueda textual con un *chatbot* restringido a preguntas predefinidas y respuestas vinculadas al caso clínico (Figura 8.10). Aunque su funcionalidad es aún básica, responde a los principios del aprendizaje activo y señala una vía clara para futuras mejoras orientadas a un mayor realismo. Por otro lado, la aplicación incorpora mensajes explicativos sobre sus limitaciones operativas y predictivas, como la naturaleza de los modelos de IA utilizados y la no conservación de datos clínicos simulados (Figura 8.11), fortaleciendo la claridad funcional y el uso responsable de la herramienta.

### **Limitaciones y perspectivas futuras**

Aunque el desarrollo del simulador SILVIA se sustenta en principios pedagógicos sólidos y una implementación técnica funcional, es necesario señalar algunas limitaciones de este trabajo. La base de

datos específica de adaptaciones de LC utilizada para entrenar los modelos predictivos y para apoyar la generación de casos clínicos sintéticos fue limitada tanto en tamaño como en diversidad, al provenir de una única fuente. Esta restricción puede tener implicaciones directas en distintos componentes del simulador, como la ausencia de ciertos datos clínicos - por ejemplo, imágenes de topografía corneal -, la simplicidad del *chatbot* destinado a la anamnesis - condicionada por la baja variabilidad de preguntas presentes en la muestra original - y el alcance restringido de los modelos de retroalimentación automática y de evaluación, también afectados tanto por una representación incompleta de las distintas opciones de manejo posibles, como por su limitada gama de opciones disponibles para cada caso clínico simulado.

Además, la disponibilidad idiomática enfrenta desafíos relevantes, ya que el hecho de que los datos clínicos que sustentan la simulación provengan de una única región limita la posibilidad de incorporar variaciones propias de diferentes escuelas clínicas y prácticas locales, aspecto especialmente significativo en un campo como la contactología. A esto se suma el carácter pionero de la herramienta, pues hasta donde se tiene conocimiento, no existen simuladores de interacción clínica orientados específicamente a la formación en LC. Esto obliga a desarrollar el proyecto sin marcos comparativos previos, lo que, si bien refuerza su originalidad, también dificulta la identificación de referencias prácticas durante las diferentes fases clave del diseño.

Por otro lado, existen áreas de mejora o evolución previstas para el simulador, como por ejemplo la posibilidad de integrar modelos avanzados de lenguaje natural, como 'GPT', para mejorar la simulación del diálogo clínico durante la anamnesis. Esta implementación permitiría

superar las limitaciones actuales del *chatbot*, favoreciendo interacciones más abiertas, contextualizadas y realistas, alineadas con situaciones clínicas reales y con la lógica del razonamiento diagnóstico. También se contempla la ampliación progresiva de las bases de datos utilizadas, tanto en volumen como en diversidad geográfica e institucional, lo que permitiría enriquecer la representación de variaciones clínicas, mejorar la calidad de los casos simulados y fortalecer los modelos de retroalimentación automática y evaluación.

Otra posibilidad en desarrollo es la creación de módulos específicos para la interacción docente, que permitirían que el simulador sea adoptado y adaptado por profesores como recurso complementario en su enseñanza de materias o asignaturas concretas de contactología. Este uso supervisado abriría nuevas oportunidades para personalizar el aprendizaje, incluir comentarios pedagógicos y ajustar los casos clínicos a los objetivos formativos de cada programa educativo. Finalmente, a medida que se integren nuevas bases de datos, se habilitará la posibilidad de personalizar los casos simulados según características específicas, como, por ejemplo, simular únicamente casos de queratocono, pacientes con córnea irregular, control de miopía, sequedad ocular, etc. Esta lógica también permitiría su aplicación en otras áreas de la optometría y de las ciencias de la visión, extendiendo el concepto de simulación clínica interactiva a distintos tipos de atención especializada, como en el caso de disfunciones de la visión binocular o acomodativas, entre otras.

A pesar de las limitaciones identificadas, SILVIA se ha desarrollado íntegramente, y se encuentra operativo en su versión piloto, que demuestra ser apto para apoyar el proceso de enseñanza-

aprendizaje en contactología, constituyendo una herramienta útil para que los estudiantes den sus primeros pasos hacia el desarrollo del razonamiento clínico en esta área y consoliden una base inicial sólida sobre la cual podrán construirse versiones mejoradas, con potencial real de expansión en alcance, calidad formativa y aplicabilidad.





## 8.5. DIFUSIÓN

Resultados previos y una versión del prototipo de SILVIA, fueron presentados en 2022 en la VI Jornada de Investigadores Predoctorales de la Uva (Premio a la mejor comunicación), mientras que su primera versión funcional fue expuesta en 2024 en el 28° OPTOM (Figura 8.15).



VI Jornada de Investigadores Predoctorales de la UVA em Ciências de la Visión. Premio a la mejor comunicación.  
**Desarrollo y validación de un e-simulador de casos clínicos de lentes de contacto para ayuda en la enseñanza de la contactología.**  
Vieira SB. al 30 de junio de 2022.



28° Congreso Internacional de Optometría, Contactología y Óptica Oftálmica – OPTOM 2024. Comunicación Póster:  
**Simulador de casos clínicos utilizando inteligencia artificial como herramienta de apoyo a la enseñanza-aprendizaje en contactología.**  
Braga S, Stuermer L, Martín R.  
al 14 de abril de 2024. (España).

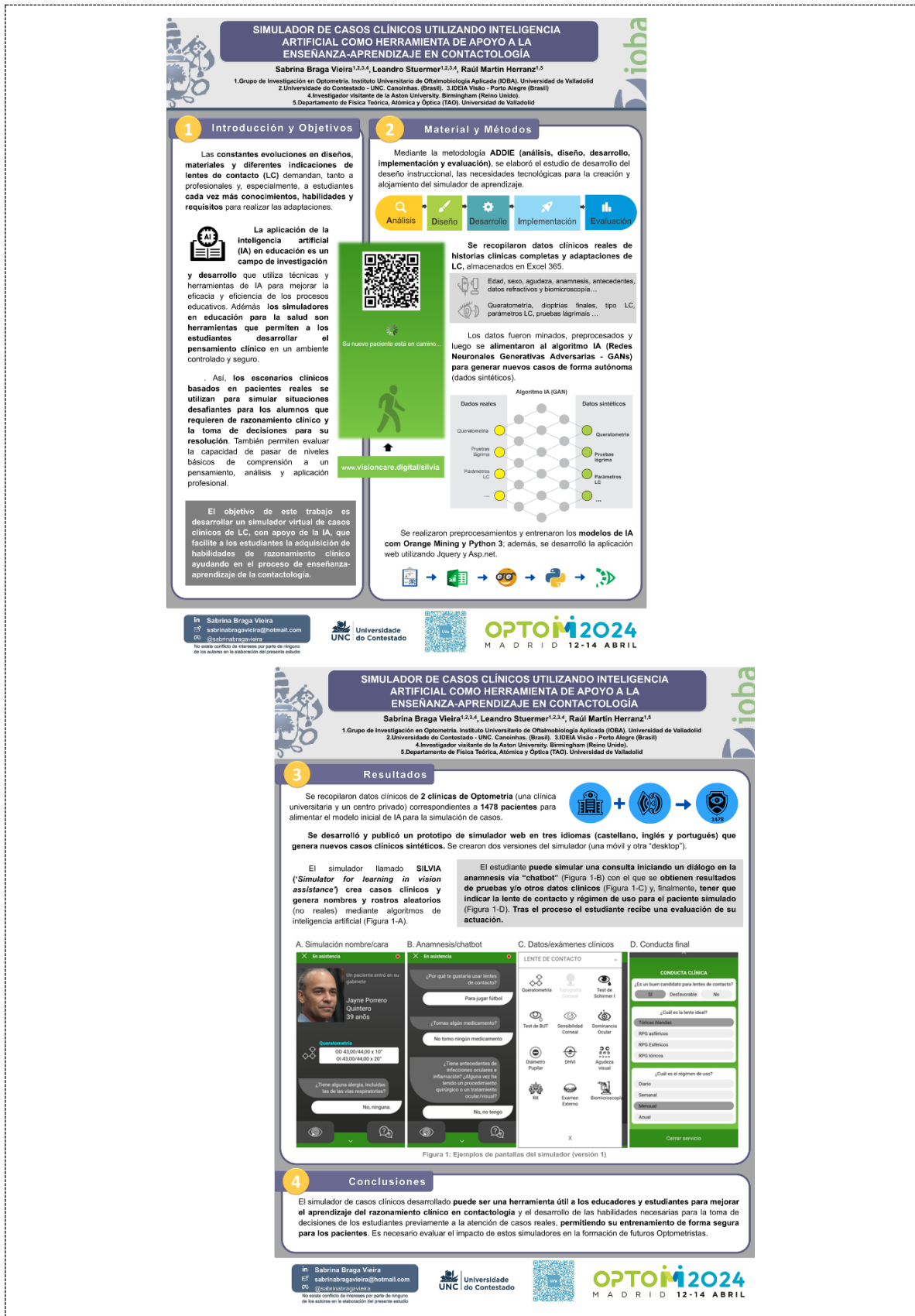


Figura 8.15 Resultados preliminares del estudio en poster presentado en congreso.



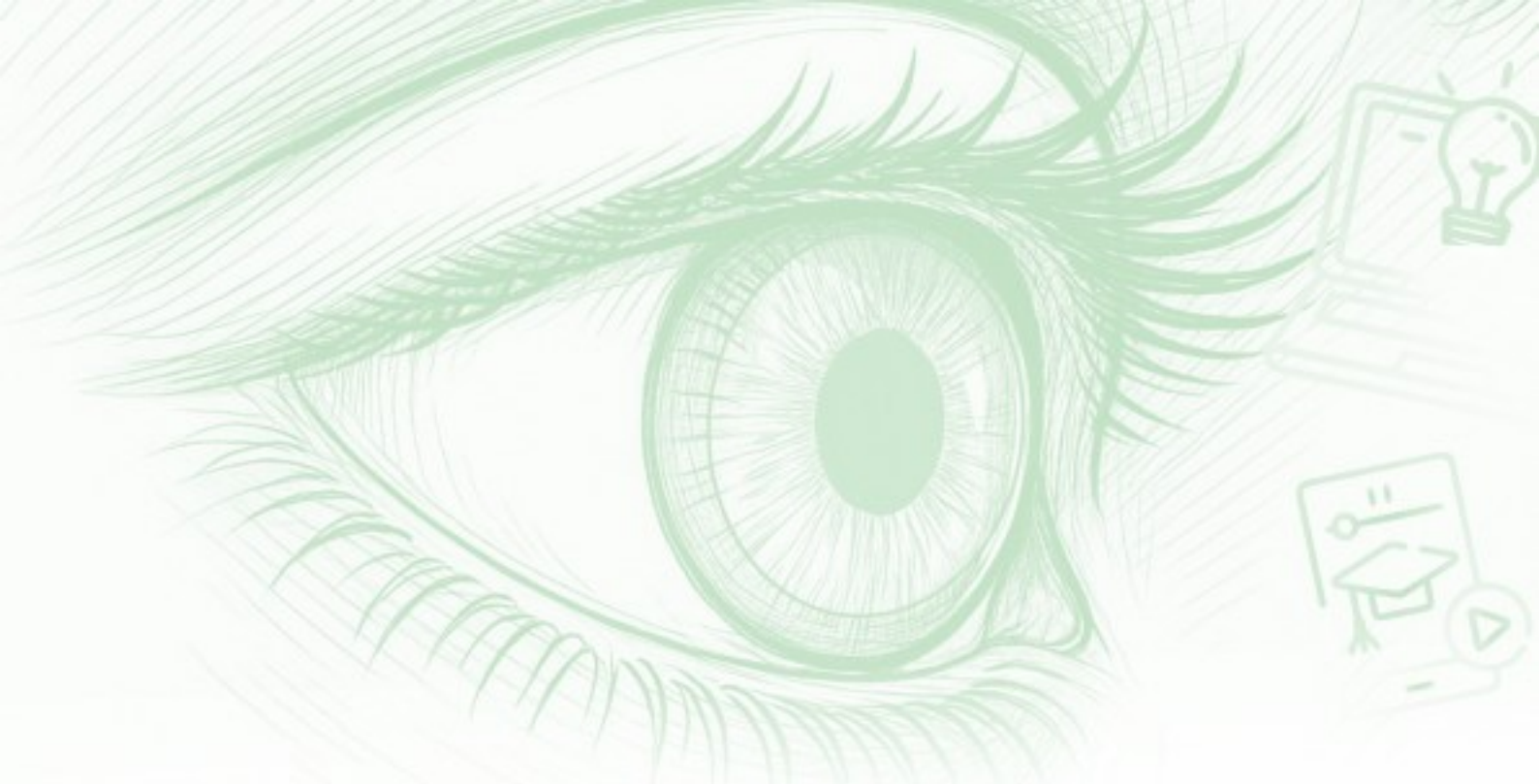
Capítulo

# 9

## **Prueba de concepto: evaluación de la usabilidad y opinión del simulador de casos clínicos para lentes de contacto**

*Proof of concept: usability and  
opinion evaluation of the  
clinical case simulator for  
contact lenses*





## 9.1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza en contactología constituye un eje formativo fundamental en la preparación de optometristas, al requerir competencias aplicadas como la evaluación ocular, la selección individualizada del tipo de lente de contacto (LC) y el manejo de otros escenarios clínicos complejos que requieren su uso.<sup>10,186</sup> Estos aprendizajes tienen que desarrollarse de forma integrada desde las etapas iniciales de la formación, especialmente considerando la constante evolución de este área que exige una actualización continua alineada con enfoques pedagógicos centrados en el aprendizaje del estudiante.<sup>4,8,10,20</sup> No obstante, persisten barreras que dificultan la consolidación de estas competencias, como la limitación en la carga horaria dedicada a la formación en LC (Capítulo 6), la conexión entre teoría y práctica, o la falta de entornos clínicos reales para el aprendizaje aplicado.<sup>6,21,22</sup> Esta realidad refuerza la necesidad de emplear metodologías activas que favorezcan el desarrollo del pensamiento clínico de los estudiantes en un entorno seguro y accesible.<sup>4,43</sup>

En este contexto, las tecnologías de la información y la comunicación (TICs) han transformado los modelos educativos en salud, ampliando el acceso al conocimiento y promoviendo nuevas estrategias como la formación híbrida o el aprendizaje basado en problemas, entre otras.<sup>71,146</sup> Tal como se exploró en el Capítulo 7, los objetos educativos digitales (OED) - como videos o plataformas interactivas - han demostrado utilidad para apoyar el aprendizaje teórico,<sup>76,170</sup> aunque muchos de ellos aún presentan baja interactividad y escasa aplicabilidad clínica.<sup>187</sup> En respuesta a estas limitaciones, han cobrado relevancia los simuladores digitales, especialmente los de baja fidelidad en entornos virtuales controlados. Estas herramientas permiten al estudiante tomar decisiones, interpretar hallazgos y recibir retroalimentación, sin comprometer la seguridad del paciente.<sup>58,64</sup> Además, por ser accesibles y escalables, favorecen su implementación en programas académicos diversos.<sup>188,189</sup>

En este contexto, el e-simulador SILVIA es una herramienta virtual basada en inteligencia artificial (IA) diseñada para reproducir contextos clínicos interactivos en LC, que surge como una propuesta innovadora orientada a ampliar la experiencia de aprendizaje,<sup>73,147</sup> alineada con las competencias requeridas en este área y cuyo diseño y desarrollo se describen en el Capítulo 8.

Por otro lado, la implementación de recursos educativos digitales, especialmente aquellos que incorporan simulación, requiere ser acompañada de procesos de evaluación centrados en la experiencia del usuario. La usabilidad, entendida como la facilidad de uso, la eficiencia percibida y la satisfacción del usuario durante la interacción con el sistema, se ha consolidado como un criterio clave para la aceptación y

el éxito de tecnologías aplicadas a la educación en salud.<sup>175,190</sup> Evaluar estos aspectos permite no solo identificar puntos fuertes y limitaciones técnicas, sino también anticipar el potencial real de la herramienta en distintos contextos formativos.<sup>4</sup> En este sentido, instrumentos estandarizados como la System Usability Scale (SUS) y enfoques derivados del Technology Acceptance Model (TAM) han sido ampliamente utilizados en investigaciones con simuladores clínicos, proporcionando métricas comparables y consistentes.<sup>189,191</sup> Además, resulta esencial considerar la percepción de expertos y docentes, donde la experiencia educativa está estrechamente vinculada a la calidad del juicio clínico. La opinión de educadores no solo aporta una mirada crítica sobre la relevancia pedagógica de la herramienta, sino que también permite orientar su mejora continua a partir del conocimiento acumulado en la práctica docente.<sup>129</sup> Asimismo, la validación participativa fortalece el vínculo entre desarrollo tecnológico e implementación curricular, asegurando que las soluciones diseñadas respondan efectivamente a las necesidades del contexto educativo real.<sup>187,192</sup>

De este modo, este capítulo tuvo como objetivo determinar la aceptación por parte de profesionales y docentes respecto al uso del simulador de interacción clínica - SILVIA -, así como evaluar la usabilidad de la aplicación entre discentes en materias de contactología.





## 9.2. MATERIAL Y MÉTODO

Se adoptó un diseño transversal, cuantitativo y exploratorio, mediante la aplicación de una encuesta en línea estructurada, aprobada por el comité de ética (Anexo B), y diseñada para adaptarse al perfil del participante; es decir, aplicando cuestionarios distintos para estudiantes, profesionales y/o docentes.

### **Implementación y difusión**

Se enviaron comunicaciones por correo electrónico a instituciones colaboradoras, tales como la Asociación Internacional de Educadores en Lentes de Contacto (IACLE), el Comité de Universidades Británicas de Educadores en Lentes de Contacto (BUCLE), la Universidad Aston del Reino Unido (ASTON), la Universidade do Contestado de Brasil (UnC), las Faculdades Filadélfia de Brasil (FAFILTEC) y a la Conferencia de Decanos/Coordinadores de los Grados de Óptica y Optometría de España, con el fin de facilitar la difusión tanto del simulador como del cuestionario de evaluación. Además, grupos

privados en redes sociales y comunidades de mensajería, dirigidos específicamente a estudiantes y profesionales del área de la Optometría, también fueron utilizados para este fin. Para fomentar específicamente la participación de estudiantes, fueron contactados estudiantes en clases activas de la asignatura de LC en curso en la UnC, FAFILTEC y la Universidad de Valladolid (UVa).

Los participantes podían acceder a la encuesta mediante una página específica ([www.visioncare.digital/silvia/validation](http://www.visioncare.digital/silvia/validation)), donde seleccionaban manualmente su idioma (portugués, español o inglés), o también al finalizar la simulación en SILVIA, a través de un botón en la propia interfaz que los redireccionaba automáticamente al cuestionario, el cual estaba integrado en la página mediante Google Forms en el idioma correspondiente utilizado durante la experiencia de uso.

### **Instrumento y aplicación**

La primera pregunta del cuestionario, además de solicitar el consentimiento para participar, requería que el participante declarara si había utilizado previamente el simulador. En caso de no haberlo experimentado, el cuestionario se finalizaba, pero antes se ofrecían instrucciones en formato de texto y video para el acceso al simulador. Aunque no se exigió un tiempo mínimo de uso, se recomendó realizar una experiencia mínima que permitiera emitir una valoración fundamentada sobre la misma, sugiriéndose completar al menos cinco simulaciones.

Las preguntas siguientes recogían los datos de perfil del participante, incluyendo sexo, edad, ubicación geográfica, su relación con las LC y su situación profesional. Aunque se utilizó un único



formulario electrónico, el instrumento integró dos rutas evaluativas independientes, determinadas por la respuesta a la pregunta sobre la situación profesional. A partir de ese punto, los participantes eran dirigidos a bloques de preguntas diferenciados para responder la encuesta correspondiente (Anexo C).

#### Cuestionario aplicado a estudiantes

A los estudiantes se les aplicó un cuestionario basado en la Escala de Usabilidad del Sistema (System Usability Scale – SUS), una herramienta estandarizada y validada, ampliamente utilizada para evaluar la usabilidad percibida de sistemas interactivos. La SUS consiste en 10 preguntas con afirmaciones alternadas entre formulación positiva y negativa, evaluadas mediante una escala tipo Likert de cinco puntos, que va desde "totalmente en desacuerdo" hasta "totalmente de acuerdo". Las puntuaciones se ajustan según una fórmula específica que genera un valor final entre 0 y 100, aunque dicho valor no representa un porcentaje literal.<sup>190</sup> Su simplicidad de aplicación, confiabilidad y versatilidad han llevado a que la SUS sea ampliamente adoptada en investigaciones relacionadas con tecnología aplicada a la salud y la educación.<sup>175</sup>

#### Cuestionario aplicado a profesionales y docentes

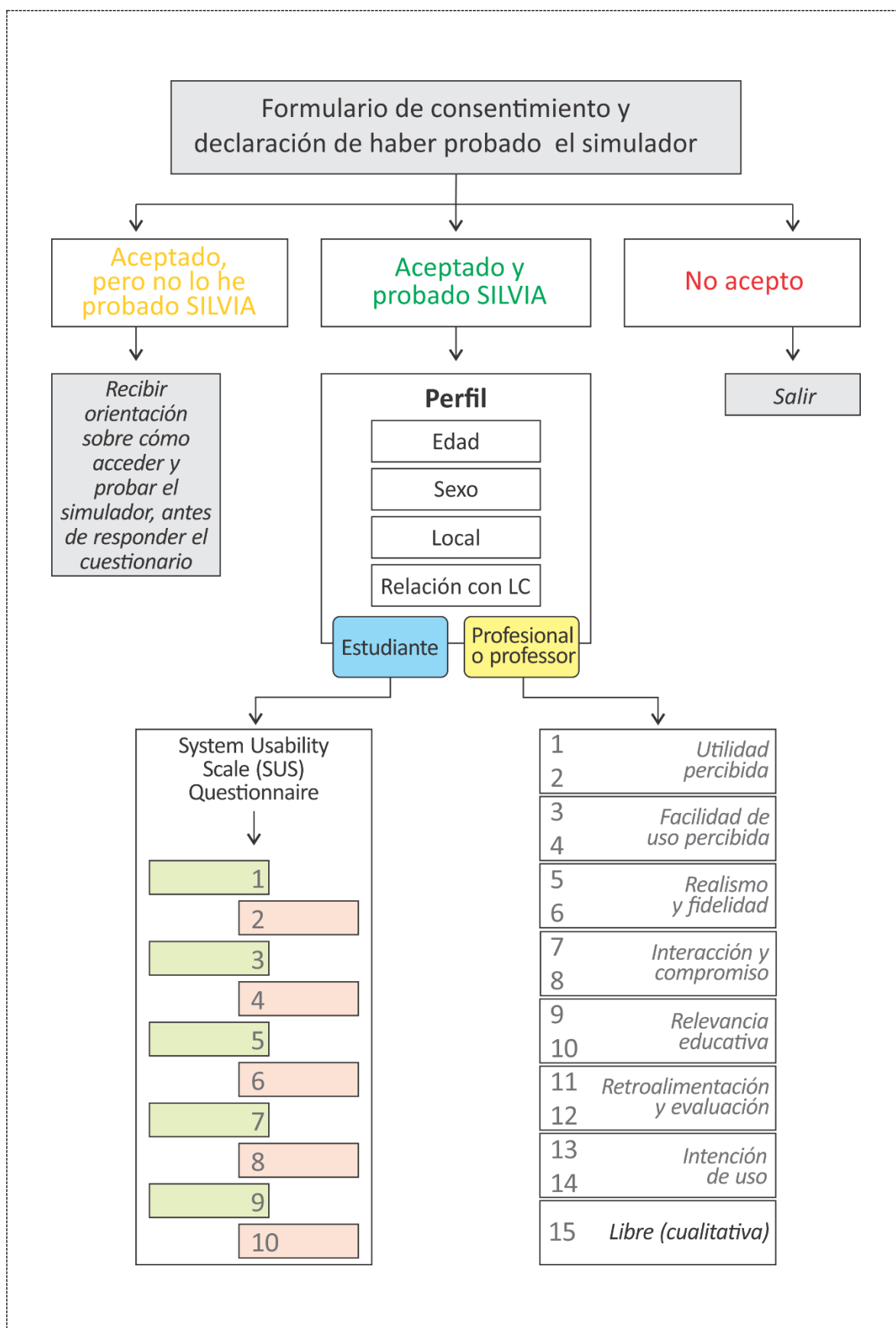
A los participantes que se identificaron como profesionales o docentes se les aplicó un cuestionario estructurado compuesto por 15 preguntas, de las cuales 14 fueron cerradas, con escala tipo Likert de cinco puntos (desde “totalmente de acuerdo” hasta “totalmente en desacuerdo”), y una pregunta final de carácter

abierto, destinada a recoger comentarios, sugerencias u observaciones generales sobre la herramienta.

El instrumento fue desarrollado tomando como base conceptual el Modelo de Aceptación de Tecnología (*Technology Acceptance Model* - TAM),<sup>193</sup> asociado a elementos comúnmente utilizados en la evaluación de aplicaciones, con el objetivo de estructurar un instrumento que aborde aspectos clave de la experiencia con simuladores en contextos formativos,<sup>58,64,145</sup> favoreciendo la interpretación de la percepción del usuario desde un enfoque mixto, educativo y tecnológico.

Las 14 preguntas cuantitativas abordaron siete grupos de aspectos del simulador (utilidad percibida, facilidad de uso percibida, realismo y fidelidad, interacción y compromiso, relevancia educativa, retroalimentación y evaluación, intención de uso), con dos ítems asignados a cada dimensión.

Los cuestionarios permanecieron activos durante dos meses, entre septiembre y noviembre de 2024. Aquellos participantes que no se identificaron como profesionales de las ciencias de la visión o que declararon no tener vinculación con la práctica en LC fueron excluidos del análisis, aunque hubieran sido dirigidos al bloque destinado a profesionales. El flujo completo del formulario aplicado se muestra en la Figura 9.1.



**Figura 9.1** Flujo lógico del formulario aplicado tras el uso del simulador SILVIA.

## **Análisis de los datos**

Los datos recolectados a través de los cuestionarios aplicados a estudiantes y profesionales/docentes fueron analizados de forma independiente, utilizando Microsoft Excel (versión 16.83, Microsoft 365, EE. UU.) y el software estadístico SPSS (versión 29.0, SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Para la comparación de grupos independientes en relación con variables numéricas, se aplicaron pruebas estadísticas según el número de categorías implicadas: en comparaciones entre dos grupos, se utilizó la prueba t de Student para muestras independientes, mientras que, en casos con más grupos, se aplicó el procedimiento de ANOVA de un factor. En ambos casos, se verificaron previamente los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y se adoptó un nivel de significancia del 5% ( $P < 0,05$ ).

### *Análisis del cuestionario de estudiantes*

Los datos de los estudiantes fueron segmentados en dos grupos principales según el país de origen: Brasil y España, dado que fueron los contextos donde se promovió activamente la participación. Para cada ítem de la escala, se calcularon las medias, así como la comparación estadística entre grupos.

Posteriormente, se aplicó el cálculo estándar del SUS, ajustando las respuestas (originalmente de 1 a 5), restando 1 punto en los ítems positivos (1, 3, 5, 7, 9) y restando 5 menos la respuesta en cada ítems negativos (2, 4, 6, 8, 10), para posteriormente sumar los valores ajustados de los 10 ítems y multiplicar el total por 2,5 obteniendo la puntuación final en escala de 0 a 100, a partir del cual se compararon los valores medios de usabilidad entre los grupos.

---

### Análisis del cuestionario de profesionales y docentes

Las respuestas fueron analizadas tanto de forma individual como agrupadas por dimensión temática, con comparaciones entre:

- Idioma: hablantes de portugués frente a no hablantes, considerando el posible impacto del idioma sobre la experiencia, dado que los casos del simulador fueron originalmente generados en portugués.
- Perfil profesional: óptico-optometrista, docente universitario y contactólogo sin formación especificada.
- Función en LC: personas que trabajan con LC frente a aquellas que también actúan como educadores en contactología.
- Afiliación docente: entre los educadores, se distinguió entre miembros activos de la IACLE y no miembros.

*Análisis cualitativo*: La pregunta abierta final, de carácter opcional, fue analizada cualitativamente; las respuestas fueron leídas de forma individual, clasificadas según el tipo de contenido expresado y agrupadas en categorías temáticas representativas de percepciones comunes entre los participantes.

Con el objetivo de minimizar la influencia de valores atípicos, se aplicó un recorte simétrico del 5% de las muestras (2,5% superiores e inferiores), considerando las puntuaciones del SUS en estudiantes y las medias generales en profesionales, siguiendo la estrategia de *trimming*, reconocida por su capacidad de atenuar distorsiones sin alterar significativamente la distribución original de los datos.<sup>194</sup>





### 9.3. RESULTADOS

Un total de 274 personas accedieron al cuestionario, de las cuales 6 fueron descartadas conforme a los criterios de exclusión, resultando un total de 268 participantes válidos. Se observó una ligera predominancia del sexo masculino, con 140 (52,2%) participantes, y una edad media general de 40,4 años (Tabla 9.1). La mayoría de los encuestados procedía de Brasil (214; 79,9%), seguido por España (35; 13,1%), lo que refleja las regiones donde se promovió activamente el uso del simulador. En relación al perfil de los participantes, 181 (67,5%) eran estudiantes y 87 (32,5%) profesionales o docentes. Aplicando el recorte simétrico del 5% para control de valores extremos, la muestra final analizada se redujo a 171 estudiantes y 83 profesionales/docentes.

Entre los estudiantes, se evidenció una diferencia de edad entre los brasileños, con un promedio de 40,9 años, y los españoles, con 21,8 años ( $P < 0,001$ ). En el grupo de profesionales, 50 (60,2%) eran hablantes de portugués y 33 (39,8%) no lo eran ( $P = 0,191$ ). Por otro lado, quienes también actuaban como educadores en contactología, además

de trabajar con LC, presentaron una edad media más elevada (48,4 años) en comparación con quienes se dedicaban exclusivamente a la práctica clínica (39,9 años;  $P < 0,001$ ). Asimismo, entre los educadores, aunque sin diferencias estadísticamente significativas ( $P = 0,134$ ), los miembros de la IACLE tendieron a ser de mayor edad, con un promedio de 50,8 años frente a 46,4 años en los no miembros (Tabla 9.2).

**Tabla 9.1** Distribución general de los participantes de la encuesta.

Total respuestas	Excluidos		Total incluidos
	[No optometrista]	[No trabaja con LC]	
274	2	4	<b>268</b>

Edad		Sexo	
Promedio / DE	Min > Max	Mujer	Varón
40,4 ± 10,7	20 > 80	128 (47,8%)	140 (52,2%)

Países	n (%)	Status profesional	n (%)
Brasil	214 (79,9%)	Estudiante	181 (67,5%)
España	35 (13,1%)	Óptico-Optometrista	49 (18,3%)
Colombia	5 (1,9%)	Profesor universitario	28 (10,4%)
Argentina	2 (0,7%)	Contactólogo	10 (3,7%)
México	2 (0,7%)		
Ecuador	1 (0,4%)		
Reino Unido	7 (2,6%)	<b>Estudiantes</b>	181 (67,5%)
Australia	2 (0,7%)	<b>Profesional</b>	87 (32,5%)



**Tabla 9.2** Perfil de los participantes incluidos en el análisis final del cuestionario aplicado a estudiantes (azul – arriba) y profesionales/docentes (amarillo – abajo).

Estudiantes		n	Excluidos (Corte 5%)	Total analizados	
		181	(< 2,5%) 5   5 (>2,5%)	<b>171</b>	
País		n (%)	sexo [Mujer   Varón]	Edad ± DE	P valor
	Brasil	154 (90,1%)	67 (43,5%)   87 (56,5%)	40,9 ± 9,4	< 0,001
	España	17 (9,9%)	14 (82,4%)   3 (17,6%)	21,8 ± 1,4	
<b>TOTAL</b>	<b>171 (100%)</b>	<b>81 (47,4%)   90 (52,6%)</b>	<b>39,0 ± 10,6</b>		
Profesionales		n	Excluidos (Corte 5%)	Total analizados	
		87	(< 2,5%) 2   2 (>2,5%)	<b>83</b>	
Idioma		n (%)	sexo [Mujer   Varón]	Edad ± DE	P valor
	Portugués	50 (60,2%)	22 (44,0%)   28 (56,0%)	45,7 ± 10,7	0,191
No portugués	33 (39,8%)	16 (48,5%)   17 (51,5%)	42,6 ± 10,2		
Estado profesional	Óptico-Optometrista	47 (56,6%)	18 (38,3%)   29 (61,7%)	41,8 ± 10,5	0,119
	Profesor universitario	26 (31,3%)	14 (53,8%)   12 (46,2%)	47,0 ± 9,6	
	Contactólogo	10 (12,0%)	6 (60,0%)   4 (40,0%)	44,9 ± 11,1	
Relación LC	Solo trabaja con LC	45 (54,2%)	21 (46,6%)   24 (53,4%)	39,9 ± 10,0	<0,001
	Educa en LC	38 (45,8%)	17 (44,7%)   21 (55,3%)	48,4 ± 9,0	
Educadores LC	Miembro IACLE	20 (52,6%)	6 (30,0%)   14 (70,0%)	50,8 ± 9,0	0,134
	No Miembro IACLE	18 (47,4%)	11 (61,1%)   7 (38,9%)	46,4 ± 8,8	
<b>TOTAL</b>	<b>83 (100%)</b>	<b>38 (45,8%)   45 (54,2%)</b>	<b>43,8 ± 10,4</b>		

### Cuestionario de estudiantes

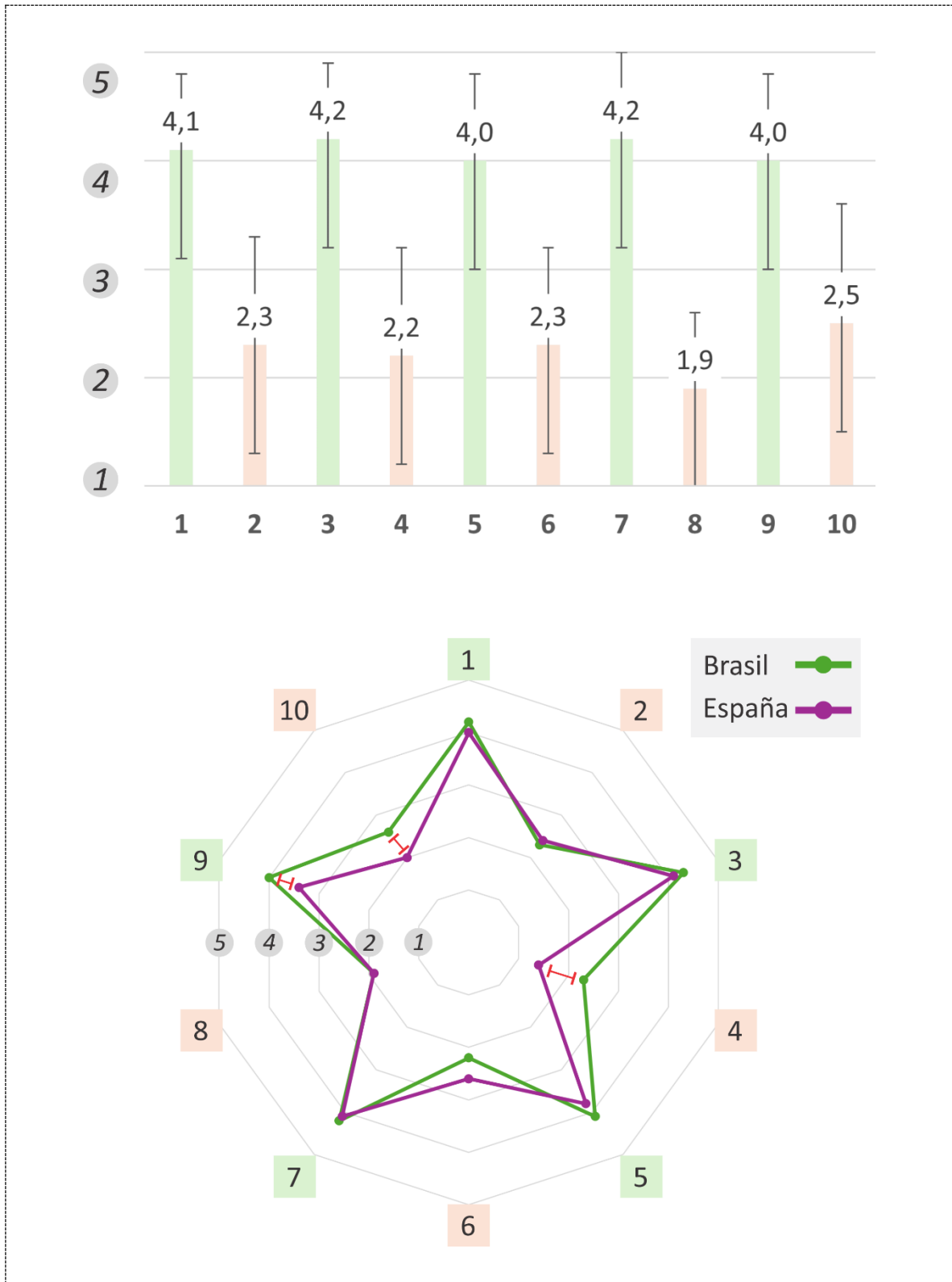
Un total de 154 estudiantes brasileños y 17 españoles fueron analizados en relación con su percepción de usabilidad. En términos generales, los resultados fueron positivos, destacando especialmente las afirmaciones relacionadas con la facilidad de uso y la familiarización con la plataforma. Las medias más altas se observaron en las afirmaciones “El simulador me pareció fácil de usar” (ítem 3;  $4,2 \pm 0,7$ ), “La mayoría de la gente aprendería a utilizar este simulador muy rápidamente” (ítem 7;  $4,2 \pm 0,8$ ) y “Me gustaría utilizar este simulador con frecuencia” (ítem 1;  $4,1 \pm 0,7$ ), lo que indica una buena aceptación en cuanto a la navegabilidad y aplicabilidad de la herramienta (Tabla 9.3 y Figura 9.2). Entre los ítems de afirmación negativa (donde una puntuación baja es más positiva, al reflejar desacuerdo con la afirmación), la peor puntuación se obtiene en los ítems “Encontré el simulador muy difícil de usar” (ítem 8;  $1,9 \pm 0,7$ ) y de “Necesito el apoyo de un técnico para poder utilizar este simulador” (ítem 4;  $2,2 \pm 0,1$ ) lo que refuerza la impresión favorable sobre la comodidad durante el uso de la interfaz.

En la comparación entre grupos (Brasil y España) (Tabla 9.3 y Figura 9.2), tres ítems mostraron diferencias significativas. Los estudiantes brasileños asignaron puntuaciones más altas a las afirmaciones negativas, indicando mayor concordancia, en “Necesito el apoyo de un técnico para poder utilizar este simulador” (ítem 4;  $2,3 \pm 0,1$  versus  $1,4 \pm 0,8$ ;  $P=0,001$ ) y “Es necesario haber recibido mucha orientación sobre el uso del simulador antes de poder empezar a utilizarlo” (ítem 10;  $2,6 \pm 1,1$  versus  $2,0 \pm 1,2$ ;  $P=0,032$ ). En cambio, los estudiantes españoles puntuaron más bajo en la afirmación positiva “Me

sentí muy seguro al utilizar el simulador” (ítem 9;  $3,4 \pm 0,9$  versus  $4,0 \pm 0,8$ ;  $P=0,001$ ), lo que sugiere una menor confianza durante el uso.

**Tabla 9.3** Promedios de respuesta por ítem del cuestionario SUS entre estudiantes brasileños y españoles. Las preguntas con fondo verde representan afirmaciones positivas, mientras que las de fondo rosa corresponden a afirmaciones negativas.

nº	preguntas	Brasil	España	P valor	Total
1	Me gustaría utilizar este simulador con frecuencia.	$4,2 \pm 0,7$	$4,0 \pm 0,9$	0,366	$4,1 \pm 0,7$
2	El simulador me pareció muy complejo.	$2,3 \pm 1,1$	$2,4 \pm 0,9$	0,787	$2,3 \pm 1,0$
3	El simulador me pareció fácil de usar.	$4,3 \pm 0,7$	$4,1 \pm 0,7$	0,209	$4,2 \pm 0,7$
4	Necesito el apoyo de un técnico para poder utilizar este simulador.	$2,3 \pm 1,1$	$1,4 \pm 0,8$	<b>0,001</b>	$2,2 \pm 1,0$
5	Encontré que las diversas funciones de este simulador están bien integradas.	$4,1 \pm 0,8$	$3,8 \pm 0,7$	0,254	$4,0 \pm 0,8$
6	Pienso que hay muchas inconsistencias en este simulador.	$2,2 \pm 0,9$	$2,6 \pm 1,1$	0,139	$2,3 \pm 0,9$
7	La mayoría de la gente aprendería a utilizar este simulador muy rápidamente.	$4,2 \pm 0,8$	$4,1 \pm 0,7$	0,516	$4,2 \pm 0,8$
8	Encontré el simulador muy difícil de usar.	$1,9 \pm 0,7$	$1,9 \pm 1,0$	0,839	$1,9 \pm 0,7$
9	Me sentí muy seguro al utilizar el simulador.	$4,0 \pm 0,8$	$3,4 \pm 0,9$	<b>0,001</b>	$4,0 \pm 0,8$
10	Es necesario haber recibido mucha orientación sobre el uso del simulador antes de poder empezar a utilizarlo.	$2,6 \pm 1,1$	$2,0 \pm 1,2$	<b>0,032</b>	$2,5 \pm 1,1$

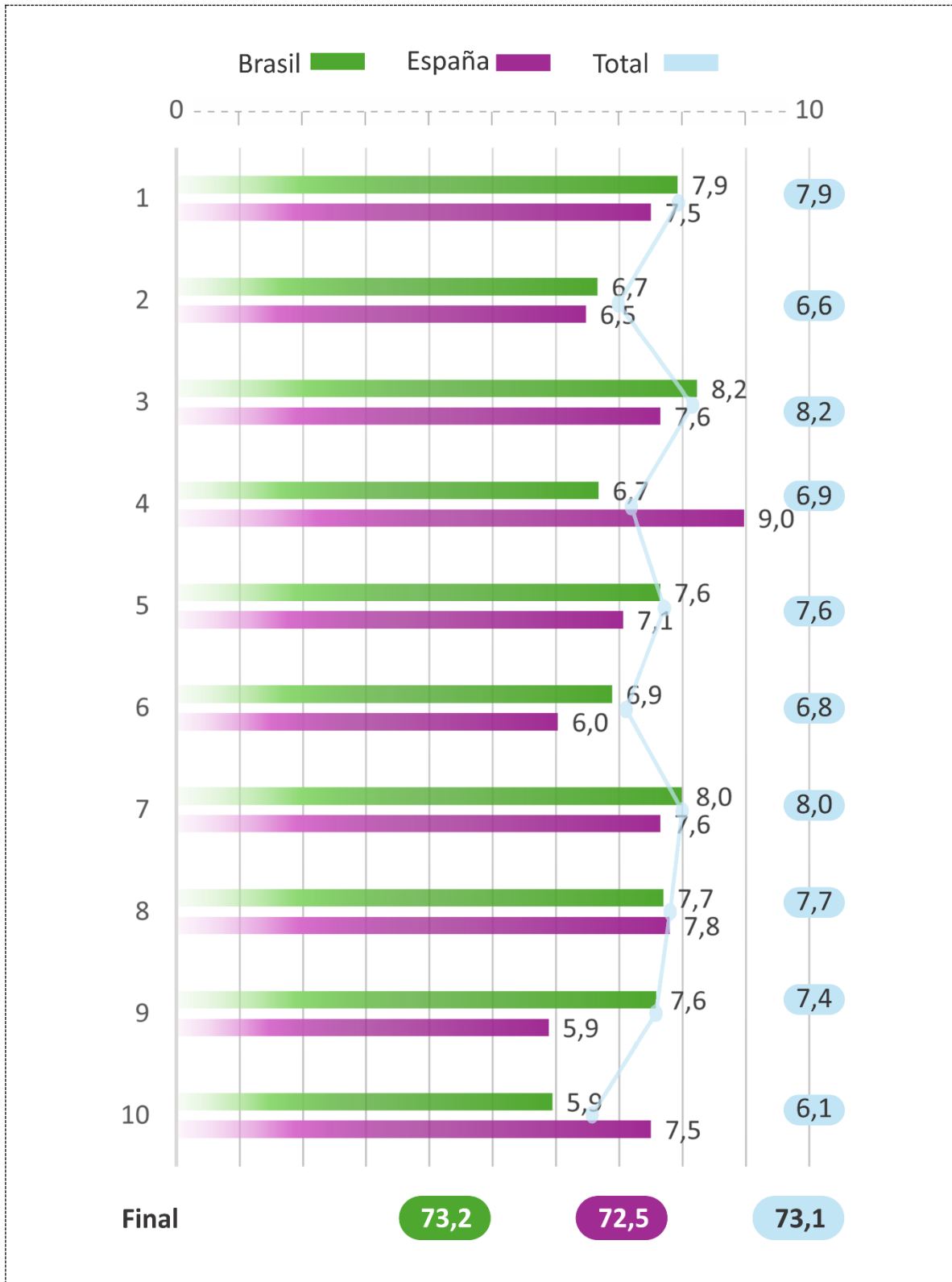


**Figura 9.2** Resumen gráfico de las respuestas al cuestionario SUS, con promedios generales en la parte superior y segmentados por país en la inferior. Los fondos verdes representan afirmaciones positivas, mientras que los fondos rosas corresponden a afirmaciones negativas.

La Tabla 9.4 presenta estos mismos resultados convertidos en las puntuaciones estandarizadas según la fórmula del SUS, lo que facilita la visualización del desempeño general. Las puntuaciones individuales oscilaron entre 5,9 y 9,0 entre los estudiantes españoles, y entre 5,9 y 8,2 entre los brasileños, aunque estos últimos presentaron valores ligeramente superiores en la mayoría de los ítems. Al considerar la puntuación total, ambos grupos mostraron un desempeño prácticamente equivalente, con valores de  $73,2 \pm 12,4$  para Brasil y  $72,5 \pm 11,5$  para España, sin diferencias estadísticamente significativas ( $P=0,820$ ), y un valor de SUS final de  $73,1 \pm 12,2$  (Figura 9.3).

**Tabla 9.4** Cálculo de la escala SUS mostrando las puntuaciones totales.

nº	Suma cálculo SUS			Puntuación SUS final		
	Brasil	España	Total	Brasil	España	Total
1	488	51	539	<b>7,9</b>	<b>7,5</b>	<b>7,9</b>
2	410	44	454	<b>6,7</b>	<b>6,5</b>	<b>6,6</b>
3	507	52	559	<b>8,2</b>	<b>7,6</b>	<b>8,2</b>
4	411	61	472	<b>6,7</b>	<b>9,0</b>	<b>6,9</b>
5	471	48	519	<b>7,6</b>	<b>7,1</b>	<b>7,6</b>
6	424	41	465	<b>6,9</b>	<b>6,0</b>	<b>6,8</b>
7	492	52	544	<b>8,0</b>	<b>7,6</b>	<b>8,0</b>
8	474	53	527	<b>7,7</b>	<b>7,8</b>	<b>7,7</b>
9	467	40	507	<b>7,6</b>	<b>5,9</b>	<b>7,4</b>
10	366	51	417	<b>5,9</b>	<b>7,5</b>	<b>6,1</b>
<b>Final</b>	4510	493	5003	<b><math>73,2 \pm 12,4</math></b>	<b><math>72,5 \pm 11,3</math></b>	<b><math>73,1 \pm 12,2</math></b> <i>P=0,820</i>



**Figura 9.3** Representación gráfica del cálculo del SUS y de la puntuación final.

### Cuestionario de profesionales y docentes

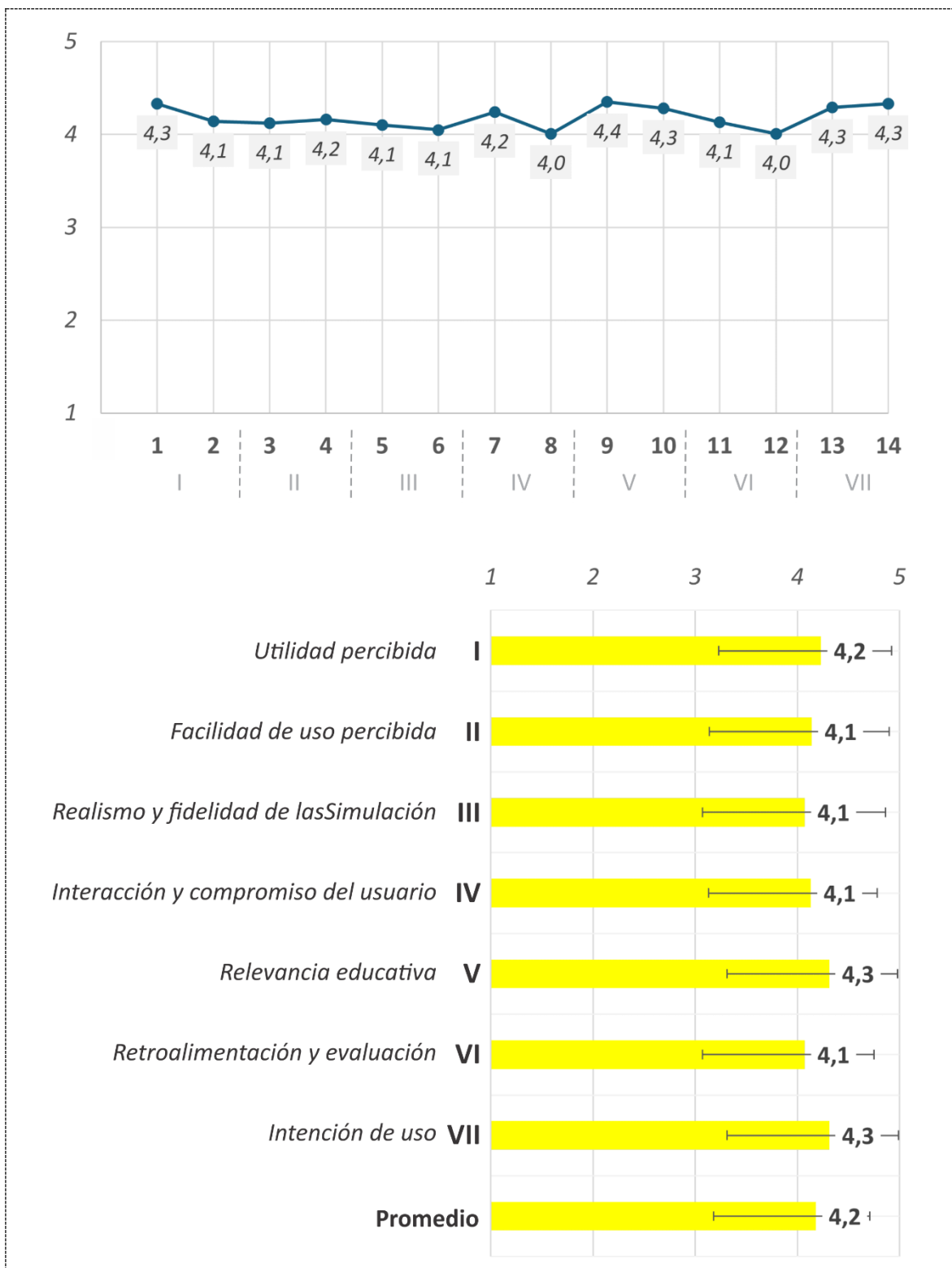
Los resultados obtenidos de los profesionales y docentes presentaron una media general de  $4,18 \pm 0,53$  en la escala Likert. Las áreas mayor puntuación fueron “Relevancia Educativa” y “Intención de Uso”, con la misma puntuación media (4,31), mientras que los valores más bajos se registraron en los bloques de “Realismo y Fidelidad de la Simulación” y “Retroalimentación y Evaluación”, (con 4,07), pero todas las dimensiones e ítems superan los 4 puntos. Entre las preguntas, se observaron medias más elevadas en “¿El simulador es una herramienta educativa útil para enseñar casos clínicos de LC?” (ítem 9;  $4,35 \pm 0,69$ ) y “¿El uso del simulador por parte de estudiantes/profesionales fomenta el aprendizaje en el área de la contactología?” (ítem 1;  $4,33 \pm 0,70$ ), mientras que los promedios más bajos correspondieron a “¿La interfaz del simulador es interactiva e intuitiva?” (ítem 8) y “¿Al final, el simulador ofrece una evaluación personalizada del desempeño?” (ítem 12), (4,01 puntos), tal y como se presenta en la Tabla 9.5 y la Figura 9.4.

En relación con el idioma, los participantes hablantes de portugués (representados por brasileños) alcanzaron un valor mayor ( $4,4 \pm 0,5$ ) que los no hablantes ( $3,9 \pm 0,4$ ,  $P < 0,001$ ). Respecto al análisis por perfil profesional, las puntuaciones fueron similares ( $P = 0,165$ ), otorgando los contactólogos la mayor valoración ( $4,5 \pm 0,5$ ) seguidos por docentes universitarios ( $4,2 \pm 0,5$ ) y por último los óptico-optometristas ( $4,1 \pm 0,6$ ). Se observó una diferencia estadísticamente significativa ( $P = 0,041$ ) entre quienes se dedicaban exclusivamente al trabajo con LC ( $4,3 \pm 0,5$ ) y los que también actúan como educadores en contactología ( $4,1 \pm 0,5$ ). La representación general de las respuestas por grupo se muestra en la Tabla 9.6 y Figura 9.5.

**Tabla 9.5** Resumen de las puntuaciones del cuestionario aplicado a profesionales.

Nº	Preguntas	Mín	Máx	Promedio ± DS
<b>I - Utilidad Percibida</b>				<b>4,23 ± 0,69</b>
1	El uso del simulador por parte de estudiantes/profesionales fomenta el aprendizaje en el área de la contactología.	2	5	4,33 ± 0,70
2	El uso del simulador virtual mejora la comprensión de las situaciones clínicas.	1	5	4,14 ± 0,86
<b>II - Facilidad de Uso Percibida</b>				<b>4,14 ± 0,76</b>
3	Me pareció fácil navegar en el simulador virtual.	2	5	4,12 ± 0,86
4	Las funciones del simulador son fáciles de aprender a utilizar.	2	5	4,16 ± 0,88
<b>III - Realismo y Fidelidad de la Simulación</b>				<b>4,07 ± 0,79</b>
5	El contenido del simulador es aplicable a la realidad.	1	5	4,10 ± 0,85
6	Las opciones y estructuras de los datos clínicos que presenta el simulador se refieren a situaciones de la vida real.	1	5	4,05 ± 0,88
<b>IV - Interacción y Compromiso del Usuario</b>				<b>4,13 ± 0,65</b>
7	El simulador mantiene mi interés durante el uso.	1	5	4,24 ± 0,85
8	La interfaz del simulador es interactiva e intuitiva.	2	5	4,01 ± 0,80
<b>V - Relevancia Educativa</b>				<b>4,31 ± 0,67</b>
9	El simulador es una herramienta educativa útil para enseñar casos clínicos de lentes de contacto.	2	5	4,35 ± 0,69
10	El simulador permite a los estudiantes experimentar y facilitar la adquisición de habilidades prácticas y clínicas, ayudando en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las lentes de contacto.	2	5	4,28 ± 0,75
<b>VI - Retroalimentación y Evaluación</b>				<b>4,07 ± 0,68</b>
11	La información ( <i>feedback</i> ) proporcionada por el simulador es clara y útil.	2	5	4,13 ± 0,79
12	Al final, el simulador ofrece una evaluación personalizada del desempeño.	2	5	4,01 ± 0,77
<b>VII - Intención de Uso</b>				<b>4,31 ± 0,68</b>
13	Recomendaría utilizar el simulador en otro programa/asignatura/lección del área de ciencias de la visión, adaptándolo al contenido.	2	5	4,29 ± 0,76
14	Recomendaría el uso del simulador virtual a otros profesionales o estudiantes.	2	5	4,33 ± 0,75
<b>Promedio general</b>				<b>4,18 ± 0,53</b>

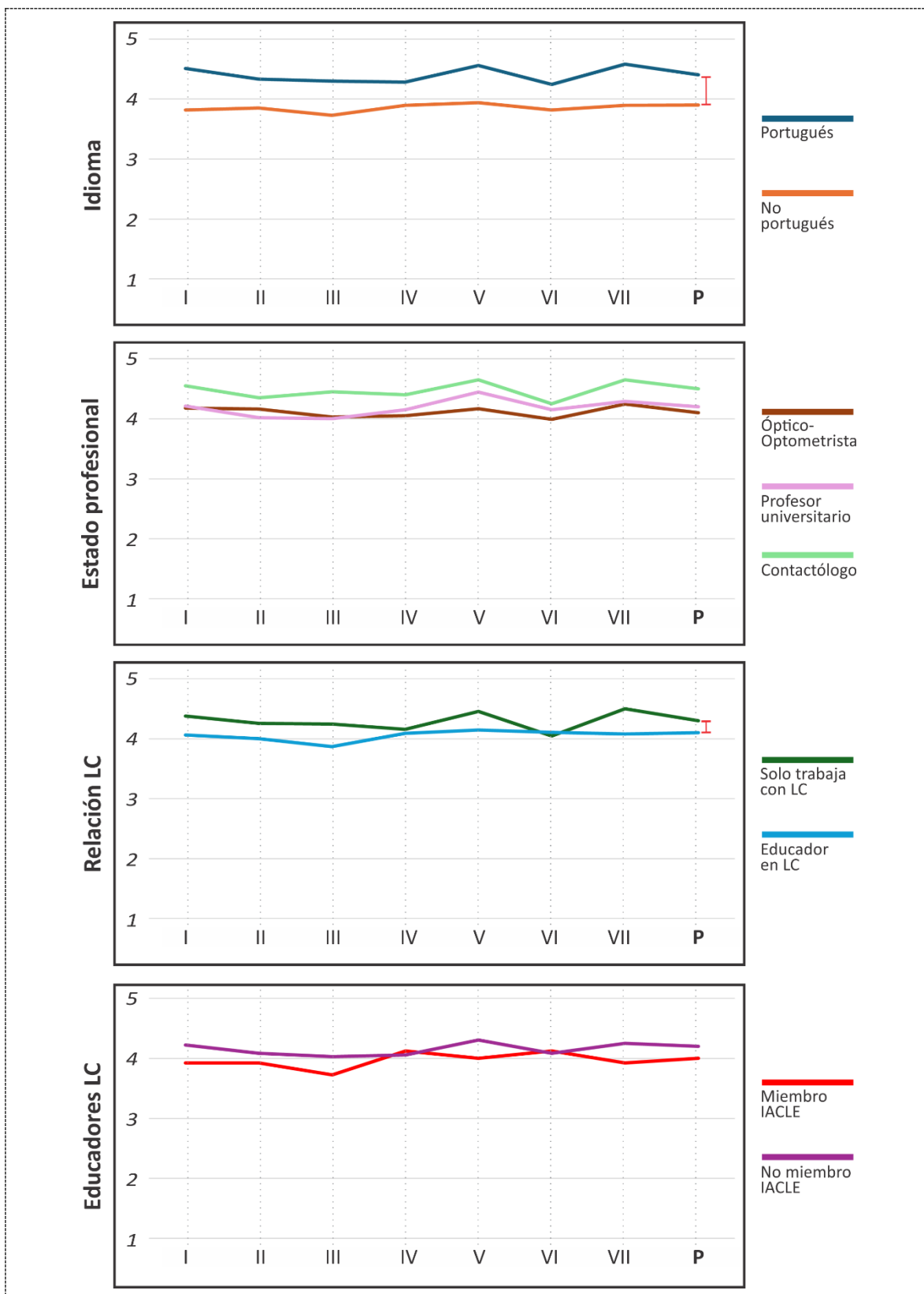




**Figura 9.4** Gráfico de las puntuaciones medias por dimensión evaluada en el cuestionario aplicado a profesionales y docentes. Los números del 1 al 14 en la parte superior hacen referencia a las preguntas del cuestionario, tal como se detalla en la Tabla 9.5. Los números romanos representan los distintos grupos de dimensiones analizadas, referenciados en el gráfico inferior.

**Tabla 9.6** Comparación de las puntuaciones medias por subgrupos. Los números del 1 al 14 hacen referencia a las preguntas del cuestionario y los números romanos representan los distintos grupos de dimensiones analizadas tal como se detalla en la Tabla 9.5.

Grupo / Nº	Idioma		Estado profesional			Relación LC		Educadores LC	
	Portugués	No portugués	Óptico- Optometrista	Profesor universitario	Contactólogo	Solo trabaja con LC	Educa en LC	Miembro IACLE	No IACLE
<b>I</b>	4,5	3,8	4,2	4,2	4,6	4,4	4,1	3,9	4,2
1	4,6	4,0	4,3	4,3	4,7	4,4	4,2	4,1	4,3
2	4,5	3,7	4,1	4,2	4,4	4,3	3,9	3,8	4,2
<b>II</b>	4,3	3,8	4,2	4,0	4,4	4,3	4,0	3,9	4,1
3	4,3	3,8	4,1	4,0	4,2	4,2	4,0	4,0	4,1
4	4,4	3,8	4,2	4,0	4,5	4,3	4,0	3,9	4,1
<b>III</b>	4,3	3,7	4,0	4,0	4,5	4,2	3,9	3,7	4,0
5	4,3	3,8	4,1	4,1	4,2	4,2	3,9	3,7	4,2
6	4,3	3,7	4,0	3,9	4,7	4,3	3,8	3,8	3,8
<b>IV</b>	4,3	3,9	4,1	4,2	4,4	4,2	4,1	4,1	4,1
7	4,4	4,1	4,2	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2
8	4,2	3,7	3,9	4,0	4,5	4,0	4,0	4,1	3,9
<b>V</b>	4,6	3,9	4,2	4,4	4,7	4,5	4,1	4,0	4,3
9	4,6	4,0	4,2	4,5	4,6	4,5	4,2	4,1	4,3
10	4,5	3,9	4,1	4,3	4,7	4,4	4,1	4,0	4,3
<b>VI</b>	4,2	3,8	4,0	4,2	4,3	4,0	4,1	4,1	4,1
11	4,2	4,0	4,0	4,3	4,3	4,0	4,3	4,4	4,2
12	4,3	3,6	4,0	4,0	4,2	4,1	3,9	3,9	4,0
<b>VII</b>	4,6	3,9	4,2	4,3	4,7	4,5	4,1	3,9	4,3
13	4,5	3,9	4,2	4,3	4,7	4,5	4,1	3,9	4,3
14	4,6	3,8	4,3	4,2	4,6	4,5	4,1	4,0	4,2
<b>Promedio</b>	<b>4,4</b> <b>± 0,5</b>	<b>3,9</b> <b>± 0,4</b>	<b>4,1</b> <b>± 0,6</b>	<b>4,2</b> <b>± 0,5</b>	<b>4,5</b> <b>± 0,5</b>	<b>4,3</b> <b>± 0,5</b>	<b>4,1</b> <b>± 0,5</b>	<b>4,0</b> <b>± 0,3</b>	<b>4,2</b> <b>± 0,7</b>
	<b>P&lt;0,001</b>		<b>P=0,165</b>			<b>P=0,041</b>		<b>P=0,306</b>	



**Figura 9.5** Gráfico de las puntuaciones medias por ítem en distintos subgrupos de profesionales y docentes. Los números romanos representan los distintos grupos de dimensiones analizadas tal como se detalla en la Tabla 9.5.

En el análisis por subgrupos, los hablantes de portugués asignaron sus puntuaciones más altas a aspectos relacionados con la relevancia educativa (ítem 9; media de 4,6) y la recomendación de uso (ítem 14, media de 4,6), mientras que los que no hablan portugués presentaron puntuaciones más bajas en ítems vinculados a utilidad percibida (ítem 2, media de 3,7) y evaluación final (ítem 12, media de 3,6). Entre los perfiles profesionales, los contactólogos alcanzaron las medias más elevadas de forma consistente, con valores destacados en fidelidad (ítem 6, media de 4,7), estímulo para el aprendizaje en LC (ítem 1, media de 4,7) e interfaz interactiva (ítem 8, media de 4,5). Los docentes universitarios y óptico-optometristas presentaron resultados más similares, con variaciones menores entre ítems. En el grupo de educadores, los miembros de la IACLE asignaron puntuaciones superiores acerca del *feedback* (ítem 11, media de 4,4) y recomendación del simulador (ítem 14, media de 4,2), mientras que los no miembros mostraron otorgaron valores inferiores especialmente en el ítem de beneficios en situaciones clínicas (ítem 2, media de 3,8) y realismo de los casos (ítem 6, media de 3,8).

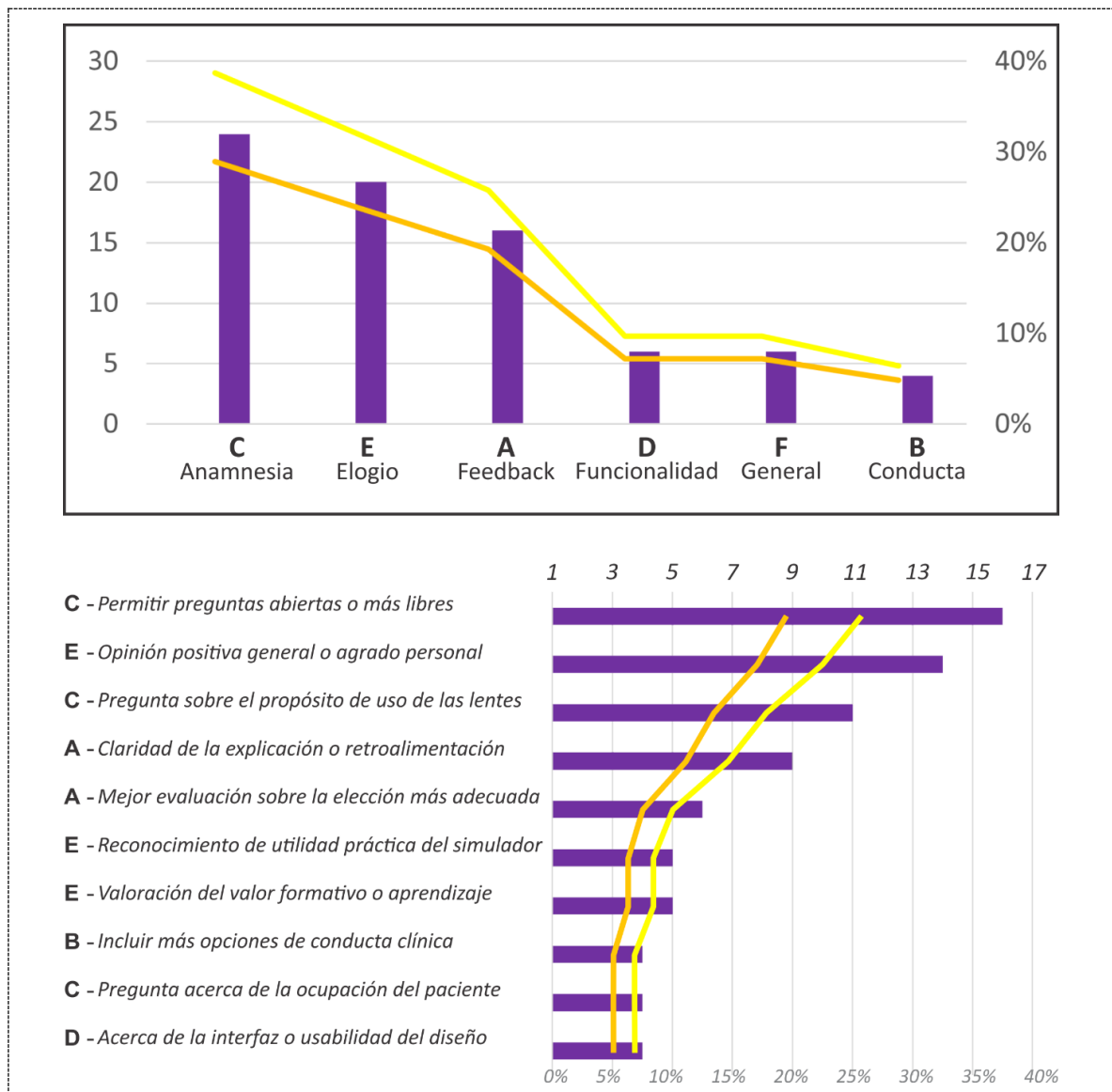
Por último, se recopilaron 62 comentarios abiertos (lo que supone una tasa de participación del 74,7%) en la última pregunta del cuestionario. Las observaciones fueron agrupadas en 23 tipos diferentes de comentarios, agrupados posteriormente en seis categorías temáticas: retroalimentación, conducta clínica, anamnesis, funcionalidad, elogios y comentarios generales. Las tres categorías más representativas fueron “Anamnesis” (24 comentarios; 38,7%) que incluyó sugerencias para ampliar las preguntas clínicas; “Elogios” (20 comentarios; 32,3%) con comentarios positivos sobre la utilidad y el realismo del simulador; y “Retroalimentación” (16 comentarios; 25,8%)

centrada en propuestas para mejorar los mecanismos de puntuación y la claridad de los resultados (Tabla 9.7 y Figura 9.6 - superior).

**Tabla 9.7** Resumen de los comentarios abiertos según clasificación temática.

Categoría/Comentario	n	% grupo	% comen.	% partic.
<b>A - Feedback</b>	<b>16</b>	<b>100,0%</b>	<b>25,8%</b>	<b>19,3%</b>
Claridad de la explicación o retroalimentación	9	56,3%	14,5%	10,8%
Mejor evaluación sobre la elección más adecuada	6	37,5%	9,7%	7,2%
Mejor puntuación o sistema de evaluación	2	12,5%	3,2%	2,4%
<b>B - Conducta</b>	<b>4</b>	<b>100,0%</b>	<b>6,5%</b>	<b>4,8%</b>
Incluir más opciones de conducta clínica	4	100,0%	6,5%	4,8%
Propuesta de conductas alternativas adicionales	1	25,0%	1,6%	1,2%
Comentario sobre derivación o referencias clínicas	1	25,0%	1,6%	1,2%
Valoración sobre la adecuación del tipo de LC	1	25,0%	1,6%	1,2%
<b>C - Anamnesis</b>	<b>24</b>	<b>100,0%</b>	<b>38,7%</b>	<b>28,9%</b>
Permitir preguntas abiertas o más libres	16	66,7%	25,8%	19,3%
Pregunta sobre el propósito de uso de las lentes	11	45,8%	17,7%	13,3%
Pregunta acerca de la ocupación del paciente	4	16,7%	6,5%	4,8%
Inclusión o relevancia de antecedentes familiares	3	12,5%	4,8%	3,6%
Mención a hábitos o actividades de ocio	3	12,5%	4,8%	3,6%
Mejorar sobre uso de medicación y consideración	2	8,3%	3,2%	2,4%
<b>D - Funcionalidad</b>	<b>6</b>	<b>100,0%</b>	<b>9,7%</b>	<b>7,2%</b>
Acerca de la interfaz o usabilidad del diseño	4	66,7%	6,5%	4,8%
Acerca de la claridad de las explicaciones	2	33,3%	3,2%	2,4%
<b>E - Elogio</b>	<b>20</b>	<b>100,0%</b>	<b>32,3%</b>	<b>24,1%</b>
Opinión positiva general o agrado personal	14	70,0%	22,6%	16,9%
Reconocimiento de utilidad práctica del simulador	5	25,0%	8,1%	6,0%
Valoración del valor formativo o aprendizaje	5	25,0%	8,1%	6,0%
Acerca del realismo de los casos o del entorno	1	5,0%	1,6%	1,2%
Expresión de interés o motivación generada	1	5,0%	1,6%	1,2%
Apreciación sobre la facilidad de uso	1	5,0%	1,6%	1,2%
<b>F - General</b>	<b>6</b>	<b>100,0%</b>	<b>9,7%</b>	<b>7,2%</b>
Recomendaciones o ideas para mejorar	3	50,0%	4,8%	3,6%
Observaciones negativas general	3	50,0%	4,8%	3,6%
<b>Total comentarios</b>	<b>62</b>	-	<b>100,0%</b>	<b>74,7%</b>

La Figura 9.6 (parte inferior) presenta una visión de los temas más mencionados, entre los cuales se destacan permitir preguntas abiertas o más libres (16 comentarios; 25,8%), la valoración positiva general del simulador (14 comentarios; 22,6%) y la sugerencia de incluir una pregunta sobre el propósito de uso de las LC (11 comentarios; 17,7%). Solo seis comentarios hicieron referencia a un único aspecto específico.



**Figura 9.6** Gráfico de la frecuencia de los comentarios. Parte superior: por categoría temática (identificadas con letras mayúsculas de la A a la F). Parte inferior: los 10 comentarios más frecuentes. Las líneas naranjas representan el porcentaje sobre el total de participantes, y las líneas amarillas, sobre el total de comentarios.



## 9.4. DISCUSIÓN

El crecimiento de los OED ha ido acompañado de una creciente exigencia de evaluación metodológica rigurosa, especialmente en el ámbito de la formación sanitaria, donde se busca garantizar también su eficacia pedagógica.<sup>147,189</sup> Por ello, la validación mediante pruebas con usuarios reales se vuelve esencial para analizar tanto su aceptación como su utilidad educativa.<sup>71,175,190</sup> El uso de instrumentos estandarizados permite llevar a cabo esa evaluación crítica de forma estructurada, con énfasis en criterios como la facilidad de uso, la satisfacción del usuario y la percepción de aplicabilidad clínica.<sup>175,195</sup> Investigaciones recientes subrayan que los procesos de validación iterativa, que combinan pruebas de usabilidad con retroalimentación y análisis del impacto formativo, resultan fundamentales para asegurar una integración significativa de estas tecnologías en la enseñanza clínica.<sup>14,147</sup> En particular, cuando se aplican a contextos como la simulación en ciencias de la salud, este enfoque permite alinear el diseño tecnológico con los objetivos pedagógicos esperados.<sup>33,73,147,196</sup>

El presente estudio propone la validación preliminar del simulador de interacción clínica en LC, denominado SILVIA, mediante una muestra total de 268 participantes, compuesta por 181 estudiantes y 87 profesionales o docentes (Tabla 9.1). La mayoría de los encuestados procedía de Brasil (79,9%), lo que refleja la estrategia institucional de implementación y difusión enfocada en universidades brasileñas. Aunque el tamaño de la muestra puede considerarse moderado, se encuentra dentro de un rango comparable al reportado en estudios similares que aplicaron cuestionarios estructurados para evaluar simuladores clínicos u otras herramientas digitales en educación en salud.<sup>73,197,198</sup>

### *Cuestionario a estudiantes*

La Escala SUS es una herramienta ampliamente utilizada para evaluar la experiencia del usuario en sistemas interactivos, debido a su aplicabilidad transversal, fiabilidad y simplicidad de interpretación.<sup>175,190</sup> En el ámbito de la educación en salud, se ha consolidado como una metodología válida incluso en simuladores clínicos digitales, gracias a su capacidad de comparación con valores de referencia procedentes de otros contextos educativos.<sup>88,198</sup> Esta escala genera una puntuación global entre 0 y 100, a partir de las respuestas a 10 cuestiones estandarizadas, y se acepta que un valor superior a 85 indica una usabilidad excelente, entre 70 y 84 se considera buena, entre 50 y 69 aceptable, y por debajo de 50 reflejan problemas importantes de usabilidad.<sup>199</sup>

En el análisis del perfil de los estudiantes que participaron en esta evaluación, se observaron diferencias notables entre las muestras de Brasil (n=154) y España (n=17), tanto en el tamaño como en las



características sociodemográficas, particularmente en la edad (40,9 versus 21,8 años;  $P < 0,001$ ) y en la distribución por sexo (Tabla 9.2). Estas diferencias pueden influir significativamente en la forma en que los estudiantes perciben y valoran las herramientas digitales en general y la analizada en este trabajo en particular, considerando que la experiencia previa con tecnologías y la familiaridad con entornos virtuales tienden a ser mayores en perfiles más jóvenes, habitualmente expuestos a procesos de digitalización desde etapas tempranas.<sup>200</sup> A pesar de estas diferencias, los resultados generales de la valoración fueron positivos ya que todas las afirmaciones de carácter positivo presentaron medias superiores a 4, mientras que las afirmaciones negativas se mantuvieron por debajo de 2, lo que refleja una excelente aceptación general del simulador (Tabla 9.3).

Entre los ítems mejor valorados destacan “El simulador me pareció fácil de usar” y “La mayoría de la gente aprendería a utilizar este simulador muy rápidamente” (ambos con media de 4,2), lo que refuerza la impresión de accesibilidad tecnológica percibida por los estudiantes. Estos resultados se alinean con investigaciones que señalan la percepción de control y la navegación intuitiva como factores clave en la motivación para el uso continuado de plataformas educativas en salud.<sup>193,201</sup>

En la comparación, los estudiantes brasileños registraron puntuaciones más altas incluso en los ítems de formulación negativa, los cuales, por su diseño, reducen la puntuación final, como “Necesito el apoyo de un técnico para poder utilizar este simulador” (2,3 versus 1,4;  $P = 0,001$ ) y “Es necesario haber recibido mucha orientación sobre el uso del simulador antes de poder empezar a utilizarlo” (2,6 versus

2,0;  $P=0,032$ ). Esta diferencia podría interpretarse como una percepción más crítica por parte de un grupo con una edad promedio superior y, posiblemente, con menor familiaridad previa con el uso de simuladores digitales. Esta hipótesis es respaldada por investigaciones que han asociado la edad con una menor percepción de la autoeficacia digital, especialmente cuando se trata de tecnologías no convencionales en contextos educativos.<sup>200,202</sup>

Entre los ítems con menor puntuación en la Escala SUS (Tabla 9.3), destaca la afirmación “Me sentí muy seguro al utilizar el simulador”, con una diferencia entre los estudiantes de Brasil (7,6) y España (5,9). Esta brecha podría estar vinculada al idioma original del simulador - desarrollado inicialmente en portugués, con casos clínicos también generados a partir de datos redactados en ese idioma - así como a diferencias en los marcos de referencia clínicos y en los esquemas habituales de interacción profesional durante el razonamiento diagnóstico.<sup>202</sup> En investigaciones previas, se ha documentado que desajustes lingüísticos o estilísticos pueden afectar negativamente la percepción de realismo o la confianza en simuladores digitales, especialmente cuando no existe alineación entre el diseño del contenido y el contexto comunicativo habitual del usuario.<sup>175,202</sup>

En contraste, los ítems con puntuaciones más bajas (2 y 10) correspondieron a afirmaciones negativas, lo cual puede representar no solo oportunidades de mejora, sino que también podría estar relacionado con posibles dificultades en la interpretación de frases invertidas, aspecto señalado en estudios previos sobre escalas educativas y carga cognitiva.<sup>46,203</sup>

La puntuación final del SUS fue de 73,1 puntos, sin diferencias

significativas entre los grupos (Figura 9.3). Este resultado se ubica dentro del rango considerado como “buena usabilidad”, según las clasificaciones habituales de esta escala. Además, supera el umbral de 68,<sup>204</sup> comúnmente citado como el punto mínimo aceptable para validar funcionalmente una herramienta digital. Se han documentado rangos similares (65–75) en simuladores empleados en programas de medicina general o farmacología clínica, lo que posiciona el presente resultado como prometedor para una primera versión funcional.<sup>14,199</sup>

### Cuestionario a profesionales y docentes

La percepción sobre la aplicación SILVIA por parte de profesionales y docentes fue en general positiva, con una media de 4,18 (sobre 5 en la escala Likert), y con todas las dimensiones evaluadas superando el valor de 4 (Tabla 9.5). Este resultado refuerza la aceptación inicial de la herramienta incluso entre usuarios con experiencia consolidada, lo cual no siempre ocurre cuando se introducen nuevas tecnologías digitales en la educación sanitaria.<sup>188,205</sup> Diversos estudios han identificado que los profesionales tienden a evaluar con mayor rigor las herramientas digitales, especialmente cuando su diseño no refleja con precisión los escenarios que enfrentan en la práctica cotidiana.<sup>14,31,206</sup> Por ejemplo, en una evaluación de simuladores quirúrgicos oftalmológicos, profesionales con mayor experiencia reportaron puntuaciones más bajas cuando las plataformas no simulaban variables clínicas reales como respuestas fisiológicas del paciente o consecuencias de errores técnicos.<sup>14</sup>

Las dimensiones mejor valoradas fueron “Relevancia educativa” e “Intención de uso” (media de 4,31), lo que refuerza su potencial como recurso formativo alineado con marcos de enseñanza por competencias

en educación sanitaria.<sup>4,186</sup> En contraste, los bloques “Realismo y fidelidad de la simulación” y “Retroalimentación y evaluación” obtuvieron medias más bajas (4,07), posiblemente debido a las elevadas expectativas del profesorado respecto a la inmersión clínica y al *feedback* personalizado. Algunos estudios destacan que estas dimensiones implican desafíos específicos en el diseño de simuladores, exigiendo contextos auténticos, interacción significativa y mecanismos de retroalimentación bien estructurados.<sup>64,197</sup>

En el análisis entre subgrupos, los hablantes de portugués (todos brasileños) mostraron una media mayor (4,4) que los no hablantes de portugués (3,9;  $P < 0,001$ ), lo que sugiere que factores idiomáticos o clínico-culturales pudieron haber influido en la percepción del simulador. Aunque el contenido fue traducido, es posible que elementos como la forma de presentación de los resultados de exámenes clínicos, los estilos de preguntas en la anamnesis o las opciones de manejo clínico hayan reflejado enfoques más familiares para los usuarios brasileños, lo que favoreció una mayor identificación y comodidad durante el uso del simulador. Este tipo de influencia ya ha sido reportada en estudios que demuestran cómo los simuladores diseñados en un contexto sanitario específico tienden a ser mejor valorados cuando sus protocolos y estructuras de decisión coinciden con las expectativas clínicas y comunicativas del público objetivo.<sup>195,202,207</sup>

En cuanto a la identificación profesional, no se han encontrado diferencias significativas entre contactólogos, docentes y ópticos-optometristas ( $P = 0,165$ ), aunque los contactólogos asignaron la mayor valoración (4,5), posiblemente por reconocer en el simulador elementos prácticos directamente aplicables a su campo de trabajo. En contraste,

los educadores obtuvieron una media ligeramente inferior (4,1), lo que podría deberse a un juicio más crítico propio del rol pedagógico, especialmente en relación con el realismo clínico y la integración curricular de la herramienta.<sup>189,205</sup>

También se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre quienes actuaban exclusivamente en la práctica clínica (4,3) y aquellos que también ejercían funciones docentes en contactología (4,1;  $P=0,041$ ). Esta diferencia puede estar asociada tanto a la mayor edad del grupo docente (48,4 versus 39,9 años;  $P<0,001$ ) como a una mayor exigencia en la evaluación, habitual entre quienes cuentan con formación pedagógica estructurada y conocimientos en diseño instruccional.<sup>46,208</sup> Por otro lado, no se identificaron diferencias significativas entre los miembros de IACLE y los no afiliados, aunque los primeros mostraron una ligera tendencia a valorar de forma más crítica aspectos como la utilidad percibida (3,9 frente a 4,2). Esta actitud podría reflejar su familiaridad con estándares internacionales de enseñanza, lo que les permite analizar con mayor precisión el grado de alineación entre las funcionalidades de la herramienta y las directrices pedagógicas reconocidas a nivel global.<sup>22,209</sup>

Uno de los aspectos más enriquecedores del cuestionario fue la inclusión de una pregunta abierta, que permitió recoger impresiones de los usuarios, con una tasa de respuesta del 74,7% ( $n = 62$ ), lo que indica un alto grado de implicación en el trabajo de evaluación de la herramienta tecnológica presentada. En este sentido, los comentarios asociados a la categoría “Anamnesis” fueron los más frecuentes (38,7%), centrados principalmente en la posibilidad de incluir preguntas libres o diversas durante la etapa de entrevista clínica virtual, lo que

sugiere el deseo de un mayor realismo.<sup>209</sup> Esta demanda está en consonancia con una de las limitaciones descritas en la fase de desarrollo (Capítulo 8), cuando se optó por una estructura de *chatbot* simple para facilitar el uso inicial de la plataforma, aún sin un soporte robusto de IA. La necesidad de bases de datos clínicas más heterogéneas para mejorar la diversidad y representatividad de los casos también ha sido señalada y supone una oportunidad clara de mejora.<sup>73,209</sup>

La segunda categoría más destacada fue “Elogios” (32,3%), dentro de la cual sobresale la expresión de agrado personal y valoración positiva general de la herramienta. Este hallazgo es especialmente relevante si se considera que se trata de una versión piloto del simulador y que su uso fue completamente voluntario. La capacidad de generar experiencias positivas incluso en este primer contacto revela el potencial motivador del simulador, que ha sido identificado como un factor crítico en la adherencia al uso de tecnologías educativas en salud.<sup>14,210</sup>

Por otro lado, aunque en menor proporción, la categoría “Retroalimentación” fue responsable del 25,8% de los comentarios, evidenciando propuestas para mejorar tanto la claridad de los resultados como en los mecanismos de evaluación automatizada. Esta observación resulta particularmente interesante, dado que la dimensión “Retroalimentación y evaluación” fue una de las mejor valoradas en el cuestionario, lo que sugiere una posible discrepancia entre la valoración general y las expectativas más específicas de ciertos perfiles de usuarios. Esta aparente contradicción puede explicarse por el hecho de que los comentarios abiertos suelen reflejar niveles más altos de

exigencia, especialmente entre educadores o profesionales con mayor experiencia, quienes tienden a valorar no solo la presencia de retroalimentación, sino también su profundidad, personalización y relevancia pedagógica en función de las decisiones clínicas tomadas.<sup>4,73,209</sup> Este hallazgo es consistente con estudios que indican que la retroalimentación, aunque generalmente bien evaluada, puede resultar insatisfactoria si no está contextualizada o suficientemente detallada. En simuladores clínicos digitales, especialmente aquellos basados en IA, la calidad del *feedback* representa uno de los principales predictores de eficacia percibida y de compromiso del usuario.<sup>9,175</sup>

### Limitaciones y perspectivas

Realizar una prueba de concepto con una herramienta inédita presenta desafíos metodológicos relevantes, como la necesidad de utilizar el simulador antes de responder, lo que pudo haber limitado la participación final.<sup>22,73,210</sup> Además, el desequilibrio geográfico de la muestra, con predominio de participantes brasileños, restringió comparaciones interculturales más amplias, un aspecto especialmente relevante en simuladores donde el idioma y la práctica clínica pueden influir en la experiencia del usuario.<sup>24,189,202,211</sup>

Pese a estas limitaciones, los resultados fueron alentadores tanto con estudiantes como docentes que valoraron positivamente la herramienta y destacaron su utilidad y usabilidad. No obstante, se han identificado áreas de mejora relevantes, como la personalización de la anamnesis, la calidad de la retroalimentación formativa y la ampliación de la diversidad de escenarios clínicos simulados.<sup>188</sup> Así como perspectivas futuras, se propone que es necesario fortalecer los mecanismos de anamnesis y retroalimentación mediante IA, así como ampliar la base

de datos clínica con mayor variabilidad, permitiendo la extrapolación y adaptación de los casos sintéticos a contextos formativos más diversos.<sup>189,207</sup> En este sentido, SILVIA representa una propuesta pionera en el ámbito de la educación en contactología, con potencial para complementar la formación clínica, especialmente en entornos con acceso limitado a pacientes reales.





## 9.5. DIFUSIÓN

Resultados preliminares de este capítulo fueron presentados en una conferencia realizada durante el 1er Simposio Nacional de Optometría de la UnC en mayo de 2025.



1<sup>er</sup> Simpósio Nacional de Optometria da Universidade do Contestado (UnC). Conferencia: **Avances tecnológicos en el entrenamiento en lentes de contacto: simulador de caso clínico**. Sabrina Braga Vieira. 30 de mayo de 2025. (Canoinhas - Brasil).





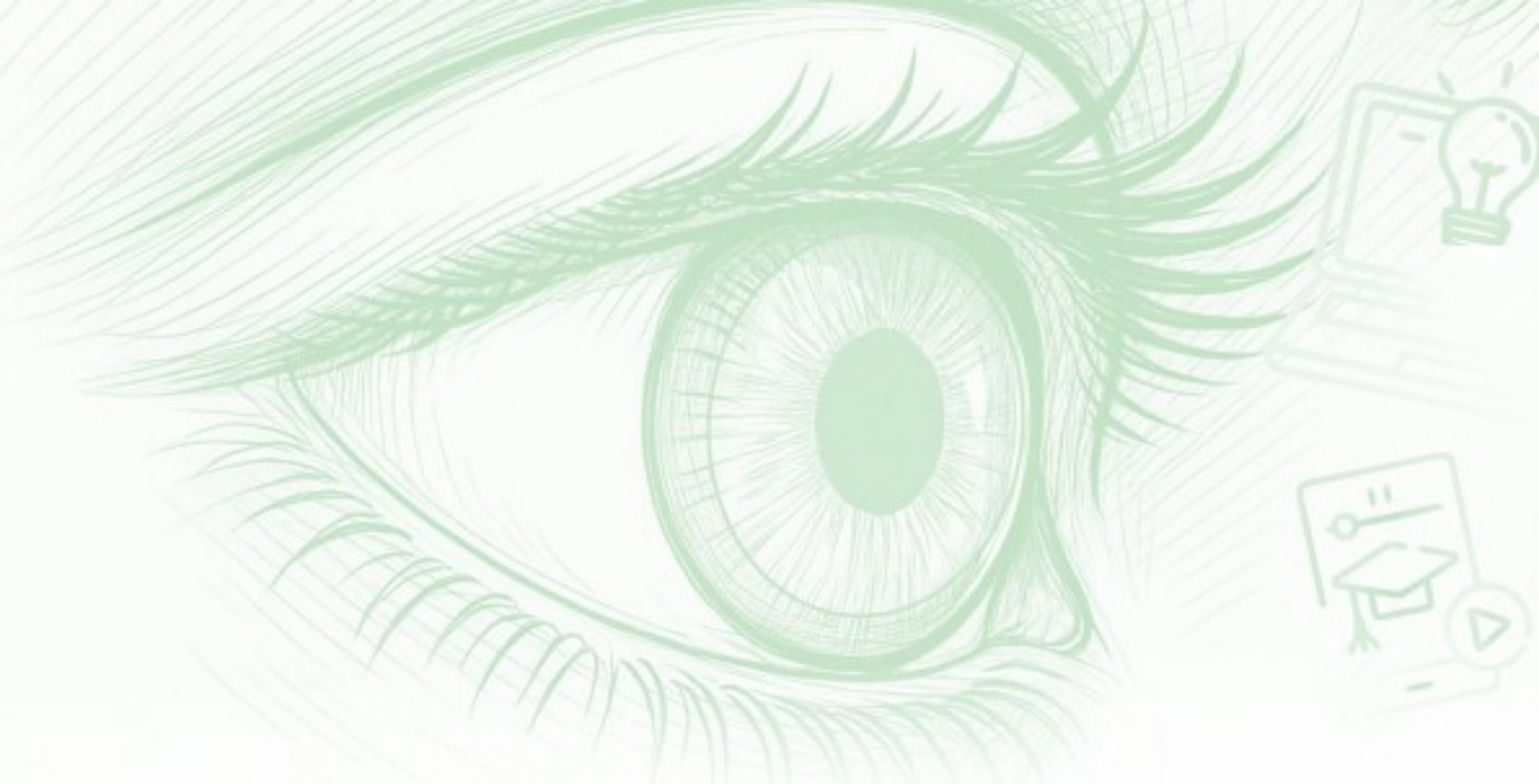
Capítulo

# 10

## Desafíos y líneas futuras

*Challenges and future lines*





Uno de los principales desafíos enfrentados a lo largo de esta Tesis Doctoral fue conseguir una integración coherente de los principios pedagógicos, competencias profesionales en lentes de contacto (LC) y tecnologías digitales en una herramienta única, orientada al aprendizaje de la contactología. Este proceso exigió la adquisición de conocimientos alejados del campo tradicional de las ciencias de la visión y LC, incluyendo el dominio de enfoques educativos y, especialmente, la exploración de perspectivas tecnológicas centradas en la inteligencia artificial (IA), un campo que resultaba inicialmente ajeno al recorrido formativo de los profesionales de la salud y de la doctoranda.

La idea de desarrollar un e-simulador de casos para LC se mantuvo en constante incertidumbre hasta las fases finales del diseño y desarrollo, dado que la inexistencia de referencias previas similares hace que esta propuesta permaneciera durante mucho tiempo en el ámbito de la intención, generando dudas sobre su viabilidad. A ello se sumó la gran dificultad de acceso a datos clínicos específicos sobre LC, una limitación que condiciona directamente las decisiones del desarrollo

y obligó a buscar soluciones alternativas para alcanzar los objetivos propuestos.

A estos retos se sumaron también algunas dificultades particulares asociadas al entorno cultural y profesional de origen, probablemente marcado por una baja inserción científica y por el ejercicio de una profesión aún en desarrollo a nivel local en Latinoamérica. Esta realidad impuso limitaciones concretas para la recolección de datos, altos costos logísticos y de tiempo, además de restringir las posibilidades de socializar e implantar los avances científicos dentro del contexto nacional (Brasil). A ello se añadieron circunstancias excepcionales, como el impacto de la pandemia de COVID-19 y experiencias personales de gran carga emocional, con pérdidas irreparables a lo largo del desarrollo de esta Tesis Doctoral. A pesar de estas adversidades, fue posible avanzar de forma significativa gracias al acompañamiento constante de un grupo colaborador clave, cuya participación resultó decisiva para sostener el proceso de investigación y superar los obstáculos hasta lograr completar esta Tesis Doctoral.

Por otro lado, a pesar de las adversidades, el crecimiento observable de la formación *online*, incluso a nivel de grado universitario, ofrece una línea de trabajo prometedora. En este escenario, la herramienta desarrollada no solo podría ser perfeccionada técnicamente, sino también proyectarse como un recurso efectivo de enseñanza y actualización en LC, especialmente con el acceso a datos clínicos más específicos. Incluso, podría adaptarse a otros segmentos dentro del ámbito de la salud visual y ocular, como lo sugiere la perspectiva de aprovechar los datos sobre ojo seco recopilados durante

la estancia internacional en la Aston University, lo que abre nuevas posibilidades para la expansión del simulador. Esta proyección converge de forma significativa con las transformaciones que interrelacionan educación, tecnología y ciencias de la visión.

Para resumir estas limitaciones (detalladas y discutidas en los capítulos correspondientes) se presenta la Tabla 10.1 que recopila sintéticamente las principales limitaciones abordadas a lo largo del desarrollo de la Tesis Doctoral, con el objetivo de ofrecer una visión global del proceso realizado y de sus horizontes de evolución.

Además de las mejoras técnicas previstas, resulta relevante considerar la escalabilidad del simulador y su futura integración en los diferentes currículos de optometría. La estructura multilingüe y la lógica del modelo docente basado en competencias facilitan su adaptación a diferentes marcos educativos, lo que permite proponer el simulador SILVIA como un recurso potencialmente alineado con programas de formación en salud visual. De esta manera, futuras validaciones multicéntricas permitirán fortalecer su aplicabilidad y contribución a la consolidación de estándares internacionales en la enseñanza de la contactología.

**Tabla 10.1** Resumen de las limitaciones y perspectivas futuras identificadas en cada uno de los capítulos.

Capítulo	Limitaciones	Perspectivas
6	Limitado número de planes de estudio analizados; heterogeneidad curricular que dificulta comparaciones directas; posible sesgo por el acceso público de datos.	Ampliar el análisis a más países y modelos curriculares; proponer alineamientos para la inclusión estandarizada de LC en la formación.
7	Cobertura parcial de entornos digitales; falta de validación científica de los recursos encontrados; no se abordó la eficacia pedagógica.	Desarrollar nuevos objetos educativos digitales validados para contactología; integrar estos recursos en plataformas educativas institucionales.
8	Desarrollo centrado en un área específica (LC); ausencia de pruebas clínicas reales; aún sin evaluación longitudinal del impacto educativo.	Expandir el simulador a otras áreas de ciencias de la visión; mejorar algoritmos de IA; integrar con más bases de datos clínicos reales.
9	Tamaño reducido de muestra; validación piloto; <i>feedback</i> automatizado en fase inicial y anamnesis con limitaciones funcionales.	Validar el simulador en contextos educativos amplios; optimizar la interfaz de usuario; personalizar más la retroalimentación.



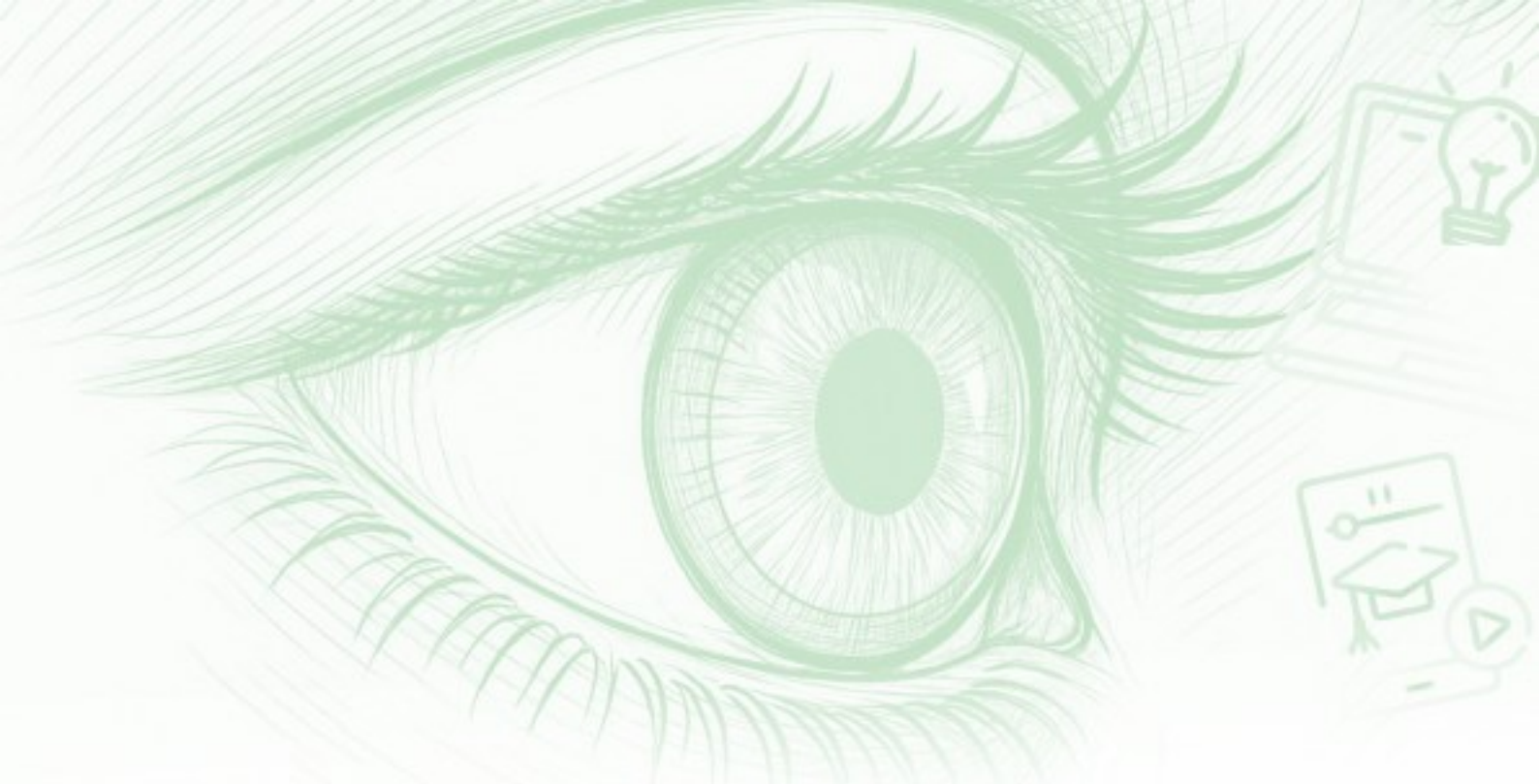
Capítulo

# 11

## Conclusiones

*Conclusions*





### **General Conclusion:**

A web-based simulator has been developed and validated to virtually recreate clinical interactions in artificial intelligence (AI) generated contact lens (CL) cases. Its development was grounded in the integration of professional competencies and active pedagogy principles, and its validation through a proof-of-concept study yielded positive evaluations in terms of usability and educational perception among students, professionals, and educators. Additionally, areas and needs for improvement were identified, demonstrating its potential to complement CL training by reinforcing clinical reasoning and decision-making skills in simulated contexts applied to CL education.

### **Conclusion 1:**

The curriculum structures of optometry programs show differences in the training dedicated to CL-related content, which generally represents approximately 5% of total learning time. This finding suggests the need to optimize teaching-learning processes aimed at developing competencies in CL practice.

**Conclusion 2:**

Digital environments based on Information and Communication Technologies (ICTs) supporting education and the learning objects available for CL teaching are mostly promoted by non-university associations, with few studies describing their scientific validation. This underscores the need to develop and evaluate new ICTs-based tools to improve the teaching-learning process in CL.

**Conclusion 3:**

A structured pedagogical-instructional model based on clinical competencies in CLs has been designed, supporting the educational design of the virtual simulator. The pedagogical structuring of the simulator is based on a synthesis of skills linked to professional CL practice, enabling the translation of specific competencies into operational learning elements that serve as instructional design and a guide for constructing the educational object.

**Conclusion 4:**

A web-based clinical interaction simulator has been developed, utilizing AI to generate synthetic clinical scenarios and provide feedback, with potential use as a support tool in the teaching-learning process in CL.

**Conclusion 5:**

The usability levels of the virtual simulator were rated positively by students, achieving scores above the reference averages on the SUS scale during pilot tests. High ratings were particularly noted for navigation ease, content comprehension, and general perception of its functionality.

**Conclusion 6:**

The proof-of-concept evaluation of the virtual simulator by educators and professionals demonstrated a positive perception of its utility, with strong ratings across all analysed aspects, supporting its applicability in CL education processes. Opportunities for improvement were also identified, especially regarding the anamnesis interface and customization of feedback.





# REFERENCIAS

*References*





1. Daisy J. Contreras Paredes. Prácticas pedagógicas en la educación superior, visión aplicada a los programas de ciencias de la salud. *LÍNEA IMAGINARIA*. 2023;1(17). doi:10.56219/lineaimaginaria.v1i17.2379
2. Bajis D, Chaar B, Moles R. Rethinking Competence: A Nexus of Educational Models in the Context of Lifelong Learning. *Pharmacy*. 2020;8(2):81. doi:10.3390/pharmacy8020081
3. Tso MOM, Goldberg MF, Lee AG, Selvarajah S, Parrish RK, Zagorski Z. An international strategic plan to preserve and restore vision: Four curricula of ophthalmic education. *Am J Ophthalmol*. 2007;143(5):859-865. doi:10.1016/j.ajo.2007.01.055
4. Frank JR, Snell LS, Cate O Ten, et al. Competency-based medical education: theory to practice. *Med Teach*. 2010;32(8):638-645. doi:10.3109/0142159X.2010.501190
5. Gupta VK, Gupta VB. Using technology, bioinformatics and health informatics approaches to improve learning experiences in optometry education, research and practice. *Healthcare (Switzerland)*. 2016;4(4). doi:10.3390/healthcare4040086
6. Rodriguez G, de Juan Herraiez V, Ortiz-Toquero S, Martin R. Core undergraduate optometry competencies: what do students need to know? *Int Educ Res J*. 2017;3(4):56-61. <https://ierj.in/journal/index.php/ierj/article/view/758>
7. Thomas A, Saroyan A, Dauphinee WD. Evidence-based practice: A review of theoretical assumptions and effectiveness of teaching and assessment interventions in health professions. *Adv Health Sci Educ*. 2011;16(2):253-276. doi:10.1007/S10459-010-9251-6/METRICS
8. Lehane E, Leahy-Warren P, O'Riordan C, et al. Evidence-based practice education for healthcare professions: An expert view. *BMJ Evid Based Med*. 2019;24(3):103-108. doi:10.1136/bmjebm-2018-111019
9. Gervais J. The operational definition of competency-based education. *The Journal of Competency-Based Education*. 2016;1(2):98-106. doi:10.1002/cbe2.1011
10. Kiely M, Chappell R. World Council of Optometry. A global competency-based model for the scope of practice in Optometry. 2015. Accessed July 18, 2025. [https://worldcouncilofoptometry.info/wp-content/uploads/2017/03/wco\\_global\\_competency\\_model\\_2015.pdf](https://worldcouncilofoptometry.info/wp-content/uploads/2017/03/wco_global_competency_model_2015.pdf)

11. Udoh A, Bruno-Tomé A, Ernawati DK, Galbraith K, Bates I. The development, validity and applicability to practice of pharmacy-related competency frameworks: A systematic review. *Research in Social and Administrative Pharmacy*. 2021;17(10):1697-1718. doi:10.1016/j.sapharm.2021.02.014
12. Haleem A, Javaid M, Qadri MA, Suman R. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*. 2022;3:275-285. doi:10.1016/j.susoc.2022.05.004
13. Sanz NM, Urías MDV, Salgado LN, Benítez NV, Martínez MCV. Educate to transform: An innovative experience for faculty training. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 2023;28(2):1613-1635. doi:10.1007/s10639-022-11160-y
14. Abdul-Kadir MA, Lim LT. Enriching traditional didactic teaching in undergraduate ophthalmology with lateral thinking method: a prospective study. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):379. doi:10.1186/s12909-022-03443-2
15. Jacobs DS. Introducing CCOR: Contact lens curriculum for ophthalmology residents. *Eye Contact Lens*. 2021;47(11):581. doi:10.1097/ICL.0000000000000841
16. Nguyen KP, Luke AK, Cheng Y, John A, Cham KM. The limited level of digital skills and competencies of optometry students. *J Inf Tech Educ: Res*. 2022;21:97-114. doi:10.28945/4929
17. Mucunguzi B, Guti W, Tumwine M, et al. Optometry students' experiences of their clinical training: A qualitative study in a low- resource setting. Published online March 1, 2024. doi:10.21203/rs.3.rs-3993765/v1
18. Gómez-Hurtado I, García-Rodríguez M del P, González Falcón I, Coronel Llamas JM. Adaptación de las Metodologías Activas en la Educación Universitaria en Tiempos de Pandemia. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Social*. 2020;9(3):415-433. doi:10.15366/riejs2020.9.3.022
19. General Optical Council. Optometry core competencies stages 1 & 2 combined. 2011. Accessed July 18, 2025. <https://optical.org/en/news/news-and-press-releases/update-on-competencies-process-for-international-applicants/>
20. Kiely PM, Slater J. Optometry Australia entry-level competency standards for Optometry 2014. *Clin Exp Optom*. 2015;98(1):65-89. doi:10.1111/cxo.12216

21. Naroo SA, Morgan PB, Shinde L, Lee C, Ewbank A. Contact lens education for the practitioners of the future. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2021;41(3):603-609. doi:10.1111/opo.12791
22. Zeri F, Eperjesi F, Woods C, et al. Evidence-based teaching in contact lenses education: Teaching and learning strategies. *Cont Lens Anterior Eye.* 2023;46(2):101822. doi:10.1016/j.clae.2023.101822
23. Abdulamier AA, Shaker LM, Al-Amiery AA. Advancements in the chemistry of contact Lenses: Innovations and applications. *Results Chem.* 2024;12:101872. doi:10.1016/j.rechem.2024.101872
24. Moreddu R, Vigolo D, Yetisen AK. Contact Lens Technology: From Fundamentals to Applications. *Adv Healthc Mater.* 2019;8(15). doi:10.1002/adhm.201900368
25. Shinde L, Thite N, Naroo S, Ewbank A. International Association of Contact Lens Educators: Exceptional education—Exponential impact. *Indian J Ophthalmol.* 2020;68(6):984. doi:10.4103/ijo.IJO\_2065\_19
26. (IACLE) IA of CLE. IACLE - International Association of Contact Lens Educators. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://iacle.org/>
27. Naroo SA, Morgan PB, Shinde L, Ewbank A. The impact of COVID-19 on global contact lens education. *J Optom.* 2022;15(1):60-68. doi:10.1016/j.optom.2020.11.002
28. McCrann S, Flitcroft I, Loughman J. Is optometry ready for myopia control? Education and other barriers to the treatment of myopia. *HRB Open Res.* 2020;2:30. doi:10.12688/hrbopenres.12954.2
29. Trullàs JC, Blay C, Sarri E, Pujol R. Effectiveness of problem-based learning methodology in undergraduate medical education: a scoping review. *BMC Med Educ.* 2022;22(1):104. doi:10.1186/s12909-022-03154-8
30. Yu M, Keel S, Mills JA, Müller A. Investigating the need and structure for a comprehensive eye care competency framework. *BMJ Open Ophthalmol.* 2022;7(1):e001112. doi:10.1136/bmjophth-2022-001112
31. Efron N, Lindsay R. Contact lenses continue to evolve. *Clin Exp Optom.* 2017;100(5):409-410. doi:10.1111/cxo.12577
32. Morgan PB, Sulley AL. Challenges to the new soft contact lens wearer and strategies for clinical management. *Cont Lens Anterior Eye.* 2023;46(3):101827. doi:10.1016/j.clae.2023.101827

33. Falahati-Marvast F, Alipour F, Farokhzadian J, Ahmadian L. Determining the information needs of contact lens wearers for better education and more support: a qualitative study. *BMC Ophthalmol.* 2021;21(1):325. doi:10.1186/s12886-021-02085-0
34. (BCLA) BCLA. BUCCLE - British Universities Committee of Contact Lens Educators. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.bcla.org.uk/Public/Public/About/BUCCLE.aspx>
35. Wolffsohn JS, Dumbleton K, Huntjens B, et al. BCLA CLEAR - Evidence-based contact lens practice. *Contact Lens and Anterior Eye.* 2021;44(2):368-397. doi:10.1016/j.clae.2021.02.008
36. Health Organization W. *Eye Care Competency Framework.*; 2022. <http://apps.who.int/>
37. Yu M, Keel S, Mariotti S, Mills JA, Müller A. Development of the WHO eye care competency framework. *Hum Resour Health.* 2023;21(1):46. doi:10.1186/s12960-023-00834-4
38. Bajwa NM, Nendaz MR, Posfay-Barbe KM, Yudkowsky R, Park YS. A Meaningful and Actionable Professionalism Assessment: Validity Evidence for the Professionalism Mini-Evaluation Exercise (P-MEX) Across 8 Years. *Academic Medicine.* 2021;96(11S):S151-S157. doi:10.1097/ACM.0000000000004286
39. Adams AJ. The role of research, evidence and education in optometry: A Perspective. *Clin Exp Optom.* 2007;90(4):232-237. doi:10.1111/j.1444-0938.2007.00149.x
40. Edgar AK, Ainge L, Backhouse S, Armitage JA. A cohort study for the development and validation of a reflective inventory to quantify diagnostic reasoning skills in optometry practice. *BMC Med Educ.* 2022;22(1):536. doi:10.1186/s12909-022-03493-6
41. Patel SR, Margolies PJ, Covell NH, Lipscomb C, Dixon LB. Using Instructional Design, Analyze, Design, Develop, Implement, and Evaluate, to Develop e-Learning Modules to Disseminate Supported Employment for Community Behavioral Health Treatment Programs in New York State. *Front Public Health.* 2018;6. doi:10.3389/fpubh.2018.00113
42. Tu JC, Zhang X, Zhang XY. Basic Courses of Design Major Based on the ADDIE Model: Shed Light on Response to Social Trends and Needs. *Sustainability.* 2021;13(8):4414. doi:10.3390/su13084414

43. Versteeg M, Hendriks RA, Thomas A, Ommering BWC, Steendijk P. Conceptualising spaced learning in health professions education: A scoping review. *Med Educ.* 2020;54(3):205-216. doi:10.1111/medu.14025
44. O'Connor S, Kennedy S, Wang Y, Ali A, Cooke S, Booth RG. Theories informing technology enhanced learning in nursing and midwifery education: A systematic review and typological classification. *Nurse Educ Today.* 2022;118:105518. doi:10.1016/j.nedt.2022.105518
45. Koh E, Lim J. The Emergence of Educational Technology. In: ; 2008:99-112. doi:10.1007/978-0-387-09657-5\_6
46. Khalil MK, Elkhider IA. Applying learning theories and instructional design models for effective instruction. *Adv Physiol Educ.* 2016;40(2):147-156. doi:10.1152/advan.00138.2015
47. Mushtaq M, Mushtaq Y, Khanna A, Javed A. An Update Summary on the Learning Sciences Within an Ophthalmic Context. *Cureus.* Published online January 31, 2024. doi:10.7759/cureus.53288
48. Gunawan A. Application of the Certainty Factor Method in the Dental Disease Expert System using the Addie Model. *Journal of Computer Science and Information Technology.* Published online October 31, 2022:148-152. doi:10.35134/jcsitech.v8i4.55
49. Adam M, McMahon SA, Prober C, Bärnighausen T. Human-Centered Design of Video-Based Health Education: An Iterative, Collaborative, Community-Based Approach. *J Med Internet Res.* 2019;21(1):e12128. doi:10.2196/12128
50. Sharifzadeh N, Kharrazi H, Nazari E, et al. Health Education Serious Games Targeting Health Care Providers, Patients, and Public Health Users: Scoping Review. *JMIR Serious Games.* 2020;8(1):e13459. doi:10.2196/13459
51. SANGLARD LF, OLIVEIRA LB, BRITO JUNIOR RB de, et al. Active teaching methodologies in health education. *RGO - Revista Gaúcha de Odontologia.* 2022;70. doi:10.1590/1981-86372022005020220037
52. Oliveira CA, Silva MP, Fernandes RL. Active Teaching-Learning Methodologies in Health Education: Theoretical Foundations and Applicability. *IOSR Journal of Humanities and Social Science (IOSR-JHSS).* 2024;29(7):1-7. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jhss/papers/Vol.29-Issue7/Ser-4/A2907040107.pdf>

53. Cheney A, Ramirez A, Vázquez E, et al. Adapting an Evidence-Based Infant Feeding and Nutrition Program to Promote Healthy Growth and Development in Latinx Families of Low Income. *J Nutr Educ Behav*. Published online May 2025. doi:10.1016/j.jneb.2025.02.007
54. Macedo KD da S, Acosta BS, Silva EB da, Souza NS de, Beck CLC, Silva KKD da. Active learning methodologies: possible paths to innovation in health teaching. *Escola Anna Nery*. 2018;22(3). doi:10.1590/2177-9465-ean-2017-0435
55. Shakeel SI, Al Mamun MA, Haolader MFA. Instructional design with ADDIE and rapid prototyping for blended learning: validation and its acceptance in the context of TVET Bangladesh. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 2023;28(6):7601-7630. doi:10.1007/s10639-022-11471-0
56. Church FC. Active learning: Basic science workshops, clinical science cases, and medical role-playing in an undergraduate biology course. *Educ Sci (Basel)*. 2021;11(8). doi:10.3390/educsci11080370
57. Jacob S, Jacob S, Cope N, Foley V. Flipped and traditional classrooms in ophthalmology: an evaluation of the impact of a crossover study. *Eye Open*. 2025;1(1):2. doi:10.1038/s44440-025-00003-7
58. van Gaalen AEJ, Brouwer J, Schönrock-Adema J, Bouwkamp-Timmer T, Jaarsma ADC, Georgiadis JR. Gamification of health professions education: a systematic review. *Advances in Health Sciences Education*. 2021;26(2):683-711. doi:10.1007/s10459-020-10000-3
59. Khanna P, Roberts C, Lane AS. Designing health professional education curricula using systems thinking perspectives. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):20. doi:10.1186/s12909-020-02442-5
60. Han SG, Kim YD, Kong TY, Cho J. Virtual reality-based neurological examination teaching tool(VRNET) versus standardized patient in teaching neurological examinations for the medical students: a randomized, single-blind study. *BMC Med Educ*. 2021;21(1):493. doi:10.1186/s12909-021-02920-4
61. Curnow G. Technology in Medical Education. *Clin Teach*. 2017;14(5):372-373. doi:10.1111/tct.12695
62. Liu JYW, Yin YH, Kor PPK, et al. The Effects of Immersive Virtual Reality Applications on Enhancing the Learning Outcomes of Undergraduate Health

- Care Students: Systematic Review With Meta-synthesis. *J Med Internet Res*. 2023;25:e39989. doi:10.2196/39989
63. Lee YH, Kim KJ. Enhancement of student perceptions of learner-centeredness and community of inquiry in flipped classrooms. *BMC Med Educ*. 2018;18(1):242. doi:10.1186/s12909-018-1347-3
64. Lee R, Raison N, Lau WY, et al. A systematic review of simulation-based training tools for technical and non-technical skills in ophthalmology. *Eye*. 2020;34(10):1737-1759. doi:10.1038/s41433-020-0832-1
65. Choudhury B, Gouldsbrough I, Gabriel S. Use of interactive sessions and e-learning in teaching anatomy to first-year optometry students. *Anat Sci Educ*. 2010;3(1):39-45. doi:10.1002/ase.123
66. T. K. Boison B. A classification of information communication technologies (ICTs) used for learning in higher education. *The International Journal of E-Learning and Educational Technologies in the Digital Media*. 2016;2(2):37-51. doi:10.17781/P002024
67. Churchill D. Towards a useful classification of learning objects. *Educational Technology Research and Development*. 2007;55(5):479-497. doi:10.1007/s11423-006-9000-y
68. Rajhans V, Memon U, Patil V, Goyal A. Impact of COVID-19 on academic activities and way forward in Indian Optometry. *J Optom*. 2020;13(4):216-226. doi:10.1016/j.optom.2020.06.002
69. Dunn DS, Saville BK, Baker SC, Marek P. Evidence-based teaching: Tools and techniques that promote learning in the psychology classroom. *Aust J Psychol*. 2013;65(1):5-13. doi:10.1111/ajpy.12004
70. Brito TA, Portela NM, Campos Filho AS de. As experiências e aplicações do ensino mediado por tecnologia digital na educação médica: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*. 2024;32:120-134. doi:10.5753/rbie.2024.3227
71. Regmi K, Jones L. A systematic review of the factors - Enablers and barriers - Affecting e-learning in health sciences education. *BMC Med Educ*. 2020;20(1). doi:10.1186/s12909-020-02007-6
72. Cane D, Penny M, Marini A, Hynes T. Updating the Competency Profile and Examination Blueprint for Entry-Level Optometry in Canada. *Canadian Journal of Optometry*. 2018;80(2):25-34. doi:10.15353/cjo.80.267

73. Padilha JM, Costa P, Sousa P, Ferreira A. The integration of virtual patients into nursing education. *Simul Gaming*. 2025;56(2):178-191. doi:10.1177/10468781241300237
74. Alvarez AG, Dal Sasso GTM. Objetos virtuais de aprendizagem: contribuições para o processo de aprendizagem em saúde e enfermagem. *Acta Paulista de Enfermagem*. 2011;24(5):707-711. doi:10.1590/S0103-21002011000500018
75. Hassan MM, Mirza T. Exploring Benefits of Information and Communication Technology (ICT) in the Primary Education. *Journal of Xidian University*. 2020;14(7). doi:10.37896/jxu14.7/211
76. González LÁ, Carballo Y, Collazos Ordoñez C. *Objetos de Aprendizaje de Contenidos Abiertos Accesibles: Del Diseño a La Reutilización*. Iniciativa Latinoamericana de Libros de Texto Abiertos (LATIn); 2014.
77. Downes S. Learning Objects: Resources For Distance Education Worldwide. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 2001;2(1). doi:10.19173/irrodl.v2i1.32
78. IEEE Standard for Learning Object Metadata (1484.12.1). Published online 2002.
79. Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching (MERLOT).
80. Open Educational Resources Commons (OER Commons).
81. Fransson G, Holmberg J, Westelius C. The challenges of using head mounted virtual reality in K-12 schools from a teacher perspective. *Educ Inf Technol (Dordr)*. 2020;25(4):3383-3404. doi:10.1007/s10639-020-10119-1
82. Kementerian Pendidikan Malaysia. Konsep Digital Learning Object (KDLO). 2025. Accessed July 18, 2025. <http://epembelajaran.edu.my/dloipg/konsep/KDLO/index.html>
83. Charteris J, Berman J, Page A. Virtual inclusion through telepresence robots: an inclusivity model and heuristic. *International Journal of Inclusive Education*. 2024;28(11):2475-2489. doi:10.1080/13603116.2022.2112769
84. UNESCO. *The ICT Competency Framework for Teachers Harnessing OER Project - Digital Skills Development for Teachers.*; 2022. Accessed July 18, 2025. <https://www.oercommons.org/hubs/UNESCO>



85. UNESCO. *Recomendación Sobre Los Recursos Educativos Abiertos (REA)*.; 2019. Accessed July 18, 2025. <https://www.unesco.org/es/legal-affairs/recommendation-open-educational-resources-oeer>
86. Ziv A, Wolpe PR, Small SD, Glick S. Simulation-Based Medical Education. *Academic Medicine*. 2003;78(8):783-788. doi:10.1097/00001888-200308000-00006
87. Padilha JM, Machado PP, Ribeiro A, Ramos J, Costa P. Clinical Virtual Simulation in Nursing Education: Randomized Controlled Trial. *J Med Internet Res*. 2019;21(3):e11529. doi:10.2196/11529
88. Kononowicz AA, Woodham LA, Edelbring S, et al. Virtual Patient Simulations in Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration. *J Med Internet Res*. 2019;21(7):e14676. doi:10.2196/14676
89. Oxford Medical Simulation. Future of Simulation in Healthcare Education. 2023. <https://oxfordmedicalsimulation.com/>
90. Isaza-Restrepo A, Gómez MT, Cifuentes G, Argüello A. The virtual patient as a learning tool: a mixed quantitative qualitative study. *BMC Med Educ*. 2018;18(1):297. doi:10.1186/s12909-018-1395-8
91. Busche K, Burak KW, Veale P, Coderre S, McLaughlin K. Making progress in the ethical treatment of medical trainees. *Advances in Health Sciences Education*. 2016;21(3):711-718. doi:10.1007/s10459-015-9617-x
92. Kononowicz AA, Zary N, Edelbring S, Corral J, Hege I. Virtual patients - what are we talking about? A framework to classify the meanings of the term in healthcare education. *BMC Med Educ*. 2015;15(1):11. doi:10.1186/s12909-015-0296-3
93. Deuchler S, Sebode C, Ackermann H, et al. Kombination von simulationsbasiertem Lernen und Online-Learning in der Augenheilkunde. *Der Ophthalmologe*. 2022;119(1):20-29. doi:10.1007/s00347-020-01313-0
94. Texas A&M Health. Nursing students using virtual simulations for patient care experiences. 2022. <https://vitalrecord.tamhsc.edu/nursing-students-using-virtual-simulations-for-patient-care-experiences>
95. Kikuchi JY, Le Neveu M, Arnold S, et al. Creation and Implementation of Virtual Urogynecology Patient Cases for Medical Student Education. *MedEdPORTAL*. Published online May 27, 2022. doi:10.15766/mep\_2374-8265.11259

96. Kononowicz AA, Woodham L, Georg C, et al. Virtual patient simulations for health professional education. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Published online May 19, 2016. doi:10.1002/14651858.CD012194
97. Ung TX, El-Den S, Moles RJ, O'Reilly CL. The Use of Mental Health Simulation in Pharmacy Practice and Education: A Systematic Review. *Am J Pharm Educ*. 2023;87(6):100058. doi:10.1016/j.ajpe.2023.100058
98. Succar T, Zebington G, Billson F, et al. The impact of the Virtual Ophthalmology Clinic on medical students' learning: a randomised controlled trial. *Eye*. 2013;27(10):1151-1157. doi:10.1038/eye.2013.143
99. Olga K. Implementation simulation technologies in medical education. *Continuing Professional Education Theory and Practice*. Published online 2019:36-41. doi:10.28925/1609-8595.2019.1.3641
100. Helyer R, Dickens P. Progress in the utilization of high-fidelity simulation in basic science education. *Adv Physiol Educ*. 2016;40(2):143-144. doi:10.1152/advan.00020.2016
101. Bez MR, Mello B, Pinheiro D, Stahnke FR, Barros PR. Health Simulator: um simulador de casos de estudo para a área da saúde. *Revista Observatório*. 2018;4(3):283-306. <https://revistas.uninter.com/revistacientifica/index.php/observatorio/article/view/1800>
102. Optometric Educators LLC. Virtual Refractor. Published online 2024.
103. American Academy of Ophthalmology. Retinoscopy Simulator. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.aao.org/education/interactive-tool/retinoscopy-simulator>
104. American Academy of Ophthalmology. Strabismus Simulator. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.aao.org/education/interactive-tool/strabismus-simulator>
105. Mahmoud A, Abid F, Ezdini M, Lahdhiri ML, Ouanes I, Messaoud R. The contribution of simulation in training for fundusoscopic examination. *Tunis Med*. 99(12):1141-1147.
106. Singh J, Kabbara S, Conway M, Peyman G, Ross RD. *Innovative Diagnostic Tools for Ophthalmology in Low-Income Countries*. IntechOpen; 2019. doi:10.5772/intechopen.83455

107. Rasmussen RC, Grauslund J, Vergmann AS. Simulation training in vitreoretinal surgery: a systematic review. *BMC Ophthalmol.* 2019;19(1):90. doi:10.1186/s12886-019-1098-x
108. Dormegnny L, Lansingh VC, Lejay A, et al. Virtual reality simulation and real-life training programs for cataract surgery: a scoping review of the literature. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):1245. doi:10.1186/s12909-024-06245-w
109. Williams M. Virtual reality in ophthalmology education: simulating pupil examination. *Eye.* 2022;36(11):2084-2085. doi:10.1038/s41433-022-02078-3
110. Williams MA, Ross C, Derbyshire S, et al. Simulated eye clinic and virtual eye case: alternative worlds for medical students. *BMJ Simul Technol Enhanc Learn.* 2016;2(4):127-128. doi:10.1136/bmjstel-2016-000139
111. American Academy of Ophthalmology. Interactive Cases. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.aao.org/interactive-cases>
112. Krosi K, Elvezio C, Hurbe M, Karst S, Feiner S, Wimmer M. XREye: Simulating Visual Impairments in Eye-Trackable XR. In: *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*. IEEE; 2020:830-831. doi:10.1109/VRW50115.2020.00266
113. Flanagan JL, De Souza N. Simulation in Ophthalmic Training. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2018;7(6):427-435. doi:10.22608/APO.2018129
114. Krishnan A, Dutta A, Srivastava A, Konda N, Prakasam R. Artificial Intelligence in Optometry: Current and Future Perspectives. *Clin Optom (Auckl)*. 2025;Volume 17:83-114. doi:10.2147/OPTO.S494911
115. M. Murali, G. Ashok, P. G. Kuppusamy, D. Joseph Jeyakumar, M. Mariselvam. Artificial Intelligence (AI) enable advanced and accurate diagnostics eye health station for critical eye conditions. *World Journal of Advanced Research and Reviews.* 2024;23(3):1469-1476. doi:10.30574/wjarr.2024.23.3.2735
116. Fakhoury Y, Ellabban AA, Attia U, Sallam A, Elsherbiny S. Three-dimensional printing in ophthalmology and eye care: current applications and future developments. *Ther Adv Ophthalmol.* 2022;14. doi:10.1177/25158414221106682
117. et al. TDS. A novel virtual reality pupillary examination simulator. *Eye.* 2022;36:2330-2335. doi:10.1038/s41433-022-02078-3

118. et al. NMN. XREye: a virtual reality-based visual impairment simulator. *Indian J Ophthalmol.* 2022;70:740-744.
119. Group HS. Eyesi Surgical Simulator. 2024. <https://haag-streit.com/en/products/categories/simulators-training/training-simulators/eyesi-surgical>
120. LLC S. Multifocal Contact Lens Simulator. 2024. <https://calculators.specialeyesqc.com/multifocal-simulator.php>
121. Walter Y. Embracing the future of Artificial Intelligence in the classroom: the relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education.* 2024;21(1):15. doi:10.1186/s41239-024-00448-3
122. Ng FYC, Thirunavukarasu AJ, Cheng H, et al. Artificial intelligence education: An evidence-based medicine approach for consumers, translators, and developers. *Cell Rep Med.* 2023;4(10):101230. doi:10.1016/j.xcrm.2023.101230
123. Schiff D. Out of the laboratory and into the classroom: the future of artificial intelligence in education. *AI Soc.* 2021;36(1):331-348. doi:10.1007/s00146-020-01033-8
124. Francis NJ, Jones S, Smith DP. Generative AI in Higher Education: Balancing Innovation and Integrity. *Br J Biomed Sci.* 2025;81. doi:10.3389/bjbs.2024.14048
125. Kalay A. Generating Synthetic Data with The Nearest Neighbors Algorithm. Published online April 2022. doi:10.48550/arXiv.2210.00884
126. Preiksaitis C, Rose C. Opportunities, Challenges, and Future Directions of Generative Artificial Intelligence in Medical Education: Scoping Review. *JMIR Med Educ.* 2023;9:e48785. doi:10.2196/48785
127. Yalcin Kuzu S. Random Forest Based Multiclass Classification Approach for Highly Skewed Particle Data. *J Sci Comput.* 2023;95(1):21. doi:10.1007/s10915-023-02144-2
128. IBM. What is the k-nearest neighbors algorithm? 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.ibm.com/think/topics/knn>
129. Idogen OS. The perspectives of eye care professionals on the integration of artificial intelligence in eye care practices: A systematic review. *Artificial Intelligence in Health.* 2024;1(2):66. doi:10.36922/aih.2809

130. Tan TF, Thirunavukarasu AJ, Jin L, et al. Artificial intelligence and digital health in global eye health: opportunities and challenges. *Lancet Glob Health*. 2023;11(9):e1432-e1443. doi:10.1016/S2214-109X(23)00323-6
131. Dai CP, Ke F. Educational applications of artificial intelligence in simulation-based learning: A systematic mapping review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2022;3:100087. doi:10.1016/j.caeai.2022.100087
132. Srinivasan M, Venugopal A, Venkatesan L, Kumar R. Navigating the Pedagogical Landscape: Exploring the Implications of AI and Chatbots in Nursing Education. *JMIR Nurs*. 2024;7:e52105. doi:10.2196/52105
133. El Arab RA, Al Moosa OA, Abuadas FH, Somerville J. The Role of AI in Nursing Education and Practice: Umbrella Review. *J Med Internet Res*. 2025;27:e69881. doi:10.2196/69881
134. Hamal O, El Faddouli NE, Harouni MHA, Lu J. Artificial Intelligent in Education. *Sustainability*. 2022;14(5):2862. doi:10.3390/su14052862
135. Weidener L, Fischer M. Teaching AI Ethics in Medical Education: A Scoping Review of Current Literature and Practices. *Perspect Med Educ*. 2023;12(1):399-410. doi:10.5334/pme.954
136. Karabacak M, Ozkara BB, Margetis K, Wintermark M, Bisdas S. The Advent of Generative Language Models in Medical Education. *JMIR Med Educ*. 2023;9:e48163. doi:10.2196/48163
137. U.S. Department of Education Office of Educational Technology. *Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning: Insights and Recommendations.*; 2023. Accessed July 18, 2025. <https://www.ed.gov/sites/ed/files/documents/ai-report/ai-report.pdf>
138. Porter B, Grippa F. A Platform for AI-Enabled Real-Time Feedback to Promote Digital Collaboration. *Sustainability*. 2020;12(24):10243. doi:10.3390/su122410243
139. Reed JM. Using Generative AI to Produce Images for Nursing Education. *Nurse Educ*. 2023;48(5):246-246. doi:10.1097/NNE.0000000000001453
140. Vieriu AM, Petrea G. The Impact of Artificial Intelligence (AI) on Students' Academic Development. *Educ Sci (Basel)*. 2025;15(3):343. doi:10.3390/educsci15030343

141. Braga Vieira S, Rivadeneira-Bueno D, Ortiz-Toquero S, Martin R. Optometric practices and attitudes in keratoconus patient management in Latin America. *Clin Exp Optom*. 2023;106(4):386-394. doi:10.1080/08164622.2022.2048997
142. Ortiz-Toquero S, Martin R. Current optometric practices and attitudes in keratoconus patient management. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2017;40(4):253-259. doi:10.1016/j.clae.2017.03.005
143. Rahmani M, Ortiz-Toquero S, Martin R. Referral pattern and co-management of keratoconus patients in primary eye care: A survey of three European countries. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2022;45(3):101518. doi:10.1016/j.clae.2021.101518
144. Medina-García M, Higuera-Rodríguez L, García-Vita M<sup>a</sup>. M, Doña-Toledo L. Ict, disability, and motivation: Validation of a measurement scale and consequence model for inclusive digital knowledge. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(13). doi:10.3390/ijerph18136770
145. Koelewijn G, Hennis MP, Kort HSM, Frenkel J, van Houwelingen T. Games to support teaching clinical reasoning in health professions education: a scoping review. *Med Educ Online*. 2024;29(1). doi:10.1080/10872981.2024.2316971
146. Naciri A, Radid M, Kharbach A, Chemsy G. E-learning in health professions education during the COVID-19 pandemic: A systematic review. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18. doi:10.3352/jeehp.2021.18.27
147. Harley JM, Bilgic E, Gorgy A. Supporting Health Professions Education with Virtual Simulations: The Role of Technical, Educational, and Affective Factors in Assessing Opportunities and Challenges. In: *Pedagogy and Psychology in Digital Education*. Springer Nature Singapore; 2023:197-209. doi:10.1007/978-981-99-2107-2\_11
148. Smythe JL, Daum KM, Dean V. ASCO Updates Guidance on Competencies Expected of Students Graduating from Optometry Degree Programs. 2011. Accessed July 18, 2025. <https://optometriceducation.org/news/asco-updates-guidance-on-competencies-expected/>
149. European Council of Optometry and Optics. Learning outcomes and syllabus of european diploma in Optometry. 2018. Accessed July 18, 2025. [https://www.ecoo.info/wp-content/uploads/2016/10/20171020\\_Syllabus-and\\_Accreditation\\_self-assessment.pdf](https://www.ecoo.info/wp-content/uploads/2016/10/20171020_Syllabus-and_Accreditation_self-assessment.pdf)

150. Davies P. What is evidence-based Education? *British J Educ Studies*. 1999;47(2):108-121. doi:10.1111/1467-8527.00106
151. Brame CJ, Biel R. Test-enhanced learning: The potential for testing to promote greater learning in undergraduate science courses. *CBE Life Sci Educ*. 2015;14(2):es4. doi:10.1187/cbe.14-11-0208
152. Vogel N, Wood E. Collaborative group work: university students' perceptions and experiences before and during COVID-19. *SN Soc Sci*. 2023;3(6):86. doi:10.1007/s43545-023-00670-2
153. Rajati F, Sharifirad G, Babakhani M, Mohebi S. The effect of team-based learning on public health students' educational outcomes. *J Educ Health Promot*. 2018;7(1):140. doi:10.4103/jehp.jehp\_124\_17
154. Rogers SL, Priddis LE, Michels N, Tieman M, Van Winkle LJ. Applications of the reflective practice questionnaire in medical education. *BMC Med Educ*. 2019;19(1):47. doi:10.1186/s12909-019-1481-6
155. Lisboa University. ECTS credit conversion table. 2024. Accessed July 18, 2025. [https://aai.tecnico.ulisboa.pt/files/sites/52/ist-tabela-conversao\\_conversion-table\\_cr-ects\\_pt-en.pdf](https://aai.tecnico.ulisboa.pt/files/sites/52/ist-tabela-conversao_conversion-table_cr-ects_pt-en.pdf)
156. Trinity College Dublin. ECTS equivalents credit table UK. 2024. Accessed July 18, 2025. [https://www.tcd.ie/study/assets/PDF/ECTS\\_Equivalents\\_Credit\\_Table\\_UK.pdf](https://www.tcd.ie/study/assets/PDF/ECTS_Equivalents_Credit_Table_UK.pdf)
157. Università degli Studi di Udine. Equivalence table ECTS-Credit Points Canada. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.uniud.it/it/didattica/area-servizi-studenti/servizi-studenti/opportunita-allestero-/mobilita-extra-europea/modulistica-mobilita-extra-eu/tabella-di-equivalenza-ects-credit-points-canada>
158. Utrecht University. UU credit conversion system: Africa. 2024. Accessed July 18, 2025. <https://students.uu.nl/sites/default/files/uu-creditconversionsystem-africa.pdf>
159. Freemovers. Credit Conversion Tables. Published online 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.wearefreemovers.com/credit-conversion-tables/>
160. of Arizona U. International Credit Conversion Guide (ICCG). Published online 2024. Accessed July 18, 2025. [https://transfercredit.arizona.edu/content/international-credit-conversion-guide-iccg?field\\_tc\\_country\\_value=SPA&title=](https://transfercredit.arizona.edu/content/international-credit-conversion-guide-iccg?field_tc_country_value=SPA&title=)

161. University R. Conversion of Grades and Credits. Published online 2024. Accessed July 18, 2025. <https://www.ru.nl/sites/default/files/2024-12/conversion-of-grades-and-credits-ru-november-2024.pdf>
162. of South Carolina U. International Credit Conversion Guide. Published online 2024. Accessed July 18, 2025. [https://sc.edu/about/offices\\_and\\_divisions/registrar/transfer\\_credits/international\\_credit\\_conversion\\_guide.php](https://sc.edu/about/offices_and_divisions/registrar/transfer_credits/international_credit_conversion_guide.php)
163. University U. UU Credit Conversion System Oceania. Published online 2023. Accessed July 18, 2025. [https://students.uu.nl/sites/default/files/uu-creditconversionssystem-oceania\\_version-jan-23.pdf](https://students.uu.nl/sites/default/files/uu-creditconversionssystem-oceania_version-jan-23.pdf)
164. Berlin FU. Conversion of Credit Points. Published online 2024. Accessed July 18, 2025. [https://www.mi.fu-berlin.de/en/data-science/\\_inhaltselemente-rd/downloads/Conversion-of-credit-points.pdf](https://www.mi.fu-berlin.de/en/data-science/_inhaltselemente-rd/downloads/Conversion-of-credit-points.pdf)
165. Murcia University. Estimation of ECTS workload. 2007. Accessed July 18, 2025. <https://www.um.es/docencia/agustinr/ie/cargatrab/index.html>
166. Cranney J. Toward psychological literacy: A snapshot of evidence-based learning and teaching. *Aust J Psychol.* 2013;65(1):1-4. doi:10.1111/ajpy.12013
167. International Council of Ophthalmology. International core curriculum for ophthalmic assistants. 2009. Accessed July 18, 2025. <https://icaccreditation.org/pdf/ICOCurriculumOMA.pdf>
168. Soomro KA, Kale U, Curtis R, Akcaoglu M, Bernstein M. Digital divide among higher education faculty. *International Journal of Educational Technology in Higher Education.* 2020;17(1):1-16. doi:10.1186/s41239-020-00191-5
169. Twa MD. COVID-19 Pandemic-driven Innovations in Optometric Education. *Optom Vis Sci.* 2020;97(10):831-832. doi:10.1097/OPX.0000000000001605
170. Webb L, Clough J, O'Reilly D, Wilmott D, Witham G. The utility and impact of information communication technology (ICT) for pre-registration nurse education: A narrative synthesis systematic review. *Nurse Educ Today.* 2017;48:160-171. doi:10.1016/j.nedt.2016.10.007
171. Fernández-Cerero J, Montenegro-Rueda M, Fernández-Batanero JM. Impact of University Teachers' Technological Training on Educational Inclusion and Quality of Life of Students with Disabilities: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(3). doi:10.3390/ijerph20032576



172. Picatoste J, Pérez-Ortiz L, Ruesga-Benito SM. A new educational pattern in response to new technologies and sustainable development. Enlightening ICT skills for youth employability in the European Union. *Telematics and Informatics*. 2018;35(4):1031-1038. doi:10.1016/j.tele.2017.09.014
173. Stolee P, McKillop I, McMurray J, Strong JG, Jones DA, Hildebrand JM. "Eye-T": Information technology adoption and use in Canada's optometry practices. *Optometry*. 2011;82(3):166-174. doi:10.1016/j.optm.2010.07.031
174. Ahmad N, Atoum I, Khan J, Alqahhas Y. ICT Application and Use in Health Sciences Research at the Global Level: A Scientometric Study. *Healthcare (Switzerland)*. 2022;10(9). doi:10.3390/healthcare10091701
175. Maramba I, Chatterjee A, Newman C. Methods of usability testing in the development of eHealth applications: A scoping review. *Int J Med Inform*. 2019;126:95-104. doi:10.1016/j.ijmedinf.2019.03.018
176. Wolffsohn JS, Dumbleton K, Huntjens B, et al. CLEAR - Evidence-based contact lens practice. *Contact Lens and Anterior Eye*. 2021;44(2):368-397. doi:10.1016/j.clae.2021.02.008
177. Guenaga ML, Mentxaka I, Romero S, Eguluz A. Digital Educational Objects for an Inclusive Learning: Survey and Guidelines for the Experience in Eskola 2.0. In: *2012 IEEE 12th International Conference on Advanced Learning Technologies*. IEEE; 2012:246-247. doi:10.1109/ICALT.2012.119
178. Giakoumis D, Kaklanis N, Votis K, Tzovaras D. Enabling user interface developers to experience accessibility limitations through visual, hearing, physical and cognitive impairment simulation. *Univers Access Inf Soc*. 2014;13(2):227-248. doi:10.1007/s10209-013-0309-0
179. Tseng RMWW, Gunasekeran DV, Tan SSH, et al. Considerations for Artificial Intelligence Real-World Implementation in Ophthalmology: Providers' and Patients' Perspectives. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*. 2021;10(3):299-306. doi:10.1097/APO.0000000000000400
180. Vaz de Almeida C, Belim C. Health Professionals' Communication Competences as a Light on the Patient Pathway. *International Journal of Applied Research on Public Health Management*. 2021;6(1):14-29. doi:10.4018/IJARPHM.2021010102
181. Aikaterini Tsouktakou, Angelos Hamouroudis, Anastasia Horti. The use of artificial intelligence in the education of people with visual impairment. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*. 2024;13(1):734-744. doi:10.30574/wjaets.2024.13.1.0481

182. Sai Teja Boppiniti. Novel smart contact lenses with embedded ai for pioneering continuous health tracking and disease detection. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*. 2024;11(9):1-17. doi:10.26662/ijert.v11i9.pp1-17
183. Zedan M, Zulkifley M, Ibrahim A, Moubark A, Kamari N, Abdani S. Automated Glaucoma Screening and Diagnosis Based on Retinal Fundus Images Using Deep Learning Approaches: A Comprehensive Review. *Diagnostics*. 2023;13(13):2180. doi:10.3390/diagnostics13132180
184. Gulshan V, Peng L, Coram M, et al. Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs. *JAMA*. 2016;316(22):2402. doi:10.1001/jama.2016.17216
185. Bansal S, Bhambhwani V. Evaluation of a simulation-based ophthalmology education workshop for medical students: a pilot project. *BMC Med Educ*. 2025;25(1):153. doi:10.1186/s12909-025-06712-y
186. Albanese MA, Mejicano G, Mullan P, Kokotailo P, Gruppen L. Defining characteristics of educational competencies. *Med Educ*. 2008;42(3):248-255. doi:10.1111/j.1365-2923.2007.02996.x
187. Zou Y. Application of Flipped Classroom Teaching Model Based on Micro-Course in Practical Training Teaching of Contact Lens Fitting Technology. *Journal of Contemporary Educational Research*. 2023;7(9):98-104. doi:10.26689/jcer.v7i9.5384
188. Succar T, Grigg J, Beaver HA, Lee AG. A systematic review of best practices in teaching ophthalmology to medical students. *Surv Ophthalmol*. 2016;61(1):83-94. doi:10.1016/j.survophthal.2015.09.001
189. Sánchez-Rivas E, Ramos-Núñez MF, Linde-Valenzuela T, Sánchez-Rodríguez J. Percepción del alumnado universitario respecto al aprendizaje basado en proyectos con tecnología. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*. 2023;26(1):71-84. doi:10.6018/reifop.543281
190. Brooke J. SUS: A Quick and Dirty Usability Scale. In: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland IL, eds. *Usability Evaluation in Industry*. Taylor & Francis; 1996:189-194.
191. Thompson J, White S, Chapman S. Interactive Clinical Avatar Use in Pharmacist Preregistration Training: Design and Review. *J Med Internet Res*. 2020;22(11):e17146. doi:10.2196/17146

192. Nagra M, Huntjens B. Smartphone ophthalmoscopy: patient and student practitioner perceptions. *J Med Syst.* 2020;44(1):10. doi:10.1007/s10916-019-1477-0
193. Holden RJ, Karsh BT. The Technology Acceptance Model: Its past and its future in health care. *J Biomed Inform.* 2010;43(1):159-172. doi:10.1016/j.jbi.2009.07.002
194. Wilcox RR. *Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing.* 4th ed. Academic Press; 2017.
195. Monette DL, Hegg DD, Chyn A, Gordon JA, Takayesu JK. A Guide for Medical Educators: How to Design and Implement In Situ Simulation in an Academic Emergency Department to Support Interprofessional Education. *Cureus.* Published online May 11, 2021. doi:10.7759/cureus.14965
196. Cornet VP, Charles M, Toscos T. Simulation Modeling for Health Care Operations: User-centered Design Needed! *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.* 2023;67(1):1373-1379. doi:10.1177/21695067231192438
197. Tait L, Lee K, Rasiah R, et al. Simulation and Feedback in Health Education: A Mixed Methods Study Comparing Three Simulation Modalities. *Pharmacy.* 2018;6(2):41. doi:10.3390/pharmacy6020041
198. Malik TG, Mahboob U, Khan RA, Alam R. Virtual patients versus standardized patients for improving clinical reasoning skills in ophthalmology residents. A randomized controlled trial. *BMC Med Educ.* 2024;24(1):429. doi:10.1186/s12909-024-05241-4
199. Bangor A, Kortum PT, Miller JT. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *J Usability Stud.* 2009;4(3):114-123. <https://uxpajournal.org/determining-what-individual-sus-scores-mean/>
200. Prensky M. Digital Natives, Digital Immigrants Part 1. *On the Horizon.* 2001;9(5):1-6. doi:10.1108/10748120110424816
201. Colman N, Saldana C, Craig K, et al. Simulation-based User-centered Design: An Approach to Device Development during COVID-19. *Pediatr Qual Saf.* 2021;6(4):e427. doi:10.1097/pq9.0000000000000427
202. Kim S, Chow BC, Park S, Liu H. The Usage of Digital Health Technology Among Older Adults in Hong Kong and the Role of Technology Readiness and eHealth Literacy: Path Analysis. *J Med Internet Res.* 2023;25:e41915. doi:10.2196/41915

203. Matas A. Diseño del formato de escalas tipo Likert: un estado de la cuestión. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*. 2018;20(1):38-47. doi:10.24320/redie.2018.20.1.1347
204. Hyzy M, Bond R, Mulvenna M, et al. System Usability Scale Benchmarking for Digital Health Apps: Meta-analysis. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2022;10(8):e37290. doi:10.2196/37290
205. Govaerts MJB. Educational competencies or education for professional competence? *Med Educ*. 2008;42(3):234-236. doi:10.1111/j.1365-2923.2007.03001.x
206. Fesol SFA, Arshad MM, Salam S, Abu Samah KAF. Youth Perception of the Usage of Wearable Technology in Technical MOOC Education. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 2022;12(13). doi:10.6007/IJARBS/v12-i13/14161
207. Lim L, Lim EWL. Therapeutic Contact Lenses in the Treatment of Corneal and Ocular Surface Diseases—A Review. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*. 2020;9(6):524-532. doi:10.1097/APO.0000000000000331
208. Albarqouni L, Hoffmann T, Straus S, et al. Core Competencies in Evidence-Based Practice for Health Professionals. *JAMA Netw Open*. 2018;1(2):e180281. doi:10.1001/jamanetworkopen.2018.0281
209. Clarke SO, Ilgen JS, Regehr G. Fostering Adaptive Expertise Through Simulation. *Academic Medicine*. 2023;98(9):994-1001. doi:10.1097/ACM.00000000000005257
210. Wang A, Xiao R, Zhang C, et al. Effectiveness of a combined problem-based learning and flipped classroom teaching method in ophthalmic clinical skill training. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):487. doi:10.1186/s12909-022-03538-w
211. de Bougrenet de la Tocnaye JL, Nourrit V, Lahuec C. Design of a Multimodal Oculometric Sensor Contact Lens. *Sensors*. 2022;22(18):6731. doi:10.3390/s22186731



# **ANEXOS**

*Annexes*



## A

**Aprobación ética para la recopilación de datos  
(trámite colectivo) / [primera y última página]**



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE MACHNE LEARNING PARA TOMADA DE DECISÕES CLÍNICAS E EDUCAÇÃO EM OPTOMETRIA

**Pesquisador:** Leandro Stuermer

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 60625322.3.0000.0117

**Instituição Proponente:** FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DO CONTESTADO - FUNC

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 5.646.656

**Apresentação do Projeto:**

As informações elencadas no campo Apresentação do Projeto foram retirados integralmente do arquivo informações básicas da Pesquisa (PB\_Informações\_Básicas do Projeto CAAE: 60625322.3.0000.0117)

O Data Science (ciência de dados) incluindo seus mais variados subcampos, com destaque para as análises estatísticas avançadas e aplicação em inteligência artificial, tem ganho muito destaque em seu uso na área da saúde. A Health Data Science (ciência de dados em saúde), se caracteriza pela análise profunda dos diferentes tipos de informações relacionadas a saúde buscando compreender e solucionar problemas reais a partir dos dados disponíveis, integrando de forma sólida as ciências da computação e as ciências da saúde. Na prática, é relacionada com a coleta e análise de dados agregados para obtenção de insights e informações importantes. Esses sistemas transformam, organizam e modelam os dados para tirar conclusões e identificar padrões (NETTO, 2021). O Educational Data Science (ciência de dados educacionais) por sua vez, explora estas informações visando aperfeiçoar a compreensão e a qualidade das experiências de aprendizagem. Foi creditada com a promessa de transformar a educação das profissões da saúde, oferecendo abordagens para lidar com dados grandes e significativa complexidade. Geralmente, os dados são utilizados para o desenvolvimento de aplicativos para problemas, usos e contextos específicos (TOLSGAARD, 2020). Em relação ao uso de Data Science na área da educação em saúde, Lobo (2018), enfatiza que a

**Endereço:** Av. Nereu Ramos 1071  
**Bairro:** Jardim do Molho **CEP:** 89.300-000  
**UF:** SC **Município:** MAFRA  
**Telefone:** (47)3641-5500 **Fax:** (47)3641-5500 **E-mail:** comitedestica@unc.br



Continuação do Parecer: 5.646.656

Básicas do Projeto	ETO_1979307.pdf	20:00:27		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Brochura_projeto_22_08_2022_V2.pdf	22/08/2022 19:59:57	Leandro Stuermer	Aceito
Outros	Carta_Resposta_Parecer_5580463.pdf	22/08/2022 19:57:35	Leandro Stuermer	Aceito
Outros	termo_de_autorizacao_CUSV.pdf	08/07/2022 14:27:14	Leandro Stuermer	Aceito
Outros	termo_de_autorizacao_VERBEM.pdf	08/07/2022 14:27:01	Leandro Stuermer	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_final.pdf	06/07/2022 17:07:00	Leandro Stuermer	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Justificativa_ausencia_TCLE.pdf	06/07/2022 12:16:57	Leandro Stuermer	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

MAFRA, 15 de Setembro de 2022

---

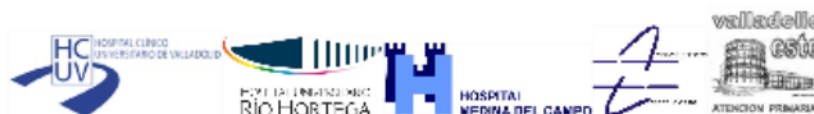
**Assinado por:**  
**Tadeu Geronasso**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** Av. Nereu Ramos 1071  
**Bairro:** Jardim do Molho **CEP:** 89.300-000  
**UF:** SC **Município:** MAFRA  
**Telefone:** (47)3641-5500 **Fax:** (47)3641-5500 **E-mail:** comitedestica@unc.br



## B

**Aprobación ética para la encuesta  
(trámite colectivo) / [primera y última página]**



**DICTAMEN DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN CON  
MEDICAMENTOS DE LAS ÁREAS DE SALUD DE VALLADOLID**

Dr F. Javier Alvarez, Secretario Técnico del COMITÉ DE ÉTICA DE LA  
INVESTIGACIÓN CON MEDICAMENTOS de las Áreas de Salud de Valladolid

CERTIFICA

En la reunión del CEIm de las ÁREAS DE SALUD DE VALLADOLID del 24 de julio de 2024, se procedió a la evaluación del siguiente proyecto de investigación:

PI-24-475-O	EVALUACIÓN DE MODELOS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA APOYAR LA TOMA DE DECISIONES EN SALUD VISUAL Y OCULAR	I.P.: RAUL MARTIN HERRANZ EQUIPO: LEANDRO STUERMER, SABRINA BRAGA IOBA/UVA
-------------	---	---

A continuación, señalo los acuerdos tomados por el CEIm de las ÁREAS DE SALUD DE VALLADOLID en relación a dicho Proyecto de Investigación:

- El estudio se plantea siguiendo los requisitos legalmente establecidos.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio, y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Es adecuado el procedimiento para obtener el consentimiento informado (cuando proceda).
- Es adecuado el modo de reclutamiento previsto (cuando proceda).
- La capacidad del investigador, los colaboradores, las instalaciones y medios disponibles, tal y como ha sido informado, son apropiados para llevar a cabo el estudio.

Este CEIm emite **DICTAMEN FAVORABLE** del citado proyecto de investigación, en la reunión celebrada el 24/07/2024 (acta nº14 de 2024) y acepta que dicho proyecto de investigación sea realizado por el investigador principal y su equipo.

Que el CEIm de las Áreas de Salud de Valladolid, tanto en su composición como en sus procedimientos, cumple con las normas de BPC (CPMP/ICH/135/95) y con la legislación vigente que regula su funcionamiento, y que la composición del CEIm de las Áreas de Salud de Valladolid (Hospital Clínico Universitario de Valladolid, Hospital Universitario Río Hortega, Hospital de Medicina, Atención Primaria Área de Salud Valladolid Oeste y Este) es la indicada en el anexo I, teniendo en cuenta que en el caso de que algún miembro participe en el estudio o declare algún conflicto de interés no habrá participado en la evaluación ni en el dictamen de la solicitud de autorización del estudio.



Lo que firmo en Valladolid a 24 de julio de 2024



Dr. F. Javier Álvarez.  
CEIm de las Áreas de Salud Valladolid,  
Hospital Clínico Universitario de Valladolid,  
Hospital Universitario Río Hortega  
Hospital de Medina del Campo,  
Atención Primaria Área de Salud Valladolid Oeste y Este  
Facultad de Medicina, Farmacología,  
C/ Ramón y Cajal 7, 47005 Valladolid  
[alvarez@uva.es](mailto:alvarez@uva.es) [jalvarezgo@saludcastillayleon.es](mailto:jalvarezgo@saludcastillayleon.es)  
<https://ceimvalladolid.es>  
tel.: 983 423077

**C****Encuesta de Prueba de Concepto****Encuesta de Prueba de Concepto: Simulador de caso clínico para lentes de contacto****Bloque 1 – consentimiento y declaración****CONSENTIMIENTO INFORMADO Y DECLARACIÓN DE USO**

Lo invitamos a participar del “**Encuesta de Prueba de Concepto: Simulador de caso clínico para lentes de contacto**”, bajo la responsabilidad del investigador de la **MSc. Sabrina Braga Vieira (1), MSc. Leandro Stuermer (1) y el Dr. Raúl Martín Herranz (2)**, cuyo objetivo es evaluar la usabilidad, aceptación y percepción de efectividad educativa de un simulador de baja fidelidad que utiliza inteligencia artificial para generar y evaluar casos clínicos de lentes de contacto (*asociados a el estudio "Evaluación de modelos de inteligencia artificial para apoyar la toma de decisiones en salud visual y ocular"*).

**Tu participación es VOLUNTARIA y se realizará respondiendo a un cuestionario estructurado, ANÓNIMO y ONLINE. No se solicitarán datos personales ni se registrará ningún tipo de información técnica que no esté incluida en sus respuestas.** El cuestionario tiene de 10 a 15 preguntas (opción múltiple) que requieren aproximadamente de 5 a 10 minutos para completarse y está dirigido a profesionales/estudiantes de ciencias de la visión que hayan experimentado previamente el uso del simulador de casos clínicos de lentes. Información de contacto (SILVIA) en <https://www.visioncare.digital/silvia>.

Su participación no supondrá ningún coste ni dará lugar a remuneración, pero tiene derecho a reclamar una indemnización conforme a la ley por los daños y perjuicios que puedan derivarse de su participación. Los riesgos pueden incluir no comprender una pregunta y/o no poder responder adecuadamente. **Incluso después de haber dado su consentimiento para participar, aún podrá decidir no completar el cuestionario**, teniendo el derecho y la libertad de retirar su consentimiento en cualquier momento, sin necesidad de justificación y sin perjuicio alguno. Sin embargo, una vez enviada, su respuesta no podrá modificarse, cancelarse ni alterarse, ya que quedará registrada de forma anónima.

Los resultados del cuestionario serán analizados y publicados, sin embargo, en ningún caso sus datos de identidad serán revelados, ni serán solicitados, ni serán recogidos por el cuestionario. Para cualquier otra información, puede contactar a la investigadora Sabrina Braga Vieira, Optometrista, por correo electrónico a [sabrinabragavieira@gmail.com](mailto:sabrinabragavieira@gmail.com).

*1. Grupo de Investigação em Optometria. Instituto Universitário de Oftalmobiologia Aplicada – IOBA. Universidad de Valladolid. Valladolid (Espanha); IDEIA Visão - Instituto de desenvolvimento, investigação e atenção a visão. Porto Alegre (Brasil); Faculdade de Optometria, Universidade do Contestado - UNC. Canoinhas (Brasil).*

*2. Grupo de Investigação em Optometria. Instituto Universitário de Oftalmobiologia Aplicada – IOBA. Departamento de Física TAO. Universidad de Valladolid. Valladolid (Espanha);*

**En vista de estas explicaciones anteriores, Usted confirma que es mayor de edad y que está suficientemente informado sobre su participación en esta investigación y que está dispuesto a participar**

*Sí. Acepto participar y declaro que ya he probado el simulador*

*Sí. Acepto participar, pero aún no he probado el simulador*

*No quiero participar.*

## **Bloque 2 - Perfil**

### **A. Indique su edad**

### **B. Indique su sexo**

Varón

Mujer

Otro

No quiero responder

### **C. ¿En qué país trabajas o estudias? (escriba solo el nombre del PAÍS, o en blanco para no responder)**

España

Brasil

Portugal

Reino Unido

Otro: Indicar

### **D. ¿Qué opción define mejor tu situación actual?**

Óptico-Optometrista

Oftalmólogo

Estudiante (de Grado en Optometría)

Estudiante (Residente de Oftalmología)

Profesor universitario (Optometrista)

Profesor universitario (Oftalmólogo)

Contactólogo

Otro, diferente a los anteriores.

No quiero responder

### **E. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe su relación con las lentes de contacto? (Seleccione todas las que correspondan)**

Soy miembro de la IACLE (Asociación Internacional de Educadores de Lentes de Contacto)

Trabajo con lentes de contacto

Actúo como educador en contactología

Mi trabajo no está relacionado con las lentes de contacto

---

### **Bloque 3 – ESTUDIANTES (Escala de Usabilidad del Sistema - SUS)**

Analice las siguientes afirmaciones basándose en su experiencia con el simulador de casos clínicos de lentes de contacto SILVIA

**1. Me gustaría utilizar este simulador con frecuencia.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**2. El simulador me pareció muy complejo.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**3. El simulador me pareció fácil de usar.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**4. Necesito el apoyo de un técnico para poder utilizar este simulador.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**5. Encontré que las diversas funciones de este simulador están bien integradas.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**6. Pienso que hay muchas inconsistencias en este simulador.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**7. La mayoría de la gente aprendería a utilizar este simulador muy rápidamente.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**8. Encontré el simulador muy difícil de usar.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**9. Me sentí muy seguro al utilizar el simulador.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**10. Es necesario haber recibido mucha orientación sobre el uso del simulador antes de poder empezar a utilizarlo.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

## Bloque 4 - PROFESIONALES/PROFESORES (OPINIÓN/PERCEPCIÓN)

Responda las siguientes afirmaciones basándose en su experiencia utilizando el simulador de casos clínicos de lentes de contacto SILVIA.

### Utilidad percibida

**1. El uso del simulador por parte de estudiantes/profesionales fomenta el aprendizaje en el área de la contactología.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**2. El uso del simulador virtual mejora la comprensión de las situaciones clínicas.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

### Facilidad de uso percibida

**3. Me pareció fácil navegar en el simulador virtual.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**4. Las funciones del simulador son fáciles de aprender a utilizar.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

### Realismo y fidelidad de la simulación

**5. El contenido del simulador es aplicable a la realidad.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**6. Las opciones y estructuras de los datos clínicos que presenta el simulador se refieren a situaciones de la vida real.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

*Interacción del usuario*

**7. El simulador mantiene mi interés durante el uso.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**8. La interfaz del simulador es interactiva e intuitiva.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

*Relevancia educativa*

**9. El simulador es una herramienta educativa útil para enseñar casos clínicos de lentes de contacto.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**10. El simulador permite a los estudiantes experimentar y facilitar la adquisición de habilidades prácticas y clínicas, ayudando en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las lentes de contacto.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo



---

Feedback y Evaluación

**11. La información (feedback) proporcionada por el simulador es clara y útil.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**12. Al final, el simulador ofrece una evaluación personalizada del desempeño.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

Intención de uso

**13. Recomendaría utilizar el simulador en otro programa/asignatura/lección del área de ciencias de la visión, adaptándolo al contenido.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

**14. Recomendaría el uso del simulador virtual a otros profesionales o estudiantes.**

Totalmente en desacuerdo  
No estoy de acuerdo  
Neutro  
Estoy de acuerdo  
Totalmente de acuerdo

Opinión libre

**15. Deja tu opinión y/o sugerencia sobre el sistema utilizado:**

