TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO EN *CIENCIAS DE LA SALUD*: APLICACIONES CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Marieta del Jesús Azúa Menéndez
Lidia Fernanda Jijón Cañarte
Caleb Isaac Chilán Santana
Ambar Nicole Palma Villavicencio
Vicente Augusto Jaime Mora
Gilson Alfonso Hidalgo Villavicencio
Julio Johnny Regalado Jalca

TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO EN CIENCIAS DE LA SALUD: APLICACIONES CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Marieta del Jesús Azúa Menéndez
Lidia Fernanda Jijón Cañarte
Caleb Isaac Chilán Santana
Ambar Nicole Palma Villavicencio
Vicente Augusto Jaime Mora
Gilson Alfonso Hidalgo Villavicencio
Julio Johnny Regalado Jalca

El presente libro ha sido sometido a un riguroso proceso de revisión (pares externos) mediante el sistema de arbitraje de doble ciego. La publicación cuenta con el aval del Comité Científico de la editorial PLAGCIS, tras haber superado los protocolos editoriales estandarizados que aseguran el cumplimiento de las normas académicas establecidas para publicaciones de carácter científico.

Primera publicación: agosto, 2026

De esta edición:
Fondo Editorial PLAGCIS, adscrito a la Plataforma de Acción, Gestión e investigación Social S.A.S.
Calle 13B 12-74, Sincelejo - Colombia
Tel.: +57 301 498 9039 / director@plagcis.org / www.plagcis.org

Universidad INCCA de Colombia
Cra 13 # 24-15, Bogotá – Colombia

Tecnológico Universitario Edupraxis
Juan Benigno Vela 07-56 y Montalvo. Ambato – Ecuador.

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

Tecnologías del aprendizaje y el conocimiento en ciencias de la salud: aplicaciones con inteligencia artificial / Marieta del Jesús Azúa Menéndez, Lidia Fernanda Jijón Cañarte, Caleb Isaac Chilán Santana, Ambar Nicole Palma Villavicencio, Vicente Augusto Jaime Mora, Gilson Alfonso Hidalgo Villavicencio y Julio Johnny Regalado Jalca: Plataforma de Acción, Gestión e Investigación Social S.A.S – Fondo Editorial PLAGCIS, 2026.

ISBN: 978-628-97750-1-3
211 páginas.

1. Tecnologías del Aprendizaje; 2. Conocimiento clínico; 3. inteligencia artificial; 4. plataformas educativas; 5. estrategias didácticas.

Materia: 610.7 - Educación. investigación. enfermería. temas relacionados
Clasificación Thema: JNV - Equipamiento y tecnología educativas, aprendizaje asistido por ordenador (CAL)

Libro de investigación No. 59

Cita sugerida (APA 7ma): Azúa Menéndez, M. del J., Jijón Cañarte, L. F., Chilán Santana, C. I., Palma Villavicencio, A. N., Jaime Mora, V. A., Hidalgo Villavicencio, G. A., & Regalado Jalca, J. J. (2026). *Tecnologías del aprendizaje y el conocimiento en ciencias de la salud: aplicaciones con inteligencia artificial*. Editorial PLAGCIS. https://doi.org/10.69821/978-628-97750-1-3

Acceso abierto / Open Access

RESUMEN 15
ABSTRACT 16
PRESENTACIÓN 17
CAPÍTULO 1 18
FUNDAMENTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO . 18
1 INTRODUCCIÓN 19
1.1 Evolución histórica de las tecnologías educativas 19
1.1.1 De la tradición oral a la tecnología instruccional 20
1.1.2 La computadora y los primeros sistemas digitales (1960-1990) 21
1.1.3 Internet y el surgimiento del e-learning (1990-2005) 21
1.1.4 La Web 2.0 y el aprendizaje colaborativo digital (2005-2015) 22
1.1.5 La era móvil y el aprendizaje ubicuo (2010-2020) 22
1.1.6 La inteligencia artificial y la transformación post-pandémica (2020-presente) 23
1.2 Diferenciación entre TIC, TAC y TEP 24
1.2.1 Las TIC y su rol en los contextos educativos 25
1.2.2 Las TAC: tecnología al servicio del aprendizaje 25
1.2.3 Las TEP: tecnología para el empoderamiento 26
1.2.4 Relaciones y complementariedades entre las tres categorías 26
1.2.5 Implicaciones para el currículo en ciencias de la salud 27
1.3 Principios pedagógicos asociados a las TAC 28
1.3.1 El constructivismo y el aprendizaje activo 29
1.3.2 El aprendizaje experiencial y la simulación clínica 29
1.3.3 El conectivismo y el aprendizaje en red 30
1.3.4 El diseño universal para el aprendizaje (DUA) 31
1.3.5 La evaluación formativa y la retroalimentación en entornos digitales 32
1.4 Relación entre tecnología y formación profesional en salud 33
1.4.1 La educación basada en competencias en ciencias de la salud 34

1.4.2 Evidencia sobre tecnología en el desarrollo de competencias clínicas 34
1.4.3 Los marcos globales de formación en salud y la tecnología 35
1.4.4 La tecnología en los distintos niveles de formación sanitaria 36
1.4.5 Desafíos en la integración tecnológica en la formación sanitaria.... 37
1.5 Transformaciones en la educación superior sanitaria 37
1.5.1 Del modelo transmisivo al aprendizaje activo 38
1.5.2 La educación basada en competencias y los nuevos modelos de evaluación 39
1.5.3 La organización del tiempo y el espacio en la era digital..... 39
1.5.4 La pandemia como aceleradora de la transformación digital 40
1.5.5 Nuevos modelos de enseñanza e internacionalización 41
REFERENCIAS..... 41
CAPÍTULO 2 45
FORMACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD MEDIADA POR TECNOLOGÍA 45
2 INTRODUCCIÓN 46
2.1 Características del aprendizaje en disciplinas sanitarias 46
2.1.1 La complejidad cognitiva del razonamiento clínico 47
2.1.2 La adquisición de habilidades procedimentales y su fundamentación 47
2.1.3 El aprendizaje interprofesional y la colaboración en salud..... 48
2.1.4 La formación basada en competencias en el ámbito sanitario 49
2.1.5 Motivación, autorregulación y aprendizaje autónomo en salud..... 50
2.2 Desarrollo de competencias clínicas mediante tecnología..... 50
2.2.1 La simulación como andamiaje para la competencia clínica 51
2.2.2 Retroalimentación tecnológica y mejora del desempeño..... 51
2.2.3 Tecnologías para el desarrollo de habilidades comunicativas..... 52
2.2.4 Evaluación de competencias con soporte tecnológico 53
2.2.5 Tecnologías de retroalimentación háptica y realidad virtual en procedimientos 53
2.3 Integración de simulación en la formación médica..... 55

2.3.1 Tipos de simulación y su aplicación en ciencias de la salud 55
2.3.2 El debriefing como componente pedagógico central 56
2.3.3 Programas de simulación para equipos interprofesionales 57
2.3.4 Indicadores de efectividad y evaluación de programas de simulación 57
2.4 Aprendizaje basado en casos clínicos digitales 58
2.4.1 Diseño pedagógico de casos clínicos digitales efectivos 59
2.4.2 Plataformas y herramientas para casos clínicos virtuales 60
2.4.3 Integración de evidencia multimedia en los casos clínicos 60
2.4.4 Evaluación del razonamiento clínico con casos digitales 61
2.5 Uso de datos en la formación sanitaria 62
2.5.1 Competencias en el manejo de datos para profesionales sanitarios 62
2.5.2 Registros electrónicos de salud como recurso educativo 63
2.5.3 Análisis de datos sanitarios en la formación de grado 64
2.5.4 Big data y aprendizaje automático en la educación sanitaria 64
2.6 Entornos híbridos de enseñanza en salud 65
2.6.1 Modelos de enseñanza híbrida en ciencias de la salud 65
2.6.2 La tutoría virtual en programas de formación sanitaria 66
2.6.3 Plataformas de aprendizaje híbrido para prácticas clínicas 67
2.7 Dificultades en la incorporación tecnológica 67
2.7.1 Resistencia docente ante la innovación tecnológica 68
REFERENCIAS 70
CAPÍTULO 3 73
ECOSISTEMA DE PLATAFORMAS DIGITALES EDUCATIVAS 73
3 INTRODUCCIÓN 74
3.1 Entornos virtuales de aprendizaje y su clasificación 74
3.1.1 Generaciones de los entornos virtuales de aprendizaje 75
3.1.2 Criterios pedagógicos para la evaluación de LMS 76
3.1.3 LMS de código abierto en contextos universitarios sanitarios 76
3.1.4 LMS propietarios: Canvas, Blackboard y plataformas emergentes ... 77
3.2 Uso de sistemas como Moodle y Canvas 78

3.2.1 Configuración pedagógica de Moodle para la formación clínica 78
3.2.2 Canvas y el aprendizaje activo en ciencias de la salud 79
3.2.3 Diseño de cursos en LMS basado en la alineación constructiva 80
3.2.4 Gestión de grandes grupos en LMS: retos y estrategias 80
3.3 Aplicaciones colaborativas como Microsoft Teams 81
3.3.1 Microsoft Teams en la formación sanitaria: funcionalidades 82
3.3.2 Comunicación asíncrona y síncrona en la formación clínica 82
3.3.3 Espacios virtuales de práctica clínica colaborativa 83
3.3.4 Integración de Teams y LMS en un ecosistema educativo coherente 84
3.4 Herramientas de evaluación interactiva 84
3.4.1 Herramientas de respuesta en tiempo real en la enseñanza clínica 85
3.4.2 Plataformas de evaluación y examinación en línea 86
3.4.3 Sistemas de banco de ítems y análisis de reactivos 86
3.4.4 Evaluación adaptativa y personalización 87
3.4.5 Retroalimentación automatizada y aprendizaje basado en la evaluación 88
3.5 Plataformas de simulación clínica digital 88
3.5.1 Body Interact y pacientes virtuales en medicina 89
3.5.2 Plataformas de enfermería virtual y cuidados críticos 89
3.5.3 Simuladores procedimentales y cirugía virtual 90
3.5.4 Plataformas de realidad aumentada y virtual para anatomía 91
3.5.5 Selección e implementación de plataformas de simulación digital . 91
3.6 Integración de repositorios de recursos educativos abiertos 92
3.6.1 Repositorios internacionales de referencia en ciencias de la salud 93
3.6.2 Licencias Creative Commons y uso legal de recursos educativos 93
3.6.3 Evaluación de la calidad de los REA para la formación sanitaria 94
3.6.4 Creación de repositorios institucionales de recursos educativos 95
3.7 Criterios para la selección de herramientas tecnológicas 95
3.7.1 El modelo SAMR como marco de evaluación pedagógica 96
3.7.2 Evaluación del costo total de propiedad 96

3.7.3 Accesibilidad, inclusión y equidad en la selección de herramientas 97
3.7.4 Evaluación y mejora continua del ecosistema tecnológico 98
REFERENCIAS 99
CAPÍTULO 4 102
ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS MEDIADAS POR TECNOLOGÍA 102
4 INTRODUCCIÓN 103
4.1 Aprendizaje basado en problemas en salud 103
4.1.1 Fundamentos pedagógicos del ABP digital 104
4.1.2 Diseño de casos problema digitales para ciencias de la salud 104
4.1.3 El rol del tutor en el ABP digital 105
4.1.4 ABP interprofesional en entornos digitales 105
4.1.5 Evaluación del aprendizaje en ABP digital 106
4.2 Simulación clínica virtual 107
4.2.1 Pacientes virtuales y simulación de casos en texto 107
4.2.2 Simulación virtual para el entrenamiento de urgencias 108
4.2.3 Escenarios de ramificación y toma de decisiones clínicas 108
4.2.4 Realidad mixta y simulación en entornos inmersivos 109
4.2.5 Evaluación del aprendizaje en simulación virtual 109
4.3 Aprendizaje colaborativo en entornos digitales 110
4.3.1 Principios del aprendizaje cooperativo en salud 110
4.3.2 Herramientas de co-creación y elaboración colaborativa en línea 111
4.3.3 Foros de discusión clínica y comunidades de práctica virtuales 112
4.3.4 Evaluación del aprendizaje colaborativo digital 112
4.3.5 Trabajo colaborativo en prácticas clínicas y rotaciones 113
4.4 Gamificación en educación sanitaria 114
4.4.1 Mecánicas de juego y su aplicación en formación clínica 114
4.4.2 Kahoot!, Mentimeter y herramientas de evaluación lúdica 115
4.4.3 Juegos serios y simulación gamificada en medicina 116
4.4.4 Gamificación y motivación en el estudio autónomo 116
4.4.5 Evidencia y limitaciones de la gamificación en salud 117
4.5 Uso de realidad aumentada y virtual en formación médica 117

4.5.1 Realidad virtual en anatomía y ciencias básicas 118
4.5.2 Realidad virtual en cirugía y procedimientos invasivos 119
4.5.3 Realidad virtual para el entrenamiento de habilidades blandas 119
4.5.4 Consideraciones éticas y efectos adversos de la RV 120
4.5.5 Implementación de RA/RV en programas de formación sanitaria 120
4.6 Diseño de experiencias interactivas 121
4.6.1 Principios de diseño instruccional para la salud digital 121
4.6.2 Herramientas de autor para contenido interactivo en salud 122
4.6.3 Video educativo en ciencias de la salud 123
4.6.4 Infografías y visualización del conocimiento clínico 123
4.7 Evaluación continua mediante herramientas digitales 124
4.7.1 Sistemas de evaluación formativa automatizada 125
4.7.2 Mini-CEX digital y evaluación directa del desempeño 125
4.7.3 Portafolio electrónico de competencias clínicas 126
4.7.4 Analítica del aprendizaje para la evaluación continua 126
4.7.5 Evaluación entre pares y autoevaluación con soporte digital 127
REFERENCIAS 128
CAPÍTULO 5 131
ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS MEDIADAS POR TECNOLOGÍA 131
5 INTRODUCCIÓN 132
5.1 Fundamentos de la IA en educación 132
5.1.1 Aprendizaje automático y redes neuronales 133
5.1.2 Historia y evolución de la IA en educación 133
5.1.3 Taxonomía de aplicaciones de IA en educación sanitaria 134
5.1.4 Conocimiento médico en grandes modelos de lenguaje 135
5.2 Uso de asistentes conversacionales: ChatGPT, Gemini y similares 135
5.2.1 Capacidades de los LLM en el estudio de medicina 136
5.2.2 Integración pedagógica de asistentes de IA en el aula de salud 137
5.2.3 Integridad académica en la era de LLM 137
5.2.4 Evaluación crítica del contenido de IA 138
5.3 Generación automática de contenido académico 139

5.3.1 Generación automática de ítems clínicos 139
5.3.2 Producción de materiales de estudio con IA 140
5.3.3 Adaptación y personalización de contenidos con IA 140
5.3.4 Limitaciones y sesgos en la generación automática de contenido clínico 141
5.3.5 Propiedad intelectual y autoría del contenido generado por IA 142
5.4 Creación de escenarios clínicos con IA 142
5.4.1 Diseño de casos clínicos adaptativos con IA 143
5.4.2 Generación de pacientes virtuales con LLM 144
5.4.3 Emergencias y situaciones de alto riesgo con IA 144
5.4.4 Personalización de escenarios según el nivel del estudiante 145
5.5 Sistemas de recomendación educativos 145
5.5.1 Filtrado colaborativo y basado en contenido en educación 146
5.5.2 Aprendizaje adaptativo y rutas personalizadas en medicina 147
5.5.3 Sistemas de alerta y predicción del éxito académico 147
5.5.4 Personalización de la retroalimentación con IA 148
5.6 Limitaciones y validación del contenido IA 148
5.6.1 Alucinaciones y errores en modelos de lenguaje 149
5.6.2 Sesgos en modelos de IA médica 149
5.6.3 Validación de IA en educación en salud 150
5.6.4 Dependencia tecnológica y desarrollo de competencias 150
5.7 Proyecciones futuras en formación sanitaria con IA 151
5.7.1 Tutores de IA para formación clínica personalizada 152
5.7.2 IA y transformación del perfil de egreso en salud 152
5.7.3 IA en evaluación de competencias: posibilidades y riesgos 153
5.7.4 Convergencia de IA, wearables y salud digital en formación 153
5.7.5 Estrategias para la transición a la educación con IA 154
REFERENCIAS 154
CAPÍTULO 6 157
AUTOMATIZACIÓN Y ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE 157
6 INTRODUCCIÓN 158

6.1 Concepto de automatización en educación 158
6.1.1 Fundamentos de automatización educativa 159
6.1.2 Tipos de automatización en gestión educativa sanitaria 159
6.1.3 Ventajas e impacto de la automatización en la calidad formativa 160
6.1.4 Riesgos y limitaciones de la automatización educativa 161
6.2 Uso de herramientas no-code 161
6.2.1 Zapier y Make: características y usos educativos 162
6.2.2 Microsoft Power Automate en universidades 162
6.2.3 Automatización de comunicación y seguimiento estudiantil 163
6.2.4 Automatización de recursos educativos 164
6.3 Integración de plataformas con APIs 164
6.3.1 APIs de LMS: Moodle, Canvas y capacidades 165
6.3.2 Estándares de datos educativos: xAPI, SCORM, cmi5 165
6.3.3 Learning Record Stores (LRS) en formación sanitaria 166
6.3.4 Integración de plataformas clínicas y educativas 167
6.4 Analítica del aprendizaje digital 167
6.4.1 Tipos de analítica del aprendizaje 168
6.4.2 Indicadores de aprendizaje en LMS 168
6.4.3 Modelos predictivos y sistemas de alerta 169
6.4.4 Ética y privacidad en analítica del aprendizaje 170
6.4.5 Implementación de LA en programas de ciencias de la salud 170
6.5 Visualización de datos educativos 171
6.5.1 Herramientas de visualización de datos en educación 171
6.5.2 Dashboards docentes: diseño e indicadores 172
6.5.3 Dashboards estudiantiles: transparencia y agencia 173
6.5.4 Visualización del rendimiento de cohortes para mejorar el currículo 173
6.6 Seguimiento del progreso estudiantil 174
6.6.1 Portafolios electrónicos para competencias clínicas 174
6.6.2 Evaluación programática y uso de evidencias acumulativas 175
6.6.3 Sistemas de alerta temprana y apoyo académico 176

6.6.4 Seguimiento de habilidades y registros clínicos 176
6.7 Optimización de procesos académicos 177
6.7.1 Gestión de rotaciones y horarios clínicos con tecnología. 178
6.7.2 Planificación curricular por datos 178
6.7.3 Evaluación y mejora de la calidad docente 179
6.7.4 Eficiencia en gestión de recursos educativos 179
6.7.5 Mejora continua con ciclos PDCA en gestión educativa 180
REFERENCIAS 181
CAPÍTULO 7 184
DISEÑO DE RECURSOS Y ACTIVIDADES EDUCATIVAS DIGITALES 184
7 INTRODUCCIÓN 185
7.1 Planificación de actividades competenciales 185
7.1.1 Diseño inverso en actividades clínicas digitales 186
7.1.2 Taxonomías del aprendizaje y diseño de recursos digitales 186
7.1.3 Mapas de competencias e itinerarios de aprendizaje 187
7.1.4 Planificación y codiseño con estudiantes 188
7.1.5 Alineación con estándares de acreditación y regulaciones 188
7.2 Diseño de contenidos multimedia educativos 189
7.2.1 Principios de diseño multimedia en formación clínica 190
7.2.2 Producción de video educativo en salud 190
7.2.3 Infografías y diseño visual en medicina 191
7.2.4 Animaciones interactivas y modelos 3D en enseñanza sanitaria 191
7.2.5 Podcasts y recursos de audio en formación sanitaria 192
7.3 Evaluaciones interactivas 193
7.3.1 Diseño de ítems clínicos de alta fidelidad 193
7.3.2 Evaluaciones de respuesta y escritura clínica 194
7.3.3 Evaluaciones de desempeño tecnológicas 195
7.3.4 Bancos de ítems y gestión de evaluaciones 195
7.4 Integración de herramientas tecnológicas 196
7.4.1 Modelo TPACK en la integración tecnológica 197
7.4.2 Arquitectura de un ecosistema de aprendizaje cohesivo 197

7.4.3 Gestión de carga cognitiva en entornos complejos 198
7.4.4 Estándares de interoperabilidad en ecosistemas de aprendizaje .. 199
7.5 Simulaciones en la enseñanza clínica..... 199
7.5.1 Diseño de escenarios de simulación efectivos..... 200
7.5.2 Integración de simulación presencial y virtual en el currículo..... 200
7.5.3 Estándares de competencia en simulación: enfoque de maestría . 201
7.5.4 Simulación de baja fidelidad y recursos económicos 202
7.6 Adaptación de contenidos a niveles educativos..... 202
7.6.1 Diferenciación instruccional en entornos digitales..... 203
7.6.2 Andamiaje digital y aprendizaje progresivo 204
7.6.3 Recursos para estilos y preferencias de aprendizaje 204
7.6.4 Adaptación de contenidos para posgrado y especialización 205
7.7 Implementación virtual..... 205
7.7.1 Diseño del entorno virtual: organización y comunicación pedagógica 206
7.7.2 Gestión de participación y colaboración en línea 207
7.7.3 Acompañamiento docente en entornos digitales 207
7.7.4 Sostenibilidad y actualización de recursos virtuales 208
REFERENCIAS..... 209

RESUMEN

La formación en ciencias de la salud enfrenta transformaciones por la aceleración tecnológica, la globalización del conocimiento clínico y la demanda de profesionales competentes. La obra analiza la integración de las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) en programas universitarios de ciencias de la salud, enfocándose en el papel de la inteligencia artificial (IA) como agente transformador de los modelos pedagógicos. El documento, estructurado en ocho capítulos, analiza los fundamentos epistemológicos y pedagógicos de las TAC, el aprendizaje clínico mediado por tecnología, las plataformas educativas digitales, las estrategias didácticas efectivas en contextos sanitarios, las posibilidades y los límites de la IA generativa en la formación médica, los sistemas de automatización y analítica del aprendizaje, los principios del diseño instruccional digital y las dimensiones éticas y evaluativas que deben orientar la innovación tecnológica en salud. El enfoque es crítico y equilibrado, reconociendo las potencialidades de las TAC para mejorar la calidad formativa, personalizar el aprendizaje, ampliar el acceso a recursos y fortalecer la seguridad del paciente, al tiempo que se examinan sus limitaciones, riesgos éticos y brechas de equidad en su implementación. Está dirigido a docentes universitarios, coordinadores, diseñadores instruccionales e investigadores en educación médica que buscan marcos teóricos y orientaciones prácticas para integrar la tecnología en la formación sanitaria del siglo XXI.

ABSTRACT

Health sciences education is undergoing profound transformation driven by rapid technological advancement, the globalisation of clinical knowledge, and the growing demand for highly competent professionals. This book examines the integration of Learning and Knowledge Technologies (LKT) into university health sciences programmes, with particular emphasis on the role of artificial intelligence (AI) as a transformative force in pedagogical models. Organised into eight chapters, the book explores the epistemological and pedagogical foundations of LKT; technology-mediated clinical learning; digital educational platforms; effective teaching strategies in healthcare contexts; the opportunities and limitations of generative AI in medical education; automation systems and learning analytics; the principles of digital instructional design; and the ethical and evaluative dimensions that should guide technological innovation in healthcare education. A critical and balanced perspective is adopted, recognising the potential of LKT to enhance educational quality, personalise learning, broaden access to resources, and strengthen patient safety, while also examining implementation constraints, ethical risks, and equity gaps. The book is intended for university lecturers, academic coordinators, instructional designers, and researchers in medical and health professions education seeking theoretical frameworks and practical guidance for integrating technology into twenty-first-century healthcare education.

PRESENTACIÓN

El presente libro responde a una necesidad formativa de primer orden en el panorama educativo latinoamericano contemporáneo: dotar a los docentes, coordinadores de programas y gestores académicos de las ciencias de la salud, de un marco teórico sólido, actualizado y pedagógicamente fundamentado, que les permita tomar decisiones informadas sobre la integración de las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento en sus contextos específicos de formación, más allá de los entusiasmos tecnológicos pasajeros y de la mera digitalización de prácticas pedagógicas tradicionales que tan frecuentemente caracterizan los procesos de innovación educativa en las instituciones de formación sanitaria. El texto, estructurado en ocho capítulos que progresan desde los fundamentos conceptuales hasta las perspectivas éticas y prospectivas más avanzadas, adopta deliberadamente una postura crítica y equilibrada que reconoce tanto el potencial transformador de las herramientas digitales para mejorar la calidad de la formación clínica como las limitaciones estructurales, los riesgos de inequidad y los dilemas éticos que condicionan su implementación efectiva en contextos de alta diversidad socioeconómica como los que caracterizan a América Latina; en este sentido, la obra no es un catálogo de herramientas ni un manifiesto tecnológico, sino un argumento sistemático y riguroso en favor de la integración reflexiva, pedagógicamente coherente y éticamente responsable de la tecnología al servicio del aprendizaje clínico, con la convicción de que la calidad de la formación sanitaria tiene consecuencias directas e irreversibles sobre la salud de las personas y las comunidades que dependen del saber, la habilidad y el humanismo de los profesionales que dichos programas forman, y que por tanto merece el más alto nivel de rigor intelectual, de fundamentación empírica y de compromiso institucional que la comunidad académica de las ciencias de la salud puede y debe ofrecer en un momento histórico definido por la aceleración tecnológica sin precedentes que representa la irrupción de la inteligencia artificial generativa en todos los ámbitos del conocimiento y de la práctica profesional.

Los Autores

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTOS DE LAS TECNOLOGÍAS DEL APRENDIZAJE Y EL CONOCIMIENTO

Marieta del Jesús Azúa Menéndez [1]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[1] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

marieta.azua@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0002-5601-6621

1 INTRODUCCIÓN

El primer capítulo del presente libro establece los fundamentos conceptuales y teóricos sobre los cuales se estructura el análisis de las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) aplicadas a la formación en ciencias de la salud. La comprensión de estos fundamentos permite contextualizar el papel de la tecnología en los procesos formativos y su relación con las transformaciones experimentadas por la educación superior. El capítulo desarrolla un recorrido que abarca los antecedentes históricos, los principales marcos conceptuales y pedagógicos, así como algunas características institucionales vinculadas con la formación universitaria en el área de la salud.

Las ciencias de la salud constituyen un campo formativo de alta complejidad, caracterizado por la necesidad de articular conocimientos científicos actualizados, habilidades procedimentales de precisión y actitudes profesionales sólidamente fundamentadas en la ética y el humanismo clínico. En este escenario, las tecnologías educativas no son un complemento accesorio, sino un componente estructural de los modelos de formación contemporáneos. La integración reflexiva de las TAC en la educación sanitaria exige, sin embargo, una comprensión profunda de sus fundamentos epistemológicos, pedagógicos e institucionales, que este capítulo se propone exponer de manera sistemática y rigurosa (Selwyn, 2018; Dent et al., 2021).

1.1 Evolución histórica de las tecnologías educativas

Las tecnologías han acompañado el proceso educativo desde los albores de la civilización, aunque su integración sistemática en la enseñanza formal adquirió un carácter específico a partir del siglo XX. Comprender la trayectoria histórica de las tecnologías educativas resulta fundamental para cualquier profesional vinculado a la formación universitaria, en particular en el ámbito de las ciencias de la salud, donde los avances científicos y tecnológicos imponen una actualización permanente de los modelos pedagógicos y de las estrategias de enseñanza y aprendizaje (Reiser, 2018).

La tecnología educativa ha sufrido cambios importantes a través del tiempo, tanto en la forma de concebirla como en las modalidades de aplicación en los

procesos de enseñanza y aprendizaje. Desde la inclusión de recursos audiovisuales en la segunda mitad del siglo XX hasta la aparición de herramientas basadas en inteligencia artificial generativa, este campo ha experimentado cambios y se ha transformado en función de las dinámicas sociales, científicas y culturales de cada etapa histórica. En este sentido, Selwyn (2018) afirma que la relación entre educación y tecnología debe entenderse en un contexto más amplio, donde entran en juego factores sociales, políticos y económicos que influyen en la adopción de ciertas tecnologías y en los objetivos pedagógicos que sustentan su uso.

1.1.1 De la tradición oral a la tecnología instruccional

La historia de la tecnología educativa no comienza con los ordenadores ni con Internet, sino con cualquier herramienta que el ser humano ha empleado para facilitar la transmisión del conocimiento. La escritura, surgida hace aproximadamente cinco mil años en Mesopotamia puede considerarse la primera gran tecnología educativa de la humanidad, pues permitió conservar el saber más allá de los límites de la memoria individual y de la tradición oral (Reiser, 2018). La invención de la imprenta por Gutenberg cerca del año 1440 cambió notablemente la difusión del conocimiento, lo que facilitó la reproducción de los textos y redujo sus costos de producción. Este progreso favoreció la disponibilidad de más materiales para la enseñanza. En el terreno de la medicina, publicaciones como la de Vesalius (1543) cambiaron notablemente la enseñanza de la anatomía, al incluir descripciones e imágenes más fieles del cuerpo humano.

En la década de 1950, las propuestas de B. F. Skinner influyeron notablemente en el desarrollo de modelos de enseñanza basados en principios conductistas. Sus planteamientos se referían a la organización secuencial de los contenidos y a la retroalimentación inmediata como elementos importantes para el aprendizaje, que posteriormente aparecieron en los primeros sistemas de enseñanza con soporte de ordenador. A la vez, en diversos escenarios se empezaron a utilizar la radio y la televisión con fines educativos. En América Latina, experiencias como Radio Sutatenza, en Colombia, demostraron que los medios de comunicación podían ser vehículos para difundir contenidos de índole

educativa y de salud en comunidades rurales con escaso acceso a servicios de educación formal (Garrison, 2017).

1.1.2 La computadora y los primeros sistemas digitales (1960-1990)

La incorporación de las computadoras entre las décadas de 1960 y 1980 transformó gradualmente la educación. Sistemas como PLATO introdujeron actividades interactivas y espacios de comunicación entre estudiantes, mientras que proyectos como CASE permitieron la práctica clínica con pacientes virtuales en entornos seguros (Zawacki-Richter y Latchem, 2018; McGaghie et al., 2014). Posteriormente, la expansión de computadoras personales como Apple II, IBM PC y Macintosh facilitó el uso de programas educativos en medicina y enfermería. No obstante, Cuban (2018) señala que estas tecnologías frecuentemente reforzaron métodos tradicionales de enseñanza, una observación que sigue siendo relevante en el debate actual sobre inteligencia artificial y educación en salud.

1.1.3 Internet y el surgimiento del e-learning (1990-2005)

La aparición de la World Wide Web en 1991 fue un punto de inflexión en la historia de la educación. Internet transformó el acceso a la información y la enseñanza a distancia a escala mundial, (Garrison, 2017). Las primeras plataformas LMS, como WebCT (1995), Blackboard (1997) y Moodle (2002) organizaron cursos virtuales con recursos multimedia, foros y herramientas de seguimiento del progreso estudiantil. En las ciencias de la salud, la llegada de PubMed en 1996 transformó la consulta de literatura científica al facilitar el acceso a información médica actualizada para instituciones de todo el mundo, incluso en contextos de recursos limitados.

El informe To Err Is Human del Institute of Medicine de EE. UU., en 1999, estimó que los errores médicos prevenibles causaban hasta 98,000 muertes anuales. Estos hallazgos impulsaron la búsqueda de estrategias para fortalecer la formación clínica y aumentar la seguridad del paciente, favoreciendo el desarrollo de simuladores de alta fidelidad y entornos virtuales de aprendizaje (McGaghie et al., 2014).

1.1.4 La Web 2.0 y el aprendizaje colaborativo digital (2005-2015)

La Web 2.0, a mediados de la década del 2000, convirtió al usuario de consumidor pasivo en productor activo de información. Herramientas tales como blogs, wikis, redes sociales y plataformas de video han redefinido el aprendizaje colaborativo en línea (Castañeda y Selwyn, 2018). El conectivismo, propuesto por Siemens (2005) como teoría del aprendizaje digital, entiende que el conocimiento se encuentra en las redes de conexiones que se establecen entre el individuo y otros agentes y recursos. Los Massive Open Online Courses (MOOC) aparecieron en 2008 y tuvieron gran auge entre 2012 y 2014 con plataformas como Coursera y edX, democratizando el acceso a cursos universitarios de alto nivel para millones de personas, incluidos profesionales sanitarios de países en desarrollo.

La OPS/OMS y escuelas de medicina crearon cursos abiertos masivos en línea para actualizar a profesionales de la salud de países de bajos y medianos ingresos (OPS, 2022). Durante este periodo se consolidaron los simuladores de alta fidelidad como un estándar en las facultades de medicina y enfermería, como el SimMan de Laerdal, que recrea escenarios clínicos complejos, que abarcan desde paros cardiorrespiratorios e intubaciones difíciles hasta emergencias obstétricas, con un nivel de realismo antes inalcanzable fuera del entorno clínico.

1.1.5 La era móvil y el aprendizaje ubicuo (2010-2020)

La expansión de los teléfonos inteligentes impulsó el aprendizaje móvil al facilitar el acceso permanente a recursos educativos digitales (Cope y Kalantzis, 2017). En las ciencias de la salud, esta transformación favoreció el uso de aplicaciones de anatomía 3D, calculadoras farmacológicas, bases de datos clínicas y sistemas de repetición espaciada. Paralelamente, la analítica del aprendizaje comenzó a utilizar datos generados en plataformas digitales para dar seguimiento al desempeño estudiantil, mientras que el modelo de aula invertida destinó más tiempo presencial al desarrollo de competencias clínicas y actividades prácticas. Asimismo, los Entornos Personalizados de Aprendizaje (PLE), la realidad aumentada y la realidad virtual ampliaron las posibilidades formativas mediante recursos adaptados a las necesidades del estudiante y simuladores para el entrenamiento clínico. En este sentido, Barteit et al. (2021) reportaron que las

tecnologías inmersivas contribuyen al desarrollo de habilidades procedimentales, mejoran la retención de conocimientos clínicos y fortalecen la confianza de los estudiantes, aunque señalaron la necesidad de generar mayor evidencia sobre su efectividad en contextos con recursos limitados.

1.1.6 La inteligencia artificial y la transformación post-pandémica (2020-presente)

En marzo de 2020 la OMS declaró la pandemia de COVID-19 y provocó la mayor disrupción educativa de la historia. La educación presencial de más de 1.600 millones de estudiantes se vio interrumpida, obligando a las instituciones de formación sanitaria a migrar a entornos virtuales (UNESCO, 2023). La suspensión de las prácticas hospitalarias produjo inquietud con respecto a las habilidades de los graduados de las cohortes pandémicas en las áreas científicas de la salud. La crisis aceleró la adopción de las tecnologías educativas y puso de relieve las potencialidades y fragilidades de los sistemas formativos ante la disrupción digital (Reimers, 2022).

Figura 1.1.

Evolución tecnológica en la educación en salud



Nota. Hitos tecnológicos relevantes para la educación en salud. Fuente: Elaboración propia a partir de Cuban (2018), McGaghie et al. (2014), Reimers (2022), Reiser (2018) y UNESCO (2023).

En el periodo posterior a la pandemia, la inteligencia artificial generativa ha surgido como la tendencia más disruptiva en tecnologías educativas desde la aparición de Internet. El surgimiento de sistemas como ChatGPT (2022), Gemini (2023) y Claude (2023) ha generado debates sobre la evaluación académica, la autoría intelectual y el papel del docente como facilitador del aprendizaje. Kung et al. (2023) y Singhal et at. (2023) demuestran que los grandes modelos de lenguaje (LLM) superan el nivel de aprobado del USMLE y codifican conocimiento clínico avanzado, lo cual abre nuevas perspectivas para la formación médica basada en IA, pero también plantea desafíos éticos y epistemológicos.

1.2 Diferenciación entre TIC, TAC y TEP

La comprensión de las tecnologías utilizadas en los entornos educativos contemporáneos exige distinguir con precisión entre tres categorías conceptuales que, aunque relacionadas y complementarias, poseen finalidades y orientaciones pedagógicas claramente diferenciadas: las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC) y las Tecnologías del Empoderamiento y la Participación (TEP). Esta distinción, desarrollada por el pedagogo Jordi Adell y la investigadora Linda Castañeda, permite comprender de manera más precisa el potencial transformador de las herramientas digitales en los contextos formativos de las ciencias de la salud (Adell y Castañeda, 2010; Castañeda y Selwyn, 2018).

La importancia de esta distinción radica en que orienta las decisiones de diseño curricular y pedagógico hacia propósitos más allá de la mera digitalización de contenidos. Mientras que un uso restringido de las TIC puede limitarse a sustituir el papel por la pantalla sin transformar las dinámicas de aprendizaje, la orientación hacia las TAC y las TEP abre posibilidades de innovación pedagógica genuina que contribuyen al desarrollo de competencias clínicas, comunicativas y ciudadanas de alta complejidad en los futuros profesionales de la salud.

1.2.1 Las TIC y su rol en los contextos educativos

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) comprenden herramientas digitales destinadas al acceso, almacenamiento, gestión y transmisión de información. Su expansión, impulsada por la masificación de Internet, amplía significativamente la disponibilidad de recursos educativos y científicos. En las ciencias de la salud, facilitan el acceso a bases de datos especializadas como PubMed, Cochrane Library, Embase y SciELO, así como a guías clínicas y protocolos sustentados en evidencia científica. Sin embargo, la literatura señala que la disponibilidad de tecnología, por sí sola, no garantiza mejoras en el aprendizaje. Por esta razón, su utilización requiere orientarse hacia objetivos pedagógicos que promuevan el pensamiento crítico, el razonamiento clínico y la colaboración profesional (Cuban, 2018).

1.2.2 Las TAC: tecnología al servicio del aprendizaje

Las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento representan una reorientación pedagógica fundamental respecto a las TIC. Frente al enfoque predominantemente instrumental de estas últimas, las TAC proponen que la herramienta digital no es un fin en sí mismo, sino un mediador del proceso de construcción del conocimiento. El docente que emplea las TAC no busca que el estudiante aprenda a usar una plataforma o una aplicación, sino que utiliza esas herramientas como andamiaje pedagógico para el desarrollo de competencias de mayor complejidad cognitiva: análisis crítico de la evidencia clínica, toma de decisiones diagnósticas en contextos de incertidumbre, comunicación efectiva en situaciones de alta complejidad emocional (Adell y Castañeda, 2010; Garrison, 2017).

En el ámbito de las ciencias de la salud, las TAC se materializan en una amplia variedad de recursos y estrategias: simuladores clínicos que posibilitan la práctica deliberada de habilidades procedimentales con retroalimentación inmediata, plataformas de casos clínicos interactivos que desarrollan el razonamiento hipotético-deductivo, sistemas de evaluación formativa continua que orientan el estudio autónomo y entornos virtuales de colaboración interprofesional que preparan para el trabajo en equipo sanitario. La distinción

fundamental respecto a las TIC radica en que las TAC siempre están orientadas por una intencionalidad pedagógica explícita y fundamentadas en una teoría del aprendizaje coherente con los objetivos formativos de cada disciplina sanitaria (Dent et al., 2021).

1.2.3 Las TEP: tecnología para el empoderamiento

Las Tecnologías del Empoderamiento y la Participación amplían el horizonte conceptual al incorporar una dimensión social y política en el uso educativo de la tecnología. Las TEP no solo buscan facilitar el aprendizaje individual, sino potenciar la capacidad de los sujetos para participar activamente en la construcción de conocimiento colectivo y en la transformación de sus comunidades. En los contextos de formación sanitaria, esta dimensión resulta especialmente significativa, dado que los profesionales de la salud no solo requieren conocimientos técnicos actualizados, sino también competencias para comunicar hallazgos, contribuir al debate científico público y participar en la mejora de los sistemas de salud (Castañeda y Selwyn, 2018).

Las redes sociales académicas, las plataformas de ciencia abierta, los repositorios institucionales de recursos educativos abiertos, las comunidades virtuales de práctica médica y los espacios de divulgación científica en salud constituyen ejemplos relevantes de TEP. La pandemia de COVID-19 evidenció de manera contundente su relevancia: la comunicación científica acelerada mediante *preprints*, los repositorios abiertos de datos epidemiológicos y las redes colaborativas globales de investigadores permitieron una respuesta científica sin precedentes. Organismos como la OMS y la OPS han promovido activamente el uso de las TEP para fortalecer las capacidades de los sistemas de salud en entornos de países de ingresos bajos y medianos (UNESCO, 2023; OPS, 2023).

1.2.4 Relaciones y complementariedades entre las tres categorías

Es importante subrayar que TIC, TAC y TEP no constituyen categorías excluyentes ni representan estadios evolutivos obligatorios. Una misma herramienta tecnológica puede utilizarse con finalidades de TIC, TAC o TEP según la intencionalidad pedagógica del docente y el contexto de uso. YouTube, por ejemplo, puede emplearse como repositorio pasivo de videos (TIC), como recurso

integrado en una estrategia de aula invertida para el desarrollo del razonamiento clínico (TAC) o como plataforma de divulgación activa de conocimiento médico verificado (TEP). Esta perspectiva sitúa la responsabilidad pedagógica en el diseño instructivo y en las competencias del docente, no en la herramienta en sí misma.

En la práctica educativa de las ciencias de la salud, la integración de los tres niveles tecnológicos resulta especialmente fructífera. Un entorno virtual de aprendizaje puede funcionar simultáneamente como repositorio de recursos bibliográficos (TIC), como espacio de seguimiento personalizado del progreso mediante analítica del aprendizaje (TAC) y como plataforma de participación colaborativa en la construcción del conocimiento clínico (TEP). La clave radica en la intencionalidad del diseño pedagógico que subyace a cada decisión tecnológica. Los programas formativos más efectivos son aquellos que, sin renunciar al aprovechamiento de las TIC, diseñan deliberadamente estrategias de TAC y generan condiciones para el empoderamiento que caracterizan a las TEP (Garrison, 2017; Selwyn, 2018).

1.2.5 Implicaciones para el currículo en ciencias de la salud

La distinción entre TIC, TAC y TEP tiene implicaciones directas y concretas para el diseño curricular de los programas de formación en ciencias de la salud. Un currículo que solo incorpora las TIC se limita a garantizar el acceso a la información digital, sin asegurar su procesamiento pedagógico reflexivo. Un currículo orientado hacia las TAC diseña estratégicamente el uso de tecnologías específicas para el desarrollo de competencias clínicas, comunicativas e interprofesionales bien definidas. Un currículo que alcanza el nivel de las TEP forma profesionales capaces de utilizar la tecnología como herramienta de transformación social y mejora continua de la salud comunitaria (Norcini et al., 2018; OMS, 2021).

La Organización Mundial de la Salud ha destacado, en su Estrategia Global sobre Salud Digital la necesidad de que los programas de formación sanitaria superen el uso instrumental de las tecnologías para orientarse hacia el desarrollo de competencias digitales de mayor orden: análisis crítico de la información clínica disponible en entornos digitales, diseño y evaluación de intervenciones mediadas

por tecnología, uso ético y seguro de los datos de pacientes y participación activa en comunidades de práctica profesional. Estas demandas perfilan un horizonte formativo que trasciende ampliamente la mera capacitación técnica en herramientas digitales (OMS, 2021; Frank et al., 2015).

Tabla 1.1.

Comparación entre TIC, TAC y TEP en educación en salud

Categoría	Enfoque principal	Uso educativo predominante	Ejemplo en ciencias de la salud
TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación)	Acceso, almacenamiento y transmisión de información	Consulta bibliográfica, comunicación, presentación de contenidos	PubMed, videoconferencia, presentaciones multimedia en anatomía
TAC (Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento)	Mediación pedagógica del proceso de aprendizaje	Simulación, gamificación, evaluación formativa, aprendizaje basado en problemas	Simuladores clínicos, plataformas de casos, LMS con analítica pedagógica
TEP (Tecnologías del Empoderamiento y la Participación)	Empoderamiento social y participación en la producción del conocimiento	Ciencia abierta, comunidades de práctica, divulgación científica	Redes académicas (*ResearchGate*), repositorios de REA en salud, blogs de divulgación médica

Nota. Comparación de TIC, TAC y TEP según su enfoque pedagógico y aplicación en salud. Fuente: Elaboración propia a partir de Adell y Castañeda (2010), Castañeda y Selwyn (2018) y OMS (2021).

1.3 Principios pedagógicos asociados a las TAC

Las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento no son pedagógicamente neutras. Su diseño, selección e implementación en los contextos de formación sanitaria están condicionados por marcos teóricos sobre cómo aprenden los seres humanos, sobre qué tipo de experiencias favorecen el desarrollo de competencias clínicas de alto nivel y sobre cuál es el papel que deben desempeñar el docente y el estudiante en los entornos digitales. Comprender los principios pedagógicos que fundamentan las TAC resulta esencial para tomar decisiones de diseño instruccional coherentes, evitar el uso superficial y meramente tecnológico de las herramientas digitales, y articular las innovaciones educativas con los marcos de competencias establecidos por los organismos reguladores de la educación sanitaria (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011).

El presente epígrafe revisa los principales marcos teóricos del aprendizaje que sustentan las TAC en el ámbito de las ciencias de la salud, desde el constructivismo y el aprendizaje experiencial hasta el conectivismo y los enfoques

de diseño universal para el aprendizaje. Estos marcos no son incompatibles entre sí; por el contrario, los diseños pedagógicos más efectivos suelen integrar aportaciones de múltiples perspectivas teóricas en función de los objetivos formativos, las características de los estudiantes y los recursos tecnológicos disponibles.

1.3.1 El constructivismo y el aprendizaje activo

El constructivismo, con sus raíces en las obras de Jean Piaget y Lev Vygotsky, postula que el conocimiento no se transmite pasivamente del docente al estudiante, sino que es construido activamente por el sujeto que aprende a través de la interacción con su entorno, sus pares y sus herramientas cognitivas. Esta perspectiva tiene implicaciones profundas para el diseño de las TAC: las herramientas tecnológicas no deben ser meros canales de transmisión de información, sino entornos de exploración, construcción y elaboración activa del conocimiento clínico (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011). En las ciencias de la salud, el constructivismo se manifiesta en estrategias como el aprendizaje basado en problemas, las discusiones de casos en entornos virtuales y los proyectos de investigación colaborativa en línea.

El concepto vygotskiano de zona de desarrollo próximo (ZDP) resulta especialmente fértil en los contextos de formación sanitaria mediada por tecnología. Los andamiajes digitales, como los sistemas de retroalimentación automatizada, los tutores inteligentes y los sistemas de guía adaptativa, pueden funcionar como instrumentos de mediación cognitiva que apoyan al estudiante en la transición desde lo que puede hacer de manera autónoma hacia competencias de mayor complejidad, siempre que estén diseñados con intencionalidad pedagógica y alineados con los resultados de aprendizaje esperados (Mayer, 2002). Este principio fundamenta el diseño de la mayoría de los sistemas de tutoría inteligente contemporáneos aplicados a la educación médica.

1.3.2 El aprendizaje experiencial y la simulación clínica

La teoría del aprendizaje experiencial de Kolb (2015) propone que el aprendizaje más profundo y duradero emerge del ciclo que combina la experiencia concreta, la observación reflexiva, la conceptualización abstracta y la

experimentación activa. Este marco teórico resulta especialmente pertinente para las ciencias de la salud, donde la adquisición de competencias clínicas exige inevitablemente la exposición a experiencias prácticas auténticas o altamente verosímiles. La simulación clínica, ya sea de baja, media o alta fidelidad, constituye la materialización más directa del aprendizaje experiencial mediado por tecnología: proporciona al estudiante una experiencia concreta controlada, libre de riesgo para el paciente real, que puede ser seguida de sesiones de reflexión estructurada (debriefing) para maximizar el aprendizaje (McGaghie et al., 2014).

La práctica deliberada, concepto desarrollado por Ericsson (2008) y ampliamente adoptado en la educación médica contemporánea, añade una dimensión fundamental al aprendizaje experiencial: no es suficiente con exponerse a experiencias clínicas, sino que es necesario practicar de manera intensiva y repetitiva en condiciones que permitan superar gradualmente el umbral de competencia en cada habilidad. Los entornos de simulación digital ofrecen condiciones ideales para la práctica deliberada: permiten repetir procedimientos tantas veces como sea necesario, proporcionan retroalimentación inmediata y objetiva, y ajustan de manera gradual la complejidad de los escenarios a las necesidades individuales de cada estudiante (McGaghie et al., 2014; Dent et al., 2021).

1.3.3 El conectivismo y el aprendizaje en red

El conectivismo, propuesto por Siemens (2005) como una teoría del aprendizaje para la era digital, argumenta que en el mundo contemporáneo el conocimiento no reside únicamente en los individuos, sino en las redes de conexiones que estos establecen con otros agentes, recursos y tecnologías. El aprendizaje, desde esta perspectiva, consiste en la capacidad de crear conexiones entre nodos de información distribuida y de navegar de manera efectiva por entornos de información complejos y en constante cambio. Esta teoría tiene implicaciones relevantes para el diseño de las TAC en ciencias de la salud: los entornos virtuales de aprendizaje más efectivos no son aquellos que simplemente almacenan contenidos, sino aquellos que facilitan la creación de conexiones

significativas entre los estudiantes, los docentes, los datos clínicos y las fuentes de conocimiento actualizado (Siemens, 2005; Garrison, 2017).

Las comunidades virtuales de práctica médica, los foros interprofesionales en línea y los sistemas de recomendación educativa basados en inteligencia artificial son ejemplos de cómo el conectivismo se materializa en las TAC contemporáneas. En el contexto post-pandémico, la relevancia del conectivismo se ha reforzado: la experiencia de la pandemia de COVID-19 demostró que las redes de conocimiento distribuido, cuando están bien diseñadas y gobernadas, pueden generar respuestas científicas de una velocidad y calidad sin precedentes. Los programas de formación sanitaria que incorporan estos principios conectivistas forman profesionales más capaces de navegar el ecosistema de información clínica en constante expansión y de contribuir activamente a su enriquecimiento.

1.3.4 El diseño universal para el aprendizaje (DUA)

El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) es un marco pedagógico desarrollado por el *Center for Applied Special Technology* (CAST) que propone diseñar los entornos de aprendizaje de manera que sean accesibles y efectivos para la mayor diversidad posible de estudiantes, sin necesidad de adaptaciones posteriores (Mayer, 2002). Sus tres principios fundamentales son: proporcionar múltiples medios de representación de la información, ofrecer múltiples medios de expresión y comunicación, y facilitar múltiples medios de implicación y motivación. En el ámbito de las ciencias de la salud, el DUA tiene implicaciones relevantes para el diseño de plataformas educativas digitales, especialmente en contextos de alta diversidad lingüística, cultural y de capacidades, como los que caracterizan a muchas universidades de América Latina.

Las TAC bien diseñadas bajo principios de DUA ofrecen múltiples representaciones del mismo contenido clínico: texto, imágenes, video, animación interactiva, casos simulados, podcasts y recursos de realidad aumentada. Esto no solo favorece la accesibilidad para estudiantes con distintas necesidades educativas especiales, sino que maximiza la profundidad del aprendizaje para todos los estudiantes, al ofrecer perspectivas múltiples sobre un mismo fenómeno clínico. La accesibilidad digital, garantizada mediante el cumplimiento de

estándares internacionales como las WCAG 2.1, es además una obligación ética y legal en muchos contextos educativos, particularmente cuando entre los estudiantes incluyen personas con discapacidad visual, auditiva o motora (UNESCO, 2022).

1.3.5 La evaluación formativa y la retroalimentación en entornos digitales

La evaluación formativa, definida como el proceso sistemático de recopilar evidencia sobre el aprendizaje del estudiante con el propósito de ajustar la enseñanza y el estudio, constituye uno de los principios pedagógicos más sólidamente respaldados por la investigación en educación sanitaria (Norcini et al., 2018; Boud y Molloy, 2012). Las TAC ofrecen posibilidades sin precedentes para la evaluación formativa: los sistemas de gestión de aprendizaje pueden registrar automáticamente la actividad del estudiante, los sistemas de cuestionarios adaptativos pueden ajustar la dificultad y la temática de las preguntas en función del desempeño previo, y los simuladores clínicos pueden proporcionar retroalimentación objetiva e inmediata sobre la calidad de los procedimientos ejecutados.

La retroalimentación de calidad en entornos digitales debe cumplir criterios pedagógicos específicos: ser oportuna (inmediata o lo más próxima posible al momento del aprendizaje), específica (referida a conductas concretas y observables), orientada al desarrollo (focalizada en el proceso y las estrategias de mejora, no solo en el resultado), y aplicable (que el estudiante pueda utilizar para guiar pasos concretos de mejora). Los sistemas de analítica del aprendizaje basados en inteligencia artificial están comenzando a generar retroalimentación personalizada que cumple estos criterios de manera automatizada y a escala, una posibilidad que hasta hace pocos años era impensable en contextos educativos de masas (Masters, 2019; Boud y Molloy, 2012).

Tabla 1.2.

Marcos teóricos del aprendizaje aplicados a las TAC en ciencias de la salud

Marco teórico	Principio central	Implicación para las TAC	Estrategia didáctica típica
Constructivismo (Piaget, Vygotsky)	El conocimiento se construye activamente;	Diseñar entornos de exploración y	Casos clínicos interactivos, foros de discusión,

	la ZDP orienta el andamiaje	construcción activa del conocimiento clínico	aprendizaje basado en problemas en entornos digitales
Aprendizaje experiencial (Kolb, 2015)	El aprendizaje emerge del ciclo experiencia-reflexión-conceptualización	Proveer experiencias simuladas seguidas de debriefing estructurado	Simulación clínica digital con sesiones de reflexión grabadas y retroalimentación estructurada
Conectivismo (Siemens, 2005)	El conocimiento reside en redes de conexión; aprender es conectar nodos	Facilitar conexiones entre estudiantes, docentes y fuentes de conocimiento	Comunidades virtuales de práctica, redes de aprendizaje en línea, sistemas de recomendación
Diseño Universal para el Aprendizaje (CAST)	Múltiples medios de representación, expresión e implicación	Diseñar plataformas accesibles y multimodales para toda la diversidad de estudiantes	Contenido en múltiples formatos; subtítulos, audiodescripciones, interfaces adaptables
Evaluación formativa (Norcini et al., 2018)	La retroalimentación oportuna y especifíca optimiza el aprendizaje	Implementar sistemas de retroalimentación continua y automatizada	Cuestionarios adaptativos, analítica del aprendizaje en tiempo real, simuladores con retroalimentación inmediata

Nota. Marcos pedagógicos para la aplicación de las TAC en salud. Fuente: Elaboración propia a partir de Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011), Kolb (2015), Mayer (2002), Norcini et al. (2018) y Siemens (2005).

1.4 Relación entre tecnología y formación profesional en salud

La relación entre la tecnología y la formación de los profesionales de la salud no es unidireccional ni lineal. No se trata de que la tecnología simplemente mejore un proceso formativo preexistente, sino de una interacción compleja en la que las demandas cambiantes de los sistemas de salud, los avances del conocimiento científico y las transformaciones tecnológicas se condicionan mutuamente para redefinir de manera continua qué significa ser un profesional sanitario competente en el siglo XXI (Frank et al., 2015; OMS, 2021). La formación en ciencias de la salud ha respondido a estos desafíos mediante la transición hacia modelos de educación basada en competencias (EBC), en los que la tecnología desempeña un papel estructural tanto en el aprendizaje como en la evaluación.

El presente epígrafe analiza los principales marcos de competencias que articulan la formación sanitaria contemporánea, la evidencia sobre la efectividad de las tecnologías educativas en el desarrollo de distintos tipos de competencias clínicas, y los desafíos que enfrenta la integración tecnológica en los sistemas

universitarios de salud. Este análisis es especialmente relevante para las instituciones latinoamericanas, que deben equilibrar la adopción de estándares internacionales de calidad con las realidades contextuales de sus sistemas de salud y sus comunidades estudiantiles.

1.4.1 La educación basada en competencias en ciencias de la salud

La educación basada en competencias (EBC) surgió en el campo de la formación médica a finales del siglo XX como respuesta a la necesidad de garantizar que los egresados poseyeran las habilidades, conocimientos y actitudes necesarios para atender de manera segura y efectiva a los pacientes, independientemente de los años de escolaridad cursados. El marco CanMEDS, desarrollado por el Real Colegio de Médicos y Cirujanos del Canadá, identifica siete roles competenciales que deben desempeñar los médicos: experto médico, comunicador, colaborador, líder, promotor de la salud, académico y profesional (Frank et al., 2015). Este marco y sus equivalentes internacionales han transformado la manera en que se diseñan, implementan y evalúan los programas de formación médica en todo el mundo.

Las Actividades Profesionales Confiables (Entrustable Professional Activities, EPAs) representan una evolución reciente de la EBC que ha ganado amplia aceptación en la formación médica internacional. Las EPAs son unidades de práctica profesional que pueden delegarse a un aprendiz una vez que ha demostrado el nivel de competencia suficiente para ejecutarlas con supervisión mínima. Este enfoque tiene implicaciones importantes para el uso de las TAC: los entornos de simulación digital pueden utilizarse para preparar al estudiante antes de asumir EPAs en contextos clínicos reales, los sistemas de evaluación basados en tecnología pueden documentar de manera sistemática la evidencia de la progresión hacia cada EPA, y los portafolios electrónicos pueden compilar de manera longitudinal las evidencias de competencia requeridas (Dent et al., 2021).

1.4.2 Evidencia sobre tecnología en el desarrollo de competencias clínicas

La investigación sobre el impacto de las tecnologías educativas en el desarrollo de competencias clínicas ha producido un conjunto de evidencias sólidamente respaldadas. La revisión sistemática de McGaghie et al. (2014) sobre

el aprendizaje de dominio basado en simulación, documentó que esta modalidad formativa produce resultados superiores a la formación clínica convencional en múltiples dominios de competencia, incluyendo las habilidades técnicas procedimentales, el razonamiento clínico en situaciones de emergencia y la comunicación en situaciones de alta presión. Los estudiantes que completan programas de simulación antes de sus rotaciones clínicas muestran tasas significativamente más bajas de errores médicos y niveles más altos de autoconfianza en sus primeras semanas de práctica clínica supervisada.

En el ámbito de las competencias no técnicas, especialmente la comunicación clínica, el trabajo en equipo y la gestión del error, las tecnologías de comunicación mediada por computadora y los entornos de simulación interprofesional han demostrado efectividad documentada. Las plataformas de juego de roles digital y los escenarios de comunicación de malas noticias o de manejo de situaciones de conflicto con pacientes permiten a los estudiantes practicar estas habilidades en entornos seguros, con retroalimentación estructurada y sin el riesgo de causar daño emocional o comunicacional a pacientes reales. La evidencia sobre el aprendizaje colaborativo en entornos digitales también apunta a beneficios significativos en el desarrollo de competencias interprofesionales (Johnson y Johnson, 2009).

1.4.3 Los marcos globales de formación en salud y la tecnología

La Comisión Lancet sobre la Educación de Profesionales de la Salud para el Siglo XXI (Frenk et al., 2010), cuyas recomendaciones siguen siendo de plena vigencia, identificó tres generaciones de reformas educativas en la formación sanitaria: la primera generación centrada en la ciencia básica (finales del siglo XIX), la segunda basada en el aprendizaje en el puesto de trabajo (siglo XX), y la tercera, actualmente en curso, orientada al aprendizaje basado en sistemas. Esta tercera generación tiene como eje la formación de profesionales capaces de trabajar en sistemas de salud complejos, interdependientes y tecnológicamente avanzados. La tecnología educativa constituye un componente estructural de esta reforma, no un complemento opcional.

La Estrategia Global sobre Salud Digital 2020-2025 de la OMS establece que los sistemas de salud del futuro requerirán profesionales con sólidas competencias digitales, capaces de utilizar herramientas de análisis de datos clínicos, sistemas de apoyo a la decisión clínica basados en inteligencia artificial, plataformas de telemedicina y registros médicos electrónicos de manera efectiva y ética. Esta demanda trasciende la formación técnica en herramientas específicas para exigir el desarrollo de un pensamiento crítico sobre la tecnología, sus posibilidades, sus limitaciones y sus implicaciones éticas (OMS, 2021). Los currículos de las ciencias de la salud deben responder a este desafío de manera sistemática y fundamentada.

1.4.4 La tecnología en los distintos niveles de formación sanitaria

Las necesidades de integración tecnológica en la formación sanitaria varían de manera significativa según el nivel formativo considerado. En el pregrado, el énfasis debe colocarse en el desarrollo de competencias fundamentales: razonamiento clínico básico, habilidades procedimentales esenciales, comunicación con pacientes y equipos, y alfabetización digital. En el posgrado y la especialización, las TAC deben orientarse hacia el desarrollo de competencias de mayor especificidad clínica y complejidad: interpretación de resultados de pruebas diagnósticas avanzadas, gestión de situaciones clínicas de alta complejidad, liderazgo de equipos multidisciplinares y contribución a la investigación y mejora de la calidad asistencial (Dent et al., 2021).

La formación continua de los profesionales de la salud en ejercicio representa un desafío y una oportunidad especialmente relevante para las TAC. Las jornadas laborales intensas, la dispersión geográfica de los equipos de salud y la velocidad de actualización del conocimiento clínico hacen de las modalidades de formación flexibles, asincrónicas y accesibles desde dispositivos móviles una necesidad estructural, no una preferencia individual. Las plataformas de aprendizaje en línea de los colegios profesionales, los sistemas de repetición espaciada para la actualización farmacológica y los pódcasts de revisión clínica son ejemplos de TAC que responden de manera efectiva a estas necesidades, con tasas de adopción que han crecido de manera sostenida en América Latina durante los últimos cinco años (OPS, 2023).

1.4.5 Desafíos en la integración tecnológica en la formación sanitaria

A pesar del volumen creciente de evidencia sobre la efectividad de las tecnologías educativas en la formación sanitaria, su integración efectiva en los programas de formación enfrenta obstáculos persistentes de diversa naturaleza. Entre los más documentados se encuentran los siguientes: la brecha entre la disponibilidad tecnológica y la competencia pedagógica del profesorado para aprovecharla; la falta de alineación entre las herramientas tecnológicas disponibles y los objetivos de aprendizaje del currículo; la insuficiencia de soporte técnico y pedagógico institucional; y la resistencia al cambio de una cultura docente arraigada en modelos transmisivos (Cuban, 2018; Selwyn, 2018).

En el contexto latinoamericano, las brechas de infraestructura tecnológica y conectividad añaden complejidad adicional a la integración de las TAC en la formación sanitaria. Si bien las grandes ciudades y las universidades públicas de mayor dimensión han avanzado significativamente en la dotación tecnológica, persisten desigualdades importantes entre regiones, entre instituciones de distinto tamaño y financiamiento, y entre estudiantes de diferentes estratos socioeconómicos. La pandemia de COVID-19 expuso con crudeza estas desigualdades, revelando que el acceso a Internet de alta velocidad, a dispositivos adecuados y a un entorno doméstico propicio para el estudio dista mucho de ser universal en la región, lo cual tiene implicaciones directas para el diseño equitativo de los programas de formación sanitaria mediados por tecnología (UNESCO, 2023; CEPAL, 2022).

1.5 Transformaciones en la educación superior sanitaria

La educación superior en ciencias de la salud ha experimentado en las últimas dos décadas transformaciones de tal profundidad y amplitud que algunos autores las califican como paradigmáticas. El tránsito desde modelos centrados en la enseñanza hacia modelos centrados en el aprendizaje, la transición desde enfoques basados en el tiempo de exposición hacia la educación basada en competencias, la irrupción de las tecnologías digitales y, más recientemente, el impacto de la pandemia de COVID-19 han reconfigurado de manera sustancial los supuestos sobre cómo se organiza, se imparte y se evalúa la formación de los

profesionales de la salud (Frenk et al., 2010; Dent et al., 2021). Estas transformaciones no son uniformes ni lineales, y sus ritmos varían significativamente entre países, instituciones y disciplinas.

El presente epígrafe examina las principales dimensiones de estas transformaciones, con atención especial al papel que las tecnologías educativas han desempeñado en su configuración. Se analizan los cambios en los modelos de enseñanza, los nuevos paradigmas de evaluación, las transformaciones en la organización del tiempo y el espacio educativos, y las implicaciones de la pandemia como acelerador de procesos de cambio que, en muchos casos, ya estaban en marcha con anterioridad.

1.5.1 Del modelo transmisivo al aprendizaje activo

El modelo pedagógico dominante en las facultades de ciencias de la salud durante la mayor parte del siglo XX fue el de la lección magistral: el docente experto transmite verbalmente un cuerpo de conocimientos previamente seleccionado a un grupo numeroso de estudiantes que adoptan un rol pasivo de recepción y registro. Este modelo, aunque eficiente en términos de cobertura de contenidos, ha mostrado limitaciones documentadas en la generación de aprendizajes profundos, en el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y en la retención a largo plazo de la información (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011). La investigación en ciencias del aprendizaje ha demostrado de manera consistente que los estudiantes aprenden más y mejor cuando participan activamente en la construcción del conocimiento, cuando aplican lo aprendido a situaciones nuevas y cuando reciben retroalimentación oportuna sobre su desempeño.

El tránsito hacia el aprendizaje activo en las facultades de salud ha sido impulsado por múltiples factores convergentes: la acumulación de evidencia sobre su superioridad en la generación de aprendizajes duraderos, la presión de los organismos acreditadores internacionales por la adopción de modelos pedagógicos centrados en el estudiante, y la disponibilidad de herramientas tecnológicas que facilitan la implementación de estrategias activas incluso en grupos numerosos. El aula invertida, la gamificación, el aprendizaje basado en equipos (TBL) y el

aprendizaje basado en problemas (ABP) se han incorporado progresivamente en los currículos de medicina, enfermería, odontología y otras disciplinas sanitarias, con resultados favorables documentados en múltiples contextos (Hmelo-Silver, 2022; Dent et al., 2021).

1.5.2 La educación basada en competencias y los nuevos modelos de evaluación

La transición hacia la educación basada en competencias (EBC) en las ciencias de la salud ha requerido transformaciones profundas no solo en los métodos de enseñanza, sino también en los sistemas de evaluación. Los modelos de evaluación tradicionales, centrados en la medición del conocimiento mediante exámenes de escritos y respuesta seleccionada o construida, resultan insuficientes para dar cuenta del desarrollo de competencias clínicas de alta complejidad. La EBC demanda el uso de sistemas de evaluación múltiples, longitudinales y multimodales que incluyan observación directa del desempeño clínico, evaluación mediante simulación, portafolios de evidencia de competencia y autoevaluación reflexiva (Norcini et al., 2018).

Los instrumentos de evaluación del desempeño clínico mediados por tecnología han ganado una presencia creciente en los programas de formación sanitaria de mayor calidad. Los exámenes clínicos objetivos estructurados (OSCE) administrados en estaciones digitales, los portafolios electrónicos con rúbricas de evaluación integradas, los mini-CEX realizados mediante aplicaciones móviles y los sistemas de analítica del aprendizaje que rastrean el progreso a lo largo de toda la trayectoria formativa son ejemplos de cómo la tecnología está transformando los sistemas de evaluación en las facultades de salud. Van der Vleuten y Schuwirth (2016) argumentan que los sistemas de evaluación del futuro serán necesariamente programáticos, longitudinales y apoyados en herramientas tecnológicas que permitan la triangulación de múltiples fuentes de evidencia de competencia.

1.5.3 La organización del tiempo y el espacio en la era digital

Una de las transformaciones más visibles en la educación superior sanitaria contemporánea es la reconfiguración en el tiempo y el espacio educativo. Los modelos de aprendizaje híbrido y el aprendizaje en línea han desacoplado el

aprendizaje del tiempo y el lugar de la clase presencial, otorgando al estudiante mayor autonomía para gestionar su propio proceso de aprendizaje. Esta flexibilización tiene beneficios evidentes: permite adaptar el ritmo de aprendizaje a las necesidades individuales, facilita la conciliación entre la formación y las obligaciones laborales y personales, y posibilita el acceso a recursos educativos de alta calidad independientemente de la ubicación geográfica del estudiante (Garrison, 2017; Cope y Kalantzis, 2017).

Sin embargo, la expansión del aprendizaje autónomo y asincrónico plantea también desafíos pedagógicos que no pueden ignorarse. La autorregulación del aprendizaje, entendida como la capacidad del estudiante para planificar, monitorear y evaluar su propio proceso de aprendizaje, es una competencia que no se desarrolla de manera espontánea y que debe ser enseñada de forma explícita. Investigaciones recientes indican que los estudiantes de ciencias de la salud con mayores habilidades de autorregulación obtienen mejores resultados académicos y clínicos en los programas de formación en línea o híbridos, lo que subraya la importancia de incorporar el desarrollo de la autorregulación como componente explícito del currículo formativo digital (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011); Boud y Molloy, 2012).

1.5.4 La pandemia como aceleradora de la transformación digital

La pandemia de COVID-19 actuó como un acelerador sin precedentes de la transformación digital de la educación superior en ciencias de la salud. En el lapso de pocas semanas, las instituciones de formación sanitaria de todo el mundo tuvieron que trasladar a entornos virtuales clases teóricas, seminarios, reuniones clínicas y, en la medida de lo posible, prácticas de laboratorio y actividades de simulación. Este proceso reveló tanto la capacidad de resiliencia y adaptación de docentes y estudiantes como las profundas brechas estructurales que persisten en el acceso equitativo a la educación digital (Reimers, 2022; UNESCO, 2023). Las cohortes pandémicas de estudiantes de medicina, enfermería y otras disciplinas sanitarias plantean interrogantes complejos sobre las posibles brechas de competencia generadas por la reducción o suspensión de las prácticas clínicas presenciales.

La experiencia pandémica generó también innovaciones pedagógicas de alta relevancia que han persistido en el período post-pandémico. La mentoría quirúrgica a distancia, el uso de pacientes estandarizados virtuales para la evaluación de habilidades de comunicación, el desarrollo de escenarios de simulación en realidad virtual para prácticas clínicas esenciales y la implementación de sistemas de práctica clínica supervisada a distancia mediante plataformas de videoconferencia son ejemplos de innovaciones que, nacidas de la necesidad urgente, han demostrado suficiente efectividad pedagógica para su permanencia en los programas de formación post-pandémicos. La pandemia demostró que la educación médica puede adaptarse con mayor rapidez y flexibilidad de lo que los sistemas institucionales solían asumir (Reimers, 2022).

1.5.5 Nuevos modelos de enseñanza e internacionalización

La transformación digital de la educación superior sanitaria impulsa una internacionalización sin precedentes mediante programas en línea que desarrollan competencias interculturales y facilitan la discusión de casos clínicos globales. Plataformas especializadas democratizan el acceso a recursos académicos de excelencia en instituciones con menor capacidad de producción (Dent et al., 2021).

No obstante, en Latinoamérica este proceso abarca tanto ventajas —acceso a modelos de excelencia y redes de investigación— como riesgos críticos. Entre estos destacan la disonancia entre los estándares de países de altos ingresos y las realidades epidemiológicas locales, además de la dependencia tecnológica y epistemológica que puede restar relevancia a la formación sanitaria regional (CEPAL, 2022; OPS, 2023).

REFERENCIAS

Adell, J., & Castañeda, L. (2010). Los entornos personales de aprendizaje (PLEs): Una nueva manera de entender el aprendizaje. En R. Roig Vila & M. Fiorucci (Eds.), *Claves para la investigación en innovación y calidad educativas* (pp. 19–30). Marfil. https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/17247

Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F., & Beiersmann, C. (2021). Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review. *JMIR Serious Games, 9*(3), e29080. https://doi.org/10.2196/29080

Biggs, J., Tang, C., & Kennedy, G. (2011). *Teaching for quality learning at university* (5th ed.). Open University Press.

Boud, D., & Molloy, E. (Eds.). (2012). *Feedback in higher and professional education: Understanding it and doing it well*. Routledge.

Castañeda, L., & Selwyn, N. (2018). More than tools? Making sense of the ongoing digitizations of higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 15*, Article 22. https://doi.org/10.1186/s41239-018-0109-y

Cope, B., & Kalantzis, M. (Eds.). (2017). *E-learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge.

Cuban, L. (2018). *The flight of a butterfly or the path of a bullet? Using technology to transform teaching and learning*. Harvard Education Press.

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6th ed.). Elsevier.

Ericsson, K. A. (2008). Deliberate practice and acquisition of expert performance: A general overview. *Academic Emergency Medicine, 15*(11), 988–994. https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2008.00227.x

Frank, J. R., Snell, L. S., & Sherbino, J. (Eds.). (2015). *CanMEDS 2015 physician competency framework*. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. https://www.royalcollege.ca/content/dam/document/standards-and-accreditation/2015-canmeds-framework-reduced-e.pdf

Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z. A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H., Garcia, P., Ke, Y., Kelley, P., Kistnasamy, B., Meleis, A., Naylor, D., Pablos-Mendez, A., Reddy, S., Scrimshaw, S., Sepulveda, J., Serwadda, D., & Zurayk, H. (2010). Health professionals for a new century: Transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *The Lancet, 376*(9756), 1923–1958. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61854-5

Garrison, D. R. (2017). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice* (3rd ed.). Routledge.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365–379. https://doi.org/10.3102/0013189X09339057

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2nd ed.). Pearson Education.

Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Madriaga, M., Aggabao, R., Diaz-Candido, G., Maningo, J., & Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health, 2*(2), e0000198. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2014). A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Medical Education, 48*(4), 375–385. https://doi.org/10.1111/medu.12391

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CAF–Banco de Desarrollo de América Latina, & Comisión Europea. (2022). *Perspectivas económicas de América Latina 2022: Hacia una transición verde y justa*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f2f0c189-es

Reimers, F. M. (Ed.). (2022). *Primary and secondary education during COVID-19: Disruptions to educational opportunity during a pandemic*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81500-4

Reiser, R. A. (2018). A history of instructional design and technology. En R. A. Reiser & J. V. Dempsey (Eds.), *Trends and issues in instructional design and technology* (4th ed., pp. 8–21). Pearson.

Selwyn, N. (2021). *Education and technology: Key issues and debates* (3rd ed.). Bloomsbury Academic.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S. S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., Pfohl, S., Payne, P., Seneviratne, M., Gamble, P., Kelly, C., Babiker, A., Schärli, N., Chowdhery, A., Mansfield, P., Demner-Fushman, D., . . . Natarajan, V. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature, 620*, 172–180. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* https://doi.org/10.54676/UZQV8501

van der Vleuten, C. P. M. (2016). Revisiting "Assessing professional competence: From methods to programmes." *Medical Education, 50*(9), 885–888. https://doi.org/10.1111/medu.12632

Zawacki-Richter, O., & Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in Computers & Education. *Computers & Education, 122*, 136–152. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Marieta del Jesús Azúa Menéndez

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

CAPÍTULO 2

FORMACIÓN EN CIENCIAS DE LA SALUD MEDIADA POR TECNOLOGÍA

Lidia Fernanda Jijón Cañarte [2]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[2] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

lidia.jijon@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0002-7780-5865

2 INTRODUCCIÓN

La formación en ciencias de la salud es uno de los procesos educativos más complejos en la universidad actual. La necesidad de integrar conocimientos científicos con habilidades precisas y actitudes humanistas impone exigencias pedagógicas que los modelos formativos tradicionales satisfacen cada vez con más dificultad. La mediación tecnológica ha emergido no como alternativa al contacto clínico, sino como recurso que amplía las posibilidades formativas, permitiendo práctica deliberada en entornos seguros, acceso a conocimiento actualizado y colaboración interprofesional más allá de límites físicos e institucionales (McGaghie et al., 2014; Dent et al., 2021).

En este capítulo se analizan las características del aprendizaje propio de las disciplinas de la salud y cómo la tecnología puede favorecer el desarrollo de competencias clínicas complejas. Se analizan las estrategias de simulación, el aprendizaje basado en casos clínicos digitales, el uso de los datos en la formación sanitaria y los entornos híbridos de enseñanza, así como las dificultades estructurales y culturales que condicionan la incorporación efectiva de la tecnología en los programas de formación en salud. El análisis está basado en la investigación educativa más reciente y en los marcos de referencia de competencias clínicas reconocidos internacionalmente.

2.1 Características del aprendizaje en disciplinas sanitarias

El aprendizaje en disciplinas sanitarias se distingue notablemente del de otras áreas universitarias. Las competencias que deben desarrollar los profesionales de la salud, la responsabilidad ética de su ejercicio y la complejidad de los entornos clínicos exigen condiciones pedagógicas específicas que los modelos tecnológicos deben considerar para ser útiles. Comprender estas características es esencial para un diseño curricular que integre tecnologías coherentemente con los objetivos formativos de cada disciplina sanitaria (Dent et al., 2021; Frank et al., 2015).

Los currículos de ciencias de la salud han evolucionado de modelos centrados en la transmisión de conocimientos a modelos basados en competencias que integran conocimientos, habilidades y actitudes en el desempeño profesional.

Esta evolución curricular ha transformado las concepciones sobre el aprendizaje en el ámbito sanitario y ha abierto nuevas posibilidades para la mediación tecnológica en los procesos formativos, especialmente en el desarrollo de habilidades de razonamiento clínico y toma de decisiones en ambientes de alta incertidumbre.

2.1.1 La complejidad cognitiva del razonamiento clínico

En la práctica médica y otras áreas de la salud, el razonamiento clínico es el proceso cognitivo principal. Supone combinar datos de varias fuentes (historia médica, exploración física, análisis complementarios y contexto biopsicosocial) para crear hipótesis diagnósticas, determinar un plan de tratamiento y decidir en situaciones inciertas y con información incompleta. Los especialistas en medicina emplean dos sistemas de razonamiento, según la investigación cognitiva: el Sistema 1, que es rápido e intuitivo y se basa en patrones de experiencia; y el Sistema 2, que es analítico y deliberado y se utiliza para situaciones complejas o excepcionales (Kahneman, 2011). Para aprender el razonamiento clínico, no basta con la teoría; es necesario que se le exponga de manera sistemática a casos clínicos que vayan aumentando en complejidad.

Las tecnologías educativas permiten entrenar el razonamiento clínico al exponer al estudiante a más casos clínicos que la rotación hospitalaria tradicional, con retroalimentación inmediata y repetición indefinida. Los sistemas de casos clínicos digitales, simuladores de alta fidelidad y escenarios clínicos generados por inteligencia artificial ofrecen entornos de práctica que desarrollan esquemas cognitivos para el razonamiento clínico experto. Dent et al. (2021) señalan que la práctica digital no sustituye la exposición directa al paciente; ambas son complementarias e indispensables.

2.1.2 La adquisición de habilidades procedimentales y su fundamentación

Las habilidades procedimentales, desde la toma de constantes vitales y la extracción de sangre hasta las intervenciones quirúrgicas complejas, constituyen una dimensión formativa crítica en las ciencias de la salud que plantea desafíos pedagógicos específicos. El aprendizaje de procedimientos clínicos sigue el modelo de adquisición de habilidades de Fitts y Posner, que distingue tres fases: cognitiva

(comprensión conceptual del procedimiento), asociativa (integración de pasos en secuencias fluidas) y autónoma (ejecución automática y experta bajo condiciones variables) (Fitts y Posner, 1967, citados en McGaghie et al., 2014). La transición entre estas fases requiere práctica deliberada con retroalimentación experta, condición que la simulación tecnológica puede proporcionar de manera más sistemática y segura que los entornos clínicos reales.

La práctica basada en la simulación ha demostrado, en un cuerpo de investigación sólido, que reduce de manera significativa los errores clínicos en el periodo de transición al ejercicio profesional real y mejora la seguridad del paciente en las primeras etapas de la práctica independiente. McGaghie et al. (2014) documentaron en una revisión exhaustiva que el aprendizaje basado en simulación con práctica de dominio produce resultados superiores a la formación clínica tradicional en múltiples indicadores de competencia procedimental, incluyendo la rapidez de ejecución, la tasa de errores técnicos y la autoeficacia percibida. Estos hallazgos han llevado a que organismos reguladores de la formación médica en múltiples países exijan la acreditación de centros de simulación como requisito para la aprobación de programas de formación clínica.

2.1.3 El aprendizaje interprofesional y la colaboración en salud

La práctica clínica contemporánea es fundamentalmente interprofesional: los mejores resultados en salud se obtienen cuando médicos, enfermeros, farmacéuticos, fisioterapeutas, psicólogos y otros profesionales trabajan en equipo de manera coordinada y efectiva. Sin embargo, los currículos universitarios tradicionales forman a estos profesionales de manera segregada, con escasas oportunidades de aprendizaje compartido. Esta segregación curricular tiene consecuencias negativas documentadas para la calidad del trabajo en equipo y la seguridad del paciente en los entornos clínicos reales (OMS, 2021). La tecnología ofrece posibilidades relevantes para el aprendizaje interprofesional, al crear entornos de simulación donde equipos multiprofesionales pueden practicar juntos escenarios de alta complejidad clínica.

Las plataformas de colaboración digital, los entornos de simulación virtual y las herramientas de trabajo en equipo en línea permiten el aprendizaje

interprofesional más allá de los límites de la institución educativa, facilitando la colaboración entre estudiantes de diferentes disciplinas sanitarias de distintas universidades. La investigación sobre aprendizaje interprofesional mediado por tecnología documenta mejoras significativas en la comunicación entre profesionales, en la comprensión mutua de los roles de cada disciplina y en la capacidad de tomar decisiones clínicas coordinadas (Johnson y Johnson, 2022). Sin embargo, la eficacia de estas experiencias depende críticamente del diseño pedagógico que las sustenta: los entornos tecnológicos no producen colaboración de manera automática; requieren estructuras de tarea y dinámica grupal cuidadosamente planificadas.

2.1.4 La formación basada en competencias en el ámbito sanitario

El movimiento de la formación basada en competencias (FBC) ha transformado profundamente los currículos de las ciencias de la salud en las últimas dos décadas. Marcos internacionales como *CanMEDS* (Frank et al., 2015), que define siete roles del médico (experto médico, comunicador, colaborador, líder, defensor de la salud, académico y profesional), y el modelo ACGME en Estados Unidos, han orientado la reforma curricular de programas de medicina en todo el mundo, incluyendo América Latina. La FBC desplaza el foco desde la cobertura de contenidos hacia el desempeño demostrable en situaciones clínicas reales, lo que tiene implicaciones profundas para el rol de la tecnología educativa en la formación sanitaria (Frank et al., 2015).

En el marco de la FBC, las tecnologías educativas tienen un rol específico y bien delimitado: proporcionan entornos de práctica donde el estudiante puede demostrar sus competencias en situaciones reproducibles y evaluables, con criterios de desempeño claramente definidos. Los portafolios electrónicos, los sistemas de evaluación directa del desempeño clínico (mini-CEX, DOPS) en versión digital, y los sistemas de retroalimentación estructurada basados en plataformas son instrumentos que sostienen el seguimiento longitudinal de la adquisición de competencias a lo largo del curriculum. Norcini et al. (2018) destacan que la evaluación continuada y multimodal, posibilitada en buena medida por la

tecnología, es más válida y confiable para valorar el desarrollo de competencias clínicas que los exámenes puntuales de contenido.

2.1.5 Motivación, autorregulación y aprendizaje autónomo en salud

Las competencias metacognitivas de motivación y autorregulación son esenciales para el éxito en la formación sanitaria, que dura de seis a doce años para médicos especialistas y requiere actualización continua. La investigación sobre el aprendizaje autorregulado (Zimmerman, 2013) distingue tres fases: previsión (metas y planificación), rendimiento (estrategias y monitoreo) y autorreflexión (evaluación y ajuste). Las tecnologías educativas pueden servir en las tres fases, pero requieren que el estudiante tenga competencias de autonomía y autorregulación, que no siempre están desarrolladas en los primeros años universitarios.

Las plataformas de aprendizaje adaptativo son desarrollos tecnológicos prometedores para apoyar la autorregulación en la formación sanitaria. Estos sistemas usan algoritmos de aprendizaje automático para adaptar la dificultad, tipo y orden de los contenidos según el desempeño y perfil de aprendizaje del estudiante. Estudios recientes indican que el aprendizaje adaptativo mejora la eficiencia del estudio y reduce las brechas de desempeño entre estudiantes, aunque su efectividad en el razonamiento clínico complejo sigue siendo un área de investigación (Cope y Kalantzis, 2017; Selwyn, 2011).

2.2 Desarrollo de competencias clínicas mediante tecnología

El desarrollo de competencias clínicas es central en la formación en ciencias de la salud, donde la mediación tecnológica ha mostrado mayor efectividad. La simulación clínica, los casos virtuales, los laboratorios digitales y las herramientas de retroalimentación en video han transformado la formación clínica controlada y segura. La tecnología como herramienta de desarrollo de competencias clínicas necesita un marco pedagógico sólido que guíe su uso hacia objetivos de aprendizaje definidos y alineados con los perfiles de egreso de cada programa.

La investigación sobre competencias clínicas mediadas por tecnología ha crecido en las últimas dos décadas, generando evidencia que, a pesar de sus limitaciones, orienta mejor las decisiones de diseño curricular. La revisión de

McGaghie et al. (2014) sobre el aprendizaje basado en simulación con mastery learning documenta efectos positivos en el desempeño clínico, con tamaños del efecto significativos en varios procedimientos y entornos de formación sanitaria.

2.2.1 La simulación como andamiaje para la competencia clínica

La simulación clínica, en sus diversas modalidades (simuladores de baja fidelidad, maniquíes de alta fidelidad, realidad virtual, pacientes estandarizados, simulación basada en juego de roles), ofrece un continuum de experiencias de aprendizaje que permite al estudiante progresar desde las habilidades básicas hasta los procedimientos de alta complejidad clínica de manera sistemática y segura. El concepto de práctica deliberada, desarrollado por Ericsson y Charness (1994) a partir del estudio de expertos en múltiples dominios, se ha convertido en el fundamento teórico central del aprendizaje basado en simulación: la mejora del desempeño requiere práctica repetida, focalizada en aspectos específicos de la habilidad objetivo, con retroalimentación inmediata y en niveles de dificultad progresiva que mantengan al estudiante en la zona de desarrollo próximo (Vygotski, 1978, citado en McGaghie et al., 2014).

Los simuladores de alta fidelidad han transformado la formación en medicina de urgencias, anestesiología, cirugía y obstetricia, disciplinas donde los errores técnicos tienen consecuencias potencialmente graves para el paciente. La investigación en anestesiología ha sido pionera en demostrar que los equipos que entrenan regularmente en simuladores de alta fidelidad cometen menos errores en el manejo de situaciones críticas y muestran una mejor comunicación bajo presión. Los datos de seguridad del paciente acumulados durante tres décadas de simulación en anestesiología han llevado a la Academia Americana de Anestesiología a recomendar el entrenamiento en simulación como requisito para la recertificación profesional, un precedente que está siendo seguido por otras especialidades médicas (Cook y West, 2013).

2.2.2 Retroalimentación tecnológica y mejora del desempeño

La retroalimentación efectiva es el componente más crítico del aprendizaje clínico mediado por tecnología. Los sistemas de simulación modernos generan registros detallados del desempeño (tiempos de reacción, secuencias de actuación,

presiones ejercidas, puntos de incisión, variables fisiológicas del simulador) que permiten al docente proporcionar una retroalimentación mucho más precisa y objetiva que la que la observación no asistida puede ofrecer. La revisión del desempeño mediante video, combinada con la reflexión guiada por el docente en el *debriefing post-simulación*, ha demostrado ser más efectiva para la mejora del desempeño que el *debriefing* sin apoyo visual (Boud y Molloy, 2012).

Las plataformas de gestión del aprendizaje clínico permiten, además, registrar el progreso longitudinal de cada estudiante a lo largo del curriculum, identificando áreas de fortaleza y debilidad que pueden orientar intervenciones pedagógicas personalizadas. La analítica del aprendizaje aplicada a los datos de simulación clínica permite identificar patrones de error sistemático que pueden indicar déficits conceptuales o procedimentales específicos, y generar recomendaciones de actividades remediales adaptadas al perfil individual de cada estudiante. Este nivel de personalización del aprendizaje clínico era prácticamente imposible antes de la disponibilidad de herramientas de gestión y análisis de datos educativos a escala (Siemens, 2005).

2.2.3 Tecnologías para el desarrollo de habilidades comunicativas

Las habilidades de comunicación clínica (entrevista motivacional, comunicación de malas noticias, consentimiento informado, comunicación intercultural) son competencias esenciales del profesional sanitario, pero a menudo se subestiman en los currículos centrados en la formación técnico-científica. Los pacientes estandarizados, actores entrenados para simular patologías y situaciones clínicas, son la tecnología más establecida para el entrenamiento de habilidades comunicativas, con amplia documentación en la investigación sobre la efectividad de la simulación clínica. Las grabaciones de estas interacciones, analizadas con rúbricas en sesiones de retroalimentación grupal, son un instrumento para el desarrollo reflexivo de la competencia comunicativa (Dent et al., 2021).

La irrupción de agentes conversacionales de inteligencia artificial ha abierto nuevas posibilidades para entrenar habilidades comunicativas en entornos de bajo costo y alta disponibilidad. Sistemas de pacientes virtuales con procesamiento de

lenguaje natural permiten al estudiante practicar la entrevista clínica y la comunicación de información difícil en cualquier momento, con retroalimentación automática sobre claridad, empatía y completitud de la información. La evidencia sobre la efectividad de estos sistemas para transferir aprendizajes al entorno clínico es limitada, pero revisiones recientes indican resultados prometedores en la mejora de la confianza y preparación de los estudiantes (Masters, 2019; Singhal et al., 2023).

2.2.4 Evaluación de competencias con soporte tecnológico

La evaluación de competencias clínicas es uno de los ámbitos donde la tecnología ha aportado transformaciones más significativas. Los exámenes clínicos objetivos estructurados (OSCE) han incorporado progresivamente tecnologías de registro de video, análisis automatizado de desempeño y gestión digital de calificaciones, que aumentan la objetividad y la eficiencia del proceso evaluativo. Los sistemas de OSCE digitalizados permiten la evaluación simultánea de múltiples estudiantes en estaciones virtuales, reduciendo los costos logísticos y ampliando las posibilidades de evaluación formativa frecuente a lo largo del curriculum (Norcini et al., 2018).

Los portafolios electrónicos de competencias representan otro avance significativo en la evaluación del desarrollo clínico. A diferencia de los exámenes puntuales que ofrecen una fotografía instantánea del desempeño, los portafolios documentan el crecimiento longitudinal del estudiante a lo largo del tiempo, incluyendo evidencias de múltiples fuentes (evaluaciones de docentes, autoevaluaciones, retroalimentación de pacientes, registros de procedimientos realizados). Las plataformas de portafolio electrónico facilitan esta documentación longitudinal y permiten a los tutores y coordinadores de programa monitorear el progreso de cohortes completas de estudiantes, identificando de manera temprana aquellos que requieren apoyo adicional (Boud y Molloy, 2012).

2.2.5 Tecnologías de retroalimentación háptica y realidad virtual en procedimientos

La retroalimentación háptica, capacidad de los sistemas de simulación para reproducir sensaciones táctiles en procedimientos clínicos, es la frontera

tecnológica más avanzada en simulación médica. Los simuladores quirúrgicos con retroalimentación háptica, como el sistema da Vinci Skills Simulator, permiten al cirujano en formación desarrollar destreza manual para operar en cavidades corporales con instrumentos de largo alcance, ofreciendo sensación de resistencia y textura tisular similar a la experiencia quirúrgica real. La investigación sobre el impacto de los simuladores en la curva de aprendizaje quirúrgica documenta reducciones en el tiempo hasta la competencia y en la tasa de complicaciones en cirugías reales de residentes que entrenaron en simulador (Barteit et al., 2021).

La realidad virtual inmersiva, accesible a través de visores económicos como Meta Quest, ha democratizado la simulación clínica, permitiendo que instituciones con presupuestos limitados accedan a herramientas antes restringidas a simuladores de alta fidelidad y elevado costo. Se están desarrollando y validando entornos de realidad virtual para el entrenamiento en urgencias, cirugía y cuidados críticos en diferentes escenarios de formación sanitaria, incluyendo países de ingresos bajos y medianos. La revisión de Barteit y colegas (2021) sobre tecnologías inmersivas para la educación médica en países de escasos recursos documenta resultados prometedores, pero señala la necesidad de más investigación sobre la transferencia de aprendizajes de los entornos virtuales a la práctica clínica.

Tabla 2.1.

Tecnologías para el desarrollo de competencias clínicas

Tecnología	Competencias que desarrolla	Nivel de evidencia	Referencia
Simulación alta fidelidad	Manejo de urgencias, trabajo en equipo, liderazgo clínico	Alto (metaanálisis)	McGaghie et al., 2014
Simulación quirúrgica háptica	Habilidades procedimentales laparoscópicas y robóticas	Alto	Barteit et al., 2021
Pacientes estandarizados	Habilidades comunicativas, exploración física, consentimiento	Alto	Dent et al., 2021
Realidad virtual inmersiva	Anatomía 3D, procedimientos en urgencias, ansiedad clínica	Moderado (creciente)	Barteit et al., 2021
Casos clínicos digitales	Razonamiento diagnóstico, toma de decisiones en incertidumbre	Moderado	Cook y West, 2013
Portafolio electrónico	Reflexión, autorregulación, documentación longitudinal	Moderado	Boud y Molloy, 2012
Agentes conversacionales IA	Entrevista clínica, comunicación de malas noticias	Bajo-emergente	Masters, 2019

Nota. Tecnologías clínicas y evidencia disponible. Fuente: Elaboración propia a partir de McGaghie et al. (2014), Barteit et al. (2021), Dent et al. (2021) y Masters (2019).

2.3 Integración de simulación en la formación médica

La simulación clínica ha pasado en las últimas dos décadas de ser una actividad complementaria y ocasional en los currículos de medicina y enfermería a convertirse en un componente estructural y obligatorio de la formación clínica, regulado por estándares de acreditación internacionales y respaldado por un cuerpo robusto de investigación sobre su efectividad para mejorar la seguridad del paciente. La integración curricular efectiva de la simulación exige, sin embargo, una planificación pedagógica cuidadosa que determine qué competencias se desarrolla mejor mediante simulación, en qué momento del curriculum deben introducirse las experiencias de simulación de mayor complejidad y cómo se articulan estas experiencias con la formación clínica en entornos reales.

La arquitectura curricular de los programas de simulación más efectivos sigue un diseño en espiral que introduce las competencias básicas en el primer año (habilidades de comunicación, examen físico básico, procedimientos de urgencia fundamentales) y las profundiza progresivamente en los años sucesivos, aumentando la complejidad de los escenarios y la autonomía exigida al estudiante. Este diseño en espiral, coherente con la teoría del aprendizaje de Bruner, asegura que cada experiencia de simulación se construye sobre las anteriores y prepara para las siguientes, generando un continuum de desarrollo de competencias clínicas coherente con los objetivos de egreso del programa.

2.3.1 Tipos de simulación y su aplicación en ciencias de la salud

La taxonomía de la simulación clínica distingue múltiples modalidades que se seleccionan en función de las competencias a desarrollar, los recursos disponibles y el nivel de formación de los estudiantes. La simulación de baja fidelidad, que incluye modelos anatómicos básicos para la práctica de procedimientos (suturas, venopunciones, inserción de sondas), es económicamente accesible y adecuada para el aprendizaje inicial de habilidades técnicas aisladas. La simulación de maniquíes de alta fidelidad (SimMan, Harvey, Noelle) reproduce respuestas fisiológicas complejas y permite entrenar el manejo

de emergencias y la respuesta a deterioro clínico en entornos de alta presión emocional. La simulación in situ, realizada en los propios entornos clínicos reales (salas de urgencias, quirófanos, unidades de cuidados intensivos), combina el realismo ambiental con el control pedagógico de la simulación (Cook y West, 2013).

La simulación basada en pacientes estandarizados ocupa un lugar especial en la formación de habilidades relacionales y comunicativas. Los actores pacientes son entrenados sistemáticamente para reproducir con fidelidad la presentación clínica, el comportamiento y las respuestas emocionales de pacientes con diagnósticos específicos, permitiendo al estudiante practicar la anamnesis, la comunicación de información diagnóstica y el manejo de situaciones emocionalmente complejas (duelo, enfermedad grave, conflictos familiares) en un entorno seguro y retroalimentado. La combinación de simulación con paciente estandarizado y grabación de video seguida de reflexión estructurada es, según la evidencia disponible, una de las metodologías más efectivas para el desarrollo de la competencia comunicativa clínica (Dent et al., 2021).

2.3.2 El debriefing como componente pedagógico central

El *debriefing*, entendido como la sesión de reflexión estructurada que sigue a una experiencia de simulación, es reconocido unánimemente como el componente pedagógico más determinante de la efectividad de la simulación clínica. Un escenario de simulación sin *debriefing* puede incluso generar aprendizajes incorrectos si el estudiante ha desarrollado estrategias erróneas durante la ejecución y no recibe retroalimentación correctiva. El *debriefing* efectivo combina el análisis de las acciones concretas realizadas durante el escenario con la reflexión sobre los modelos mentales que las orientaron, creando las condiciones para una reformulación conceptual que fundamenta la mejora del desempeño futuro (Boud y Molloy, 2012).

Los modelos de *debriefing* más utilizados en la formación médica incluyen el modelo PEARLS (*Promoting Excellence* And Reflective *Learning in Simulation*), el *debriefing* con buen juicio de Rudolph et al. y el modelo conversacional de Steinwachs. La tecnología apoya el *debriefing* mediante la visualización de métricas de rendimiento registradas durante el escenario, la reproducción

selectiva de segmentos de video de la actuación del estudiante y el uso de plataformas de gestión de la simulación que permiten al docente preparar sesiones de *debriefing* más precisas y focalizadas. La combinación de reflexión personal, discusión grupal y análisis de evidencia objetiva (video, datos del simulador) es la aproximación más efectiva documentada para la mejora sostenida del desempeño clínico (McGaghie et al., 2014).

2.3.3 Programas de simulación para equipos interprofesionales

Los programas de simulación interprofesional han ganado una posición destacada en la agenda de formación en salud por su capacidad para preparar a los equipos clínicos para la coordinación efectiva en situaciones de alta presión. La investigación sobre seguridad del paciente ha documentado que la mayoría de los eventos adversos graves en los entornos hospitalarios tienen su origen no en déficits de conocimiento técnico individual sino en fallos de comunicación, coordinación y liderazgo dentro del equipo clínico (OMS, 2021). Los programas de simulación para equipos, que entrenan a grupos interprofesionales de médicos, enfermeros, farmacéuticos y otros profesionales en el manejo coordinado de emergencias clínicas complejas, han demostrado mejoras significativas en los indicadores de seguridad del paciente en múltiples estudios observacionales.

El entrenamiento de equipos en simulación (Team Training) utiliza metodologías como el programa *TeamSTEPPS*, desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos y el Agency *for Healthcare Research* and *Quality*, que aborda competencias específicas de trabajo en equipo: comunicación estructurada (técnica SBAR), liderazgo situacional, monitoreo mutuo y apoyo entre miembros del equipo. Las plataformas digitales de colaboración permiten, en combinación con los escenarios de simulación presenciales, el trabajo en equipos distribuidos geográficamente, una posibilidad especialmente valiosa para la formación interprofesional en sistemas sanitarios con alta dispersión territorial como los latinoamericanos (Johnson y Johnson, 2022; OMS, 2021).

2.3.4 Indicadores de efectividad y evaluación de programas de simulación

La evaluación de la efectividad de los programas de simulación clínica no debe limitarse a la satisfacción de los participantes, correspondiente al nivel 1 del

modelo de Kirkpatrick, sino que debe avanzar hacia indicadores de mayor rigor, como el aprendizaje demostrado en el nivel 2, la transferencia de lo aprendido al comportamiento clínico en el nivel 3 y los resultados en la salud del paciente en el nivel 4. La evidencia disponible es más consistente para los niveles 1 y 2, moderada para el nivel 3 y todavía limitada para el nivel 4; sin embargo, estudios en anestesiología, obstetricia y medicina de urgencias han comenzado a mostrar asociaciones entre la implementación de programas de simulación y la reducción de ciertas complicaciones en los entornos clínicos participantes (McGaghie et al., 2014).

Los indicadores más utilizados para la evaluación interna de los programas de simulación incluyen: tasas de finalización exitosa de los escenarios, tiempos de respuesta ante eventos críticos, tasas de errores técnicos y no técnicos, puntuaciones en rúbricas de desempeño estandarizadas, y retención del aprendizaje en evaluaciones diferidas a 3 y 6 meses. La digitalización de todos estos registros mediante plataformas de gestión de la simulación permite análisis longitudinales y comparaciones entre cohortes que son muy difíciles de realizar con sistemas de registro en papel. La analítica de datos de simulación representa un área de investigación emergente con gran potencial para optimizar el diseño y la gestión de los programas de formación clínica en ciencias de la salud.

2.4 Aprendizaje basado en casos clínicos digitales

El aprendizaje basado en casos clínicos constituye una de las estrategias pedagógicas más sólidamente fundamentadas en la investigación sobre formación sanitaria. En su versión tradicional, los casos clínicos escritos o presentados oralmente por el docente han sido durante décadas el recurso pedagógico central en las sesiones de enseñanza clínica. La digitalización de los casos clínicos ha ampliado enormemente sus posibilidades pedagógicas, añadiendo interactividad, ramificación de narrativas, integración multimedia e inmediatez de retroalimentación, características que el caso en papel no puede proporcionar. El aprendizaje basado en casos clínicos digitales se fundamenta en los principios del aprendizaje basado en problemas (ABP) y del razonamiento clínico hipotético-deductivo (Hmelo-Silver, 2024).

La efectividad del ABP en la formación clínica ha sido ampliamente documentada. Los estudios comparativos entre currículos tradicionales y currículos basados en problemas muestran que los egresados de programas de ABP presentan habilidades de razonamiento clínico, aprendizaje autónomo y trabajo en equipo comparables o superiores a los de programas tradicionales, con una motivación intrínseca más sostenida (Hmelo-Silver, 2024). La digitalización de los casos del ABP amplía estas ventajas al permitir el acceso asíncrono, la adaptación al ritmo individual de aprendizaje y la integración de evidencias multimedia (imágenes diagnósticas, trazados electrocardiográficos, registros de video de exploración física) que enriquecen el realismo y la complejidad del escenario clínico.

2.4.1 Diseño pedagógico de casos clínicos digitales efectivos

El diseño de casos clínicos digitales pedagógicamente efectivos requiere una planificación cuidadosa que va mucho más allá de la digitalización de los casos en papel. Un caso clínico digital de alta calidad pedagógica debe estar anclado en objetivos de aprendizaje claramente definidos, presentar una narrativa clínica auténtica y suficientemente compleja para activar el razonamiento de orden superior, incorporar decisiones ramificadas que reproduzcan la toma de decisiones clínica bajo incertidumbre, y proporcionar retroalimentación explicativa (no solo indicación de respuesta correcta o incorrecta) que favorezca la comprensión profunda y la consolidación del conocimiento (Mayer, 2002).

La taxonomía de Bloom revisada ofrece un marco útil para evaluar el nivel cognitivo de los casos clínicos digitales. Los casos más efectivos para el desarrollo del razonamiento clínico operan en los niveles superiores de la taxonomía (análisis, evaluación, creación), presentando situaciones donde el estudiante debe integrar información de múltiples fuentes, distinguir entre hipótesis diagnósticas plausibles e identificar la evidencia que permite discriminar entre ellas. Los casos que solo exigen memorización de datos clínicos o reconocimiento de diagnósticos típicos tienen un valor formativo limitado para el desarrollo del razonamiento clínico experto que demanda la práctica médica contemporánea (Dent et al., 2021).

2.4.2 Plataformas y herramientas para casos clínicos virtuales

Diversas plataformas especializadas han sido desarrolladas para la creación y gestión de casos clínicos virtuales en la formación sanitaria. Body *Interact* es una plataforma de simulación clínica virtual con pacientes en tres dimensiones que permite al estudiante gestionar casos de urgencias y medicina interna a través de interacciones en tiempo real con un paciente virtual fisiológicamente realista. i-Human *Patients*, desarrollada por Kaplan Medical, ofrece una experiencia de paciente virtual con procesamiento de lenguaje natural para la anamnesis y exploración física virtual. Otras plataformas más generalistas como H5P, *Articulate Storyline* y *iSpring* permiten la creación de casos clínicos interactivos con ramificaciones complejas sin requerir programación avanzada (Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

Las plataformas de gestión del aprendizaje como Moodle y Canvas integran herramientas de creación de escenarios interactivos que permiten al docente construir casos clínicos con preguntas de ramificación, retroalimentación condicional y seguimiento del itinerario que cada estudiante recorre dentro del caso. La analítica de uso de los casos clínicos digitales, accesible mediante los registros de actividad de las plataformas LMS, proporciona información valiosa sobre los patrones de razonamiento de los estudiantes: qué información buscan primero, qué errores diagnósticos cometen con mayor frecuencia y en qué puntos del caso manifiestan mayor dificultad. Esta información puede orientar tanto la retroalimentación individualizada como la mejora del diseño de los propios casos (Siemens, 2005).

2.4.3 Integración de evidencia multimedia en los casos clínicos

La integración de evidencia multimedia enriquece de manera significativa los casos clínicos digitales, al aproximar la experiencia de aprendizaje a la riqueza sensorial de la práctica clínica real. Las imágenes diagnósticas (radiografías, tomografías computarizadas, resonancias magnéticas, ecografías), los trazados electrocardiográficos, los resultados de laboratorio en formato similar al que producen los analizadores reales, los fragmentos de video de auscultación cardiorrespiratoria y las fotografías de lesiones cutáneas añaden capas de

complejidad diagnóstica que desarrollan competencias de interpretación clínica que los casos exclusivamente textuales no pueden proporcionar. La investigación sobre aprendizaje multimedia (Mayer, 2002) indica que la integración coherente de información verbal e imagen produce mayor comprensión y retención que la presentación de cada modalidad por separado.

Los atlas digitales de hallazgos clínicos, que integran bancos de imágenes etiquetadas y casos clínicos asociados, son herramientas de alta utilidad formativa especialmente en las disciplinas diagnósticas (radiología, dermatología, patología, oftalmología). La plataforma Radiopaedia.org, por ejemplo, ofrece acceso gratuito a más de 80.000 casos de imagen médica con diagnósticos verificados por expertos, constituyendo un recurso formativo de extraordinaria calidad para la formación en diagnóstico por imagen a nivel mundial. La democratización del acceso a este tipo de recursos, que hasta hace pocos años solo estaban disponibles en los grandes centros hospitalarios universitarios del mundo desarrollado, representa una de las contribuciones más importantes de la tecnología a la equidad en la formación sanitaria global.

2.4.4 Evaluación del razonamiento clínico con casos digitales

Los casos clínicos digitales son herramientas valoradas para la evaluación del razonamiento clínico, ya que hacen visible el proceso de pensamiento del estudiante, algo que los exámenes de respuesta múltiple no logran. Los ítems de respuesta múltiple de alta fidelidad clínica (*clinical vignettes*), basados en escenarios clínicos complejos que requieren integrar múltiples informaciones para seleccionar la respuesta correcta, son la herramienta evaluativa más utilizada en exámenes de certificación médica internacionales (USMLE, MCCQE, PLAB) y tienen buena correlación con el desempeño clínico real (Norcini et al., 2018).

Los ítems de respuesta construida, donde el estudiante escribe su razonamiento en lugar de seleccionar opciones, ofrecen una visión más clara del pensamiento clínico, pero presentan desafíos de corrección a gran escala que la tecnología puede ayudar a resolver. Los sistemas de evaluación de respuestas abiertas con procesamiento de lenguaje natural se desarrollan y validan en formación médica, mostrando una correlación aceptable con la calificación de

jueces humanos expertos. Estos sistemas, aunque no reemplazan la evaluación experta del razonamiento clínico, son valiosos como herramientas de retroalimentación inmediata en evaluaciones híbridas (Masters, 2019).

2.5 Uso de datos en la formación sanitaria

El paradigma de la medicina basada en la evidencia, que exige que las decisiones clínicas se fundamenten en la mejor evidencia disponible derivada de la investigación sistemática, ha transformado de manera profunda los requerimientos formativos en ciencias de la salud. El profesional sanitario del siglo XXI debe ser capaz no solo de acceder y comprender la literatura científica sino también de interpretar datos clínicos de múltiples fuentes, utilizar herramientas de apoyo a la decisión clínica basadas en datos y contribuir a la generación y análisis de datos sanitarios en su práctica cotidiana (OMS, 2021). La formación en competencias de datos se ha convertido así en un componente indispensable del curriculum de ciencias de la salud, que la tecnología educativa puede apoyar de diversas maneras.

El volumen de datos sanitarios disponibles ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas, impulsado por la digitalización de los registros de salud, la proliferación de dispositivos de monitorización continua, los registros de farmacia electrónica y los sistemas de información de laboratorio. La habilidad para extraer información clínicamente relevante de estos grandes conjuntos de datos y para utilizarla en la mejora de la práctica clínica constituye una competencia emergente de alta demanda que los currículos de formación sanitaria deben comenzar a incorporar de manera explícita.

2.5.1 Competencias en el manejo de datos para profesionales sanitarios

Las competencias de datos para profesionales sanitarios incluyen desde acceder y buscar en bases de datos bibliográficas (PubMed, Cochrane, Embase, SciELO) hasta análisis estadístico, interpretación de estudios clínicos, uso de herramientas de visualización de datos y comprensión de principios de inteligencia artificial en salud. El mínimo de competencia en datos para un profesional sanitario incluye formular preguntas clínicas en formato PICO, buscar evidencia en bases de datos, evaluar críticamente un artículo de investigación y aplicar

hallazgos a la situación del paciente (Sackett et al., 2000, citados en van der Vleuten y Schuwirth, 2016).

Los profesionales en investigación clínica, gestión sanitaria o desarrollo de tecnologías en salud requieren competencias avanzadas en análisis de datos: manejo de software estadístico (SPSS, R, Python), diseño de estudios epidemiológicos, gestión de bases de datos clínicas y comprensión de principios de aprendizaje automático aplicados al diagnóstico y predicción de resultados clínicos. La inclusión de competencias avanzadas en los currículos de formación sanitaria es un tema debatido en educación médica, con posturas que varían desde incluirlas en el currículo básico de medicina hasta reservarlas para programas de especialización o posgrado.

2.5.2 Registros electrónicos de salud como recurso educativo

Los Registros Electrónicos de Salud (RES), implementados en países de ingresos altos y progresivamente en los de ingresos medios, son una valiosa fuente de datos clínicos para la formación sanitaria si se utilizan de manera pedagógica y ética. El acceso supervisado a registros electrónicos de pacientes, con salvaguardas de privacidad, permite al estudiante practicar la interpretación de historias clínicas, la revisión de evoluciones y la identificación de patrones diagnósticos en datos reales. Los sistemas RES modernos incluyen herramientas de apoyo a la decisión clínica (alertas de interacciones, recordatorios de cribados, sugerencias diagnósticas) que el estudiante puede usar en su formación (OMS, 2021).

El uso de RES como recurso educativo plantea desafíos de privacidad y seguridad de datos que deben gestionarse rigurosamente. Las normativas de protección de datos de pacientes (HIPAA en EE. UU., GDPR en Europa, y equivalentes en América Latina) imponen restricciones sobre el acceso de estudiantes a información clínica real, exigiendo supervisión, consentimiento y anonimización. El desarrollo de entornos de aprendizaje clínico digital con datos de pacientes anonimizados o sintéticos combina el realismo de datos clínicos reales con el cumplimiento de obligaciones éticas y legales de privacidad (UNESCO, 2022).

2.5.3 Análisis de datos sanitarios en la formación de grado

La inclusión del análisis de datos sanitarios en los currículos de ciencias de la salud busca preparar a los futuros profesionales para un entorno clínico basado en datos. El uso de herramientas de visualización de datos (*Tableau* Public, Power BI, R y Python) permite a los estudiantes explorar datos epidemiológicos, identificar tendencias en la carga de enfermedad y evaluar el impacto de intervenciones sanitarias, competencias aplicables en la práctica clínica y gestión de servicios de salud. Estas habilidades son relevantes para profesionales en salud pública, atención primaria y gestión de enfermedades crónicas.

La integración del análisis de datos en el currículo no requiere convertir a todos los médicos y enfermeras en científicos de datos, sino dotarles de competencias en alfabetización de datos para interpretar análisis de especialistas, identificar preguntas que se pueden responder con los datos disponibles y tomar decisiones basadas en evidencia. Los entornos de aprendizaje basado en proyectos, donde equipos de estudiantes analizan datos sanitarios de su comunidad para formular recomendaciones de política de salud, son estrategias pedagógicas motivadoras que integran competencias de datos, trabajo en equipo y comunicación pública (Cope y Kalantzis, 2017).

2.5.4 Big data y aprendizaje automático en la educación sanitaria

La irrupción del big data y el aprendizaje automático en la práctica clínica genera una creciente demanda de formación sanitaria para que los profesionales comprendan y usen críticamente estas tecnologías. Los algoritmos de aprendizaje automático se incorporan en herramientas diagnósticas (detección de retinopatía diabética, clasificación de imágenes dermatológicas, interpretación de electrocardiogramas) que médicos y profesionales sanitarios utilizarán rutinariamente. La formación en la comprensión del funcionamiento de estos algoritmos, sus limitaciones, sesgos y condiciones para aceptar o cuestionar sus recomendaciones es una necesidad emergente que los currículos de ciencias de la salud deben abordar (Masters, 2019; Kung et al., 2023).

La educación médica sobre inteligencia artificial busca formar médicos como usuarios críticos y responsables de sistemas de IA clínica. Las competencias

necesarias incluyen la comprensión de algoritmos (clasificación, regresión, redes neuronales), la evaluación crítica de la validez y generalización de un modelo de IA clínica, el reconocimiento de sesgos en conjuntos de datos de entrenamiento y sus implicaciones para la equidad en la atención, y habilidades de comunicación para explicar recomendaciones de sistemas de IA a los pacientes de manera clara. Estos objetivos formativos se están incorporando gradualmente en los marcos de competencias de organizaciones de educación médica internacional (OMS, 2021; UNESCO, 2022).

2.6 Entornos híbridos de enseñanza en salud

Los entornos híbridos de enseñanza, que combinan experiencias presenciales y virtuales, han pasado de ser una opción innovadora a ser el modelo estándar en la formación en ciencias de la salud en la era post-pandémica. La pandemia de COVID-19 mostró que la formación presencial es vulnerable a disruptores externos y que la formación virtual es insuficiente para desarrollar competencias clínicas que requieren contacto físico con pacientes y entornos hospitalarios. El modelo híbrido surge como la respuesta más robusta y coherente a las exigencias de la formación sanitaria contemporánea (Reimers, 2022; Barteit et al., 2021).

La calidad pedagógica de los entornos híbridos depende de cómo se articula lo presencial y lo virtual. Un diseño híbrido de alta calidad integra experiencias de aprendizaje que aprovechan las ventajas de las clases presenciales y en línea, alineándose con los objetivos formativos. Las experiencias que requieren interacción física directa (práctica en pacientes, simulación de alta fidelidad, trabajo en equipos interprofesionales) se reservan para momentos presenciales; las que se benefician de flexibilidad y accesibilidad (estudio autónomo, práctica de casos, interacción entre pares a distancia) se ubican en componentes virtuales.

2.6.1 Modelos de enseñanza híbrida en ciencias de la salud

Los modelos de enseñanza híbrida en formación sanitaria incluyen el aula invertida (*flipped classroom*), donde los estudiantes acceden a contenidos teóricos digitalmente antes de la sesión presencial, dedicada al trabajo activo y resolución de problemas; el modelo de rotación (*rotation model*), que alterna grupos entre

estaciones de aprendizaje presenciales y digitales; y el modelo de aprendizaje flexible *(flex model),* donde el estudiante elige entre participación presencial o virtual según sus necesidades. Cada modelo tiene aplicaciones específicas en el currículo de ciencias de la salud (Garrison, 2017; Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

El aula invertida ha mostrado resultados positivos en la formación de pregrado en ciencias biomédicas (anatomía, fisiología, farmacología), disciplinas con alta carga conceptual que pueden estudiarse de forma autónoma con recursos digitales. La liberación del tiempo presencial para resolver problemas clínicos, el trabajo en equipo y la discusión guiada por el docente mejora la motivación y el aprendizaje en comparación con la clase magistral tradicional. Estudios en facultades de medicina indican que los estudiantes que cursan anatomía en aula invertida obtienen resultados equivalentes o superiores en exámenes finales y mayor satisfacción con la metodología (Dent et al., 2021).

2.6.2 La tutoría virtual en programas de formación sanitaria

La tutoría virtual o telementoría ha surgido como una modalidad formativa de gran valor en los escenarios de formación sanitaria donde la distribución geográfica de los docentes expertos y de los centros clínicos de formación dificulta el acceso equitativo de todos los estudiantes a una supervisión de alta calidad. Los sistemas de telementoría permiten a los especialistas que se encuentran en centros de referencia supervisar en tiempo real procedimientos clínicos que se realizan en hospitales de la periferia, a través de videollamadas de alta calidad, sistemas de realidad aumentada o tecnologías de telemedicina adaptadas a la formación. Este modo se ha desarrollado sobre todo en cirugía y endoscopia, donde el acceso a la supervisión por un experto tiene implicaciones directas para la seguridad del paciente.

En numerosos estudios de seguimiento, los programas de mentoría en línea, en los que docentes expertos acompañan el desarrollo profesional de estudiantes o residentes a través de reuniones periódicas por videoconferencia, intercambio de portafolios electrónicos y revisión asíncrona de casos clínicos documentados, están demostrando una efectividad comparable a la mentoría presencial. Este tipo

de mentoría tiene la ventaja de superar las barreras geográficas y temporales que limitan a la mentoría presencial, permitiendo que estudiantes de regiones periféricas accedan a la orientación de docentes de alta calidad con los que no podrían interactuar en un ambiente presencial. Esta apertura de la tutoría experta es uno de los más grandes aportes de la tecnología a la equidad en la formación sanitaria (Boud y Molloy, 2012).

2.6.3 Plataformas de aprendizaje híbrido para prácticas clínicas

Las plataformas de gestión de prácticas clínicas en entornos híbridos integran herramientas de asignación de rotaciones, seguimiento del portafolio de procedimientos, evaluación directa del desempeño y comunicación entre estudiantes, docentes y supervisores clínicos. Sistemas como *MedHub*, e-Portfolio *of Assessed Learning (ePAL)* y New *Innovations* han sido ampliamente adoptados en programas de residencia médica en Estados Unidos y Europa, facilitando la gestión de la formación práctica de grandes cohortes de residentes en entornos multicéntricos. La adopción de estas plataformas en los programas de pregrado de ciencias de la salud en América Latina es aún incipiente pero creciente, impulsada por las exigencias de acreditación de organismos como el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) y sus equivalentes regionales.

La integración de herramientas de comunicación asíncrona (foros, mensajería, anotaciones en documentos compartidos) y síncrona (videoconferencia, sesiones clínicas virtuales en tiempo real) en una plataforma unificada reduce la fragmentación tecnológica que puede generar confusión y carga cognitiva adicional en los estudiantes. Las plataformas más avanzadas incorporan funcionalidades de analítica del aprendizaje que permiten a los coordinadores de programa identificar en tiempo real el progreso de cada estudiante, detectar de manera temprana situaciones de rezago o dificultad y desplegar intervenciones pedagógicas personalizadas antes de que los problemas se conviertan en situaciones de reprobación o abandono.

2.7 Dificultades en la incorporación tecnológica

A pesar del creciente consenso sobre el valor de la tecnología en la formación sanitaria, la incorporación efectiva de las herramientas digitales en los

programas de educación en salud enfrenta obstáculos persistentes, de carácter técnico, pedagógico, organizacional y cultural. El reconocimiento y la comprensión de estas dificultades es el primer paso para la formulación de estrategias de cambio que sean realistas, sostenibles y sensibles a los ambientes específicos de cada institución y cada programa de formación. El optimismo tecnológico no basta para superar resistencias profundamente arraigadas en la cultura de la formación clínica, sino que se requiere una comprensión matizada de los factores que facilitan y dificultan el cambio en los contextos de formación sanitaria (Cuban, 2018; Selwyn, 2011).

Los problemas de adopción de tecnologías en las ciencias de la salud no son exclusivos de los países en desarrollo, sino que también se registran en las instituciones más avanzadas del mundo, aunque con características propias. En la literatura se mencionan con mayor frecuencia como barreras la resistencia de los docentes al cambio pedagógico, la falta de tiempo para el desarrollo de competencias digitales, la escasez de infraestructura tecnológica fiable, la inexistencia de políticas institucionales de apoyo a la innovación, y la dificultad para generar evidencia local persuasiva sobre la efectividad de las innovaciones puestas en práctica.

2.7.1 Resistencia docente ante la innovación tecnológica

La resistencia de los docentes ante la incorporación de tecnología en sus prácticas pedagógicas es un fenómeno universal y bien documentado que no puede explicarse simplemente como falta de competencias técnicas o de voluntad de cambio. Las resistencias más profundas tienen raíces epistemológicas y culturales: los docentes formados en el modelo de la mentoría directa del maestro-experto pueden percibir las tecnologías digitales como una amenaza a su autoridad pedagógica y a su posición de experto irreemplazable. La cultura de la formación médica, con su larga tradición de aprendizaje por osmosis y modelado de roles, puede ser especialmente resistente a modelos de aprendizaje mediados por tecnología que redistribuyen el protagonismo de la experiencia formativa hacia el estudiante activo (Cuban, 2018).

Las estrategias más efectivas para superar la resistencia docente no son las que intentan imponer la adopción tecnológica desde la autoridad institucional, sino las que trabajan pedagógicamente con los propios docentes para explorar cómo las tecnologías disponibles pueden resolver problemas pedagógicos reales que ellos mismos identifican. El modelo de desarrollo profesional basado en la práctica reflexiva en comunidades de aprendizaje de pares, donde los docentes comparten sus dificultades y sus innovaciones en un entorno de confianza mutua, ha demostrado ser más efectivo para generar cambio pedagógico sostenible que los programas de formación técnica unidireccional. El apoyo de docentes innovadores tempranos (*early adopters*) como referentes y mentores para sus pares es un factor de cambio documentado consistentemente en la investigación sobre difusión de innovaciones educativas (Rogers, 2003, citado en Selwyn, 2011).

REFERENCIAS

Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F., & Beiersmann, C. (2021). Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review. *JMIR Serious Games, 9*(3), e29080. https://doi.org/10.2196/29080

Biggs, J., Tang, C., & Kennedy, G. (2011). *Teaching for quality learning at university* (5.ª ed.). Open University Press.

Boud, D., & Molloy, E. (Eds.). (2012). *Feedback in higher and professional education: Understanding it and doing it well*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203074336

Cook, D. A., & West, C. P. (2013). Perspective: Reconsidering the focus on "outcomes research" in medical education: A cautionary note. *Academic Medicine, 88*(2), 162–167. https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e31827c3d78

Cope, B., & Kalantzis, M. (Eds.). (2017). *E-learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315639215

Cuban, L. (2018). *The flight of a butterfly or the path of a bullet? Using technology to transform teaching and learning*. Harvard Education Press.

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6.ª ed.). Elsevier.

Frank, J. R., Snell, L. S., & Sherbino, J. (Eds.). (2015). *CanMEDS 2015 physician competency framework*. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. https://www.royalcollege.ca/content/dam/document/standards-and-accreditation/2015-canmeds-framework-reduced-e.pdf

Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z. A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H., Garcia, P., Ke, Y., Kelley, P., Kistnasamy, B., Meleis, A., Naylor, D., Pablos-Mendez, A., Reddy, S., Scrimshaw, S., Sepulveda, J., Serwadda, D., & Zurayk, H. (2010). Health professionals for a new century: Transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *The Lancet, 376*(9756), 1923–1958. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61854-5

Garrison, D. R. (2017). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice* (3.ª ed.). Routledge.

Global Education Monitoring Report Team. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365–379. https://doi.org/10.3102/0013189X09339057

Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Madriaga, M., Aggabao, R., Diaz-Candido, G., Maningo, J., & Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health, 2*(2), e0000198. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2014). A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Medical Education, 48*(4), 375–385. https://doi.org/10.1111/medu.12391

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M. F., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

OECD, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CAF—Banco de Desarrollo de América Latina, & Comisión Europea. (2022). *Perspectivas económicas de América Latina 2022: Hacia una transición verde y justa*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f2f0c189-es

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Reimers, F. M. (Ed.). (2022). *Primary and secondary education during COVID-19: Disruptions to educational opportunity during a pandemic*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81500-4

Selwyn, N. (2011). Education and technology: Key issues and debates. A&C Black.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10. https://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S. S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., Pfohl, S., Payne, P., Seneviratne, M., Gamble, P., Kelly, C., Babiker, A., Schärli, N., Chowdhery, A., Mansfield, P., Demner-Fushman, D., . . . Natarajan, V. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature, 620*, 172–180. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

van der Vleuten, C. P. M. (2016). Revisiting 'Assessing professional competence: from methods to programmes'. *Medical Education, 50*(9), 885–888. https://doi.org/10.1111/medu.12632

Zawacki-Richter, O., & Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in *Computers & Education*. *Computers & Education, 122*, 136–152. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Lidia Fernanda Jijón Cañarte

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

CAPÍTULO 3

ECOSISTEMA DE PLATAFORMAS DIGITALES EDUCATIVAS

Caleb Isaac Chilán Santana [3]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[3] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

caleb.chilan@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0002-2832-8759

3 INTRODUCCIÓN

El ecosistema de plataformas digitales educativas utilizado actualmente en la formación en ciencias de la salud presenta una diversidad y complejidad cada vez mayores. La amplia variedad de herramientas disponibles, como sistemas de gestión del aprendizaje, plataformas de videoconferencia, aplicaciones de simulación clínica, repositorios de recursos educativos abiertos, herramientas de evaluación interactiva y entornos colaborativos, genera oportunidades pedagógicas sin precedentes, pero también plantea desafíos importantes para la gestión institucional, la formación docente y el bienestar estudiantil. Comprender este ecosistema de manera sistemática constituye una competencia fundamental para los profesionales de la educación sanitaria contemporánea (Selwyn, 2011; Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

La selección, implementación y evaluación de plataformas digitales en los programas de formación en salud no puede dejarse exclusivamente al criterio de los departamentos de tecnología de la información, ni puede basarse únicamente en la popularidad comercial de las herramientas disponibles en el mercado. Estas decisiones requieren una perspectiva pedagógica informada que evalúe la coherencia de cada plataforma con los objetivos de aprendizaje, las características del estudiantado y los recursos disponibles. El presente capítulo ofrece un panorama sistemático del ecosistema de plataformas digitales más relevantes para la formación sanitaria, con criterios para su evaluación y selección fundamentados en la evidencia pedagógica disponible.

3.1 Entornos virtuales de aprendizaje y su clasificación

Los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) o *Learning Management Systems* (LMS) constituyen la infraestructura digital central de la educación en línea e híbrida. Estos sistemas integran en una plataforma unificada las funcionalidades necesarias para gestionar el proceso formativo completo: organización y presentación de contenidos, administración de actividades y tareas, gestión de foros y comunicaciones, seguimiento del progreso estudiantil, y herramientas de evaluación y calificación. La penetración de los LMS en las universidades de ciencias de la salud a nivel mundial es hoy prácticamente

universal en los países de ingresos altos, y ha crecido de manera muy significativa en América Latina durante los últimos cinco años, acelerada por la experiencia pandémica (Zawacki-Richter y Latchem, 2018; UNESCO, 2023).

La diversidad de opciones disponibles en el mercado de los LMS requiere un marco de clasificación que oriente la toma de decisiones institucionales. Una primera dimensión de clasificación distingue entre LMS de código abierto (*open source*), como Moodle, que pueden ser instalados y personalizados libremente por las instituciones, y LMS propietarios de licencia comercial, como Blackboard y *Canvas*, que ofrecen mayor soporte y actualización automática a cambio de costos periódicos. Una segunda dimensión distingue entre LMS instalados localmente en servidores institucionales y LMS en la nube (SaaS), que eliminan la necesidad de infraestructura de servidores propia, pero implican dependencia del proveedor y consideraciones adicionales de privacidad de datos.

3.1.1 Generaciones de los entornos virtuales de aprendizaje

Los LMS han evolucionado en cuatro generaciones que reflejan el avance tecnológico y la evolución de los modelos pedagógicos. La primera generación (mediados de 1990 a principios de 2000), representada por *WebCT* y primeras versiones de Blackboard, ofrecía funciones básicas de distribución de contenidos y gestión de calificaciones con una orientación pedagógica transmisiva. La segunda generación (2000-2010) incorporó herramientas colaborativas (foros, wikis, glosarios) alineadas con el aprendizaje constructivista y social. La tercera generación (2010-2020) añadió funciones móviles, integración multimedia y capacidades de analítica del aprendizaje. La cuarta generación en desarrollo integra inteligencia artificial para personalizar el aprendizaje y generar retroalimentación automatizada (Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

En la formación sanitaria, cada generación de LMS ha creado nuevas posibilidades pedagógicas. La disponibilidad de foros de discusión replicó en entornos virtuales el debate clínico que ocurría en las sesiones de presentación de casos. La integración de herramientas multimedia permitió incluir imágenes diagnósticas y videos de procedimientos en los materiales de estudio. Las funcionalidades de analítica del aprendizaje identifican patrones de

comportamiento de los estudiantes que predicen el riesgo de reprobación con semanas de anticipación, permitiendo intervenciones tempranas que aumentan las tasas de graduación, especialmente en poblaciones vulnerables.

3.1.2 Criterios pedagógicos para la evaluación de LMS

La evaluación de un LMS con criterios pedagógicos va mucho más allá de la comparación de listas de funcionalidades técnicas. Los criterios más relevantes desde una perspectiva pedagógica incluyen: la facilidad de creación de actividades de aprendizaje activo (no solo de distribución de contenidos), la calidad y profundidad de las herramientas de evaluación formativa disponibles, la robustez de las funcionalidades de colaboración y comunicación entre estudiantes, la disponibilidad y calidad de las herramientas de analítica del aprendizaje accesibles para el docente, y la capacidad de integración con sistemas externos relevantes para la formación sanitaria (simuladores clínicos, plataformas de portafolio electrónico, registros de competencias). La facilidad de uso para el docente y el estudiante, evaluada mediante pruebas de usabilidad, es también un criterio crítico que condiciona las tasas de adopción real y la calidad pedagógica del uso de la plataforma (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

El modelo SAMR (Substitución, Ampliación, Modificación y Redefinición), propuesto por Puentedura (2006), ofrece un marco útil para evaluar el potencial de un LMS para la transformación pedagógica. Un LMS que solo permite la substitución de materiales en papel por PDFs descargables opera en el nivel más bajo del modelo; uno que posibilita la redefinición de las experiencias de aprendizaje mediante actividades imposibles en entornos no digitales (simulaciones adaptativas, colaboración en tiempo real con estudiantes de otras instituciones, retroalimentación automatizada personalizada) opera en el nivel de mayor transformación. Este marco permite a los responsables de las decisiones tecnológicas evaluar no solo lo que una plataforma puede hacer, sino lo que efectivamente va a hacer diferente en términos de calidad de aprendizaje.

3.1.3 LMS de código abierto en contextos universitarios sanitarios

Los LMS de código abierto, especialmente Moodle, han penetrado significativamente en universidades de ciencias de la salud en América Latina,

gracias a su gratuidad, robustez comunitaria y amplia documentación técnica en español. Moodle, lanzado en 2002 por Martin Dougiamas, es la plataforma de e-learning más instalada, con más de 250 millones de usuarios en 2023. Su arquitectura modular permite a las instituciones adaptar la plataforma a sus necesidades mediante la instalación de *plugins* de la comunidad, incluyendo herramientas para la formación sanitaria como sistemas de gestión de portafolios clínicos y módulos de competencias basados en *CanMEDS* (Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

El carácter de código abierto de Moodle no implica que sea gratuito en costo total de propiedad. La instalación, mantenimiento, actualizaciones y personalización de Moodle requieren personal técnico especializado, cuyo costo puede igualar o superar el de una licencia de LMS propietario para grandes instituciones. Las instituciones sin infraestructura técnica pueden optar por Moodle en servicio gestionado (*MoodleCloud* o proveedores de hosting), que ofrece las ventajas del código abierto con la comodidad de un servicio externo, aunque a un costo mayor que la instalación propia. La decisión entre código abierto y propietario debe considerar no solo los costos iniciales, sino también los recurrentes de soporte, formación y actualización (Selwyn, 2011).

3.1.4 LMS propietarios: Canvas, Blackboard y plataformas emergentes

Canvas, desarrollado por *Instructure* y lanzado en 2008, ha ganado cuota de mercado en universidades de América Latina, posicionándose como alternativa moderna e intuitiva frente a Blackboard, cuyo dominio ha disminuido. Canvas se destaca por su diseño centrado en el usuario, integración con herramientas externas mediante LTI y su sistema *SpeedGrader* para evaluar tareas y proyectos. La adopción de Canvas en facultades de medicina ha sido significativa en universidades que valoran su facilidad de uso y la integración con herramientas de videoconferencia y portafolio electrónico (Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

Plataformas como *Brightspace* (D2L) y Schoology ofrecen características que las hacen atractivas para la formación sanitaria. *Brightspace* destaca por su aprendizaje adaptativo, que ajusta la secuenciación de contenidos según el rendimiento del estudiante; Schoology, por su diseño colaborativo y comunicativo.

El panorama de los LMS evoluciona, con nuevos jugadores que incorporan inteligencia artificial generativa, redefiniendo la personalización, retroalimentación y contenido dinámico para docentes y estudiantes de ciencias de la salud (Masters, 2019).

3.2 Uso de sistemas como Moodle y Canvas

Moodle y Canvas representan los dos LMS de mayor penetración en la formación sanitaria universitaria de América Latina y España. Su análisis en profundidad resulta especialmente pertinente para los docentes y gestores de programas de ciencias de la salud que deben tomar decisiones informadas sobre la implementación, configuración y uso pedagógico de estas plataformas. Más allá de las comparaciones técnicas entre ambas plataformas, lo que define la calidad del aprendizaje que producen es la manera en que los docentes las utilizan para crear experiencias de aprendizaje activo, retroalimentación formativa oportuna y comunidades de aprendizaje genuinamente colaborativas (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011; Garrison, 2017).

La investigación comparativa entre Moodle y Canvas en contextos de formación sanitaria muestra que las diferencias en los resultados de aprendizaje de los estudiantes dependen en mayor medida de la calidad del diseño pedagógico de los cursos que de las características técnicas específicas de cada plataforma. Docentes con sólidas competencias pedagógicas y digitales pueden crear experiencias de aprendizaje de alta calidad en cualquiera de las dos plataformas; docentes con menor preparación pedagógica tenderán a usar ambas plataformas de manera igualmente superficial. Esta constatación refuerza la prioridad de la formación pedagógica docente frente a la inversión en la plataforma tecnológica más sofisticada del mercado (Cuban, 2018).

3.2.1 Configuración pedagógica de Moodle para la formación clínica

La riqueza pedagógica de Moodle en la formación en ciencias de la salud radica en su capacidad para configurar actividades de aprendizaje complejas, más allá del repositorio de archivos y cuestionarios de opción múltiple. Las actividades de Taller, que permiten la evaluación entre pares con rúbricas personalizadas, son valiosas para el desarrollo del razonamiento clínico reflexivo. La Lección permite

crear secuencias de contenido con ramificaciones que reproducen árboles de decisión clínica. El módulo H5P en Moodle permite crear contenido interactivo (videos con preguntas, ejercicios de arrastrar y soltar, escenarios de ramificación) sin programación avanzada.

Las funcionalidades de analítica de Moodle, accesibles en el panel del docente y los informes de seguimiento, permiten monitorear en tiempo real la participación, el progreso y el rendimiento de cada estudiante. El plugin *Learning Analytics Enriched* Rubrics (LAe-R) añade análisis de competencias relevantes para la formación basada en competencias. Los informes de Moodle pueden configurarse para enviar alertas automáticas a los tutores cuando un estudiante supera umbrales de inactividad o bajo rendimiento, permitiendo intervenciones tempranas que mejoran las tasas de retención y graduación.

3.2.2 Canvas y el aprendizaje activo en ciencias de la salud

Canvas destaca por su interfaz limpia e intuitiva que reduce la curva de aprendizaje para docentes y estudiantes, y por su sistema de módulos que permite organizar los contenidos del curso en secuencias de aprendizaje claras y coherentes. La herramienta *SpeedGrader* facilita la corrección eficiente de tareas y proyectos, incluyendo anotaciones directamente sobre los documentos o videos entregados por los estudiantes, y la elaboración de comentarios de retroalimentación de voz o video que los estudiantes perciben como más personales y efectivos que los comentarios escritos convencionales. La integración nativa de Canvas con herramientas como Google *Workspace*, Microsoft *Teams* y aplicaciones de simulación mediante LTI permite construir entornos de aprendizaje integrados sin salir del contexto de la plataforma principal (Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

La herramienta New *Analytics* de *Canvas* proporciona datos visuales sobre el compromiso de los estudiantes (número de accesos, páginas visualizadas, participación en discusiones, calificaciones en el tiempo) que los docentes pueden utilizar para identificar estudiantes en riesgo y ajustar el diseño del curso en función de los patrones de uso observados. Los programas de formación sanitaria que han implementado *Canvas* reportan mejoras en la percepción de la

organización del curso por parte de los estudiantes y una reducción en las consultas administrativas relacionadas con la búsqueda de materiales y fechas de entrega, liberando tiempo de interacción docente-estudiante para actividades de mayor valor pedagógico como el *debriefing* clínico y la tutoría personalizada (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

3.2.3 Diseño de cursos en LMS basado en la alineación constructiva

El principio de alineación constructiva de Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011) establece que el diseño eficaz de un curso universitario requiere coherencia entre los resultados de aprendizaje, las actividades para alcanzarlos y los instrumentos de evaluación que verifican su logro. La configuración de los LMS debe reflejar esta alineación para el estudiante: cada actividad debe vincularse con los resultados de aprendizaje y los criterios de evaluación deben estar claros mediante rúbricas accesibles antes de comenzar las actividades. En la formación en ciencias de la salud, esta transparencia es clave para orientar el aprendizaje autónomo del estudiante y garantizar la equidad evaluativa.

La configuración de un LMS para la formación clínica incluye: resultados de aprendizaje claros por módulo, vinculados a competencias del programa; actividades que aplican conocimientos a situaciones clínicas reales; herramientas de autoevaluación para que el estudiante valore su dominio antes de evaluaciones sumativas; y retroalimentación formativa frecuente que orienta el estudio hacia aspectos clínicos relevantes. Este diseño requiere una inversión significativa de tiempo del docente en la creación del curso, pero produce entornos de aprendizaje de mayor calidad pedagógica que la simple digitalización de materiales (Norcini et al., 2018).

3.2.4 Gestión de grandes grupos en LMS: retos y estrategias

La gestión pedagógica de grandes grupos de estudiantes es un desafío para los docentes de ciencias de la salud en el uso de LMS. En los primeros años del pregrado médico, con cohortes de más de 200 o 300 estudiantes, generar retroalimentación personalizada para cada actividad es inviable sin las funcionalidades de automatización y gestión masiva que ofrecen los LMS modernos. Las herramientas de retroalimentación colectiva (clases de retroalimentación,

comentarios grupales sobre errores frecuentes), la evaluación entre pares con rúbricas y la retroalimentación automatizada son estrategias que mantienen la calidad formativa de la retroalimentación en grupos grandes (Boud y Molloy, 2012).

La organización de grupos en el LMS, que permite crear subgrupos con espacios de actividad, es esencial para implementar estrategias de aprendizaje colaborativo en grupos grandes. La asignación de estudiantes a grupos de trabajo estables durante el módulo o curso, con actividades de resolución colaborativa de casos clínicos, discusión de bibliografía y elaboración de productos compartidos, reproduce en el entorno virtual la dinámica de los grupos tutoriales del ABP tradicional. Los docentes de grupos virtuales deben desarrollar competencias para facilitar la discusión en línea, detectar dinámicas disfuncionales e intervenir cuando el aprendizaje colaborativo no ocurre espontáneamente (Hmelo-Silver, 2004).

3.3 Aplicaciones colaborativas como Microsoft Teams

Las plataformas de colaboración y comunicación como Microsoft *Teams*, Google *Workspace for Education* y Slack han encontrado un espacio significativo en los ecosistemas digitales de las facultades de ciencias de la salud, especialmente a partir de la pandemia de COVID-19, que aceleró su adopción para la comunicación institucional, las sesiones docentes sincrónicas y el trabajo colaborativo en grupos de estudiantes. A diferencia de los LMS, que están diseñados para la gestión estructurada del aprendizaje, estas plataformas de colaboración priorizan la comunicación fluida, el trabajo en equipo en tiempo real y la integración de múltiples herramientas de productividad en un espacio digital unificado (Cope y Kalantzis, 2017).

La integración de herramientas de colaboración como Microsoft *Teams* con los LMS institucionales crea ecosistemas digitales complementarios que aprovechan las fortalezas de cada plataforma: el LMS para la organización estructurada del aprendizaje y la gestión de la evaluación, y la plataforma de colaboración para la comunicación en tiempo real, el trabajo colaborativo informal y las reuniones clínicas virtuales. Esta integración, cuando está bien diseñada, reduce la fragmentación del ecosistema digital y mejora la experiencia del usuario,

aunque requiere una gestión cuidadosa de los flujos de trabajo para evitar la duplicación de comunicaciones y la confusión sobre qué plataforma usar para cada tipo de actividad.

3.3.1 Microsoft Teams en la formación sanitaria: funcionalidades

Microsoft *Teams*, parte de Microsoft 365, ofrece funcionalidades para la formación en ciencias de la salud. Los canales de equipo organizan la comunicación y colaboración por grupos (cohortes, equipos de trabajo, rotaciones clínicas, investigación) con espacios de archivos, aplicaciones y conversaciones. Las videoconferencias permiten reuniones de hasta 1.000 participantes con sala de espera, salas de descanso, pizarra colaborativa, grabación automática y transcripción en tiempo real. La integración con Office 365 (Word, Excel, PowerPoint, OneNote) permite la coedición de documentos clínicos y educativos en *Teams* (Garrison, 2017).

Teams Clinic, orientado a contextos sanitarios, permite gestionar consultas de telemedicina y supervisión clínica remota, con aplicaciones formativas en programas de tele-atención. Las salas de *breakout* de *Teams* son valiosas para el aprendizaje basado en equipos (TBL) y cooperativo en sesiones grandes: el docente puede enviar grupos a salas virtuales para trabajar un problema clínico, supervisar el proceso y reunirlos para compartir resultados. Esta dinámica replica en el entorno virtual el aula invertida tradicional.

3.3.2 Comunicación asíncrona y síncrona en la formación clínica

La formación en ciencias de la salud requiere comunicación asíncrona (estudio autónomo y elaboración de productos de aprendizaje) y comunicación síncrona (*debriefing post-simulación*, retroalimentación clínica, reuniones interprofesionales y guardias virtuales). El diseño pedagógico de programas híbridos debe definir qué objetivos de aprendizaje se logran mejor con actividades sincrónicas y cuáles con asincrónicas, y elegir las herramientas tecnológicas adecuadas para cada interacción. La sobreutilización de la comunicación síncrona en entornos virtuales puede causar fatiga digital y disminuir los beneficios de flexibilidad de los modelos híbridos (Reimers, 2022; Garrison, 2017).

Las herramientas de comunicación asíncrona más usadas en la formación sanitaria son los foros de discusión de LMS (debates sobre casos clínicos y literatura científica), los tableros de *Teams* o Slack (comunicación informal rápida) y las herramientas de anotación colaborativa como *Hypothesis* (lectura crítica anotada de literatura científica). La elección de herramientas debe basarse en el propósito comunicativo: los foros del LMS favorecen la reflexión y quedan registrados en el contexto formativo; los mensajeros instantáneos permiten comunicación rápida, pero pueden generar ruido informativo y problemas de límites entre formación y tiempo personal sin normas claras.

3.3.3 Espacios virtuales de práctica clínica colaborativa

Los espacios virtuales de práctica clínica colaborativa, donde equipos de estudiantes de distintas disciplinas sanitarias abordan casos clínicos complejos en plataformas de colaboración, son una innovación pedagógica con alto potencial para desarrollar competencias interprofesionales. Estos espacios, mediante plataformas de videoconferencia, documentos compartidos y herramientas de gestión, replican en el entorno virtual la dinámica de la ronda médica multiprofesional o del comité de tumores, experiencias de aprendizaje colaborativo valiosas y difíciles de organizar presencialmente para grupos grandes de estudiantes. Los programas de formación interprofesional han comenzado a incorporar dinámicas virtuales como complemento o sustituto parcial de las experiencias presenciales de trabajo colaborativo (Johnson y Johnson, 2009; OMS, 2021).

La efectividad pedagógica de los espacios virtuales de práctica clínica colaborativa depende de la complejidad de la tarea colaborativa, que debe integrar perspectivas de múltiples disciplinas, y del rol del docente, que debe guiar las dinámicas de grupo hacia la integración de las distintas perspectivas profesionales. La investigación sobre aprendizaje colaborativo mediado por tecnología (CSCL) indica que la calidad del aprendizaje está correlacionada con el diseño de la tarea colaborativa y la competencia del docente para facilitar la interdependencia positiva en el equipo. Las herramientas tecnológicas son

necesarias, pero el diseño pedagógico es el factor determinante (Hmelo-Silver, 2004; Johnson y Johnson, 2009).

3.3.4 Integración de Teams y LMS en un ecosistema educativo coherente

La integración de Microsoft *Teams* con Moodle o *Canvas* mediante LTI y APIs permite flujos de trabajo educativos donde los estudiantes acceden a *Teams* desde el LMS, las grabaciones se vinculan a los recursos del curso y las calificaciones de *Teams* se sincronizan con el libro de calificaciones del LMS. Esta integración reduce la fricción y mejora la coherencia de la experiencia del usuario, pero requiere configuración técnica y mantenimiento continuo, lo que puede ser una carga para los departamentos de tecnología de instituciones pequeñas. La evaluación de esta integración debe considerar el beneficio pedagógico frente al costo de implementación y mantenimiento.

El diseño del ecosistema digital educativo de una facultad de ciencias de la salud debe basarse en los objetivos de aprendizaje y procesos pedagógicos, y luego seleccionar las herramientas que los apoyen. El error más frecuente es la lógica inversa: adoptar plataformas de moda y adaptar los procesos pedagógicos a sus características. Un ecosistema digital bien diseñado para la formación sanitaria tiene herramientas con propósitos pedagógicos claros y diferenciados, que se comunican fluidamente para crear una experiencia de aprendizaje coherente. Este diseño ecosistémico requiere una visión estratégica que integre perspectivas tecnológicas, pedagógicas e institucionales (Cope y Kalantzis, 2017; Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

3.4 Herramientas de evaluación interactiva

Las herramientas de evaluación interactiva han transformado la naturaleza de la evaluación formativa en los contextos de formación sanitaria, permitiendo pasar de un modelo de evaluación puntual y unidireccional a un modelo de evaluación continua, participativa y orientada al aprendizaje. ¡Plataformas como *Kahoot*!, Mentimeter, *Socrative*, Poll *Everywhere* y *Wooclap* permiten al docente incorporar evaluación formativa en tiempo real durante las sesiones presenciales y virtuales, obteniendo información inmediata sobre el nivel de comprensión del grupo y ajustando la enseñanza de manera dinámica en función de los resultados.

Esta capacidad de respuesta en tiempo real es especialmente valiosa en las ciencias de la salud, donde la detección temprana de conceptos erróneos puede tener consecuencias sobre la seguridad del paciente si no se corrigen oportunamente (Norcini et al., 2018).

Más allá de las herramientas de evaluación en tiempo real, el ecosistema de evaluación interactiva incluye sistemas de examinación más sofisticados, como los sistemas de banco de ítems (*Question Banks*), los sistemas de OSCE digital y las plataformas de evaluación de portafolios. La selección adecuada de herramientas de evaluación interactiva requiere considerar no solo las funcionalidades técnicas disponibles sino también la validez y la confiabilidad de las evaluaciones que producen, la eficiencia del tiempo docente invertido en su configuración y corrección, y el impacto sobre la experiencia de aprendizaje y el bienestar del estudiante.

3.4.1 Herramientas de respuesta en tiempo real en la enseñanza clínica

Las herramientas de respuesta en tiempo real (¡*Kahoot!, Mentimeter, Poll Everywhere*) permiten al docente hacer preguntas durante la sesión que los estudiantes responden simultáneamente desde sus dispositivos móviles, generando resultados instantáneos que se visualizan en pantalla y se discuten colectivamente. En las sesiones de ciencias biomédicas (fisiología, farmacología, microbiología), estas herramientas pueden usarse para identificar conceptos erróneos (*pre-testing*), verificar la comprensión (*checking for understanding*) y consolidar puntos esenciales al cierre (*exit ticket*). ¡La gamificación de herramientas como *Kahoot*! aumenta la participación, especialmente en grupos grandes con escasa participación verbal.

Las herramientas de respuesta en tiempo real en la enseñanza clínica tienen aplicaciones pedagógicas valiosas. La presentación de viñetas clínicas con opciones de diagnóstico o tratamiento, seguida de la discusión grupal, reproduce en el entorno digital la dinámica del método socrático, activando el razonamiento diagnóstico de todos los estudiantes simultáneamente. Los datos de respuestas pueden servir como punto de partida para discusiones clínicas sobre diagnósticos diferenciales y criterios para discriminarlos. La anonimidad en herramientas como

Mentimeter reduce la inhibición de los estudiantes ante el miedo al error, especialmente en los primeros años de formación clínica.

3.4.2 Plataformas de evaluación y examinación en línea

Las plataformas de examinación en línea, como *ExamSoft, ProctorU, Respondus* y los módulos de LMS, son cada vez más relevantes para la evaluación sumativa en ciencias de la salud, especialmente tras la pandemia de COVID-19, que obligó a muchas instituciones a implementar exámenes en línea con *proctoring* remoto rápidamente. La validez y confiabilidad de los exámenes en línea comparados con los de papel dependen de varios factores: calidad del banco de ítems, efectividad de las medidas antiplagio y antiprocura, estabilidad de la conectividad de los estudiantes y percepción de equidad del proceso evaluativo (Norcini et al., 2018).

El *proctoring* remoto, donde un sistema de IA o un supervisor humano monitorea al estudiante durante el examen por cámara web, plantea dilemas éticos sobre privacidad e intrusión en el hogar, generando controversias en contextos universitarios. La investigación sobre la efectividad del *proctoring* remoto para prevenir el fraude académico muestra resultados mixtos. Los sistemas más sofisticados reducen algunos comportamientos fraudulentos, pero no eliminan el problema y generan costos significativos en ansiedad estudiantil y desconfianza institucional. Estas consideraciones han llevado a facultades de ciencias de la salud a explorar alternativas al examen tradicional más resistentes al fraude, como evaluaciones de respuesta construida, proyectos auténticos y evaluaciones de desempeño en simulación (Selwyn, 2011).

3.4.3 Sistemas de banco de ítems y análisis de reactivos

Los sistemas de banco de ítems (*Item Banking Systems*) son herramientas para gestionar colecciones de ítems de evaluación validados, que permiten a los coordinadores construir exámenes de alta calidad psicométrica mediante la selección sistemática de preguntas con características estadísticas documentadas. El análisis de reactivos calcula indicadores como la dificultad (p), el poder discriminativo (D) y el coeficiente de correlación punto-biserial, identificando los ítems de mayor valor diagnóstico para la evaluación del dominio específico. Los

sistemas de banco de ítems en plataformas como *ExamSoft*, *ExamMaster* o *ItemLogic* facilitan la construcción y revisión de bancos de preguntas, distribuyendo la carga entre docentes y asegurando la actualización continua del banco según el conocimiento clínico (Norcini et al., 2018).

La construcción y mantenimiento de bancos de ítems de calidad para la formación en ciencias de la salud requieren invertir en la formación docente en principios de construcción de ítems de opción múltiple. Los errores frecuentes en la construcción de ítems son: ambigüedad del enunciado, opciones de respuesta con diferente longitud o complejidad gramatical que revelan la respuesta correcta, ítems triviales que no evalúan razonamiento clínico, y preguntas que generan controversia entre expertos. La formación docente en ítems, junto con revisiones sistemáticas por comités de expertos, es la inversión más coste-efectiva para mejorar la calidad de los exámenes en programas de formación sanitaria.

3.4.4 Evaluación adaptativa y personalización

Los sistemas de evaluación adaptativa (CAT) ajustan dinámicamente la selección de ítems según el rendimiento del examinado, presentando ítems más difíciles al responder correctamente y más fáciles al fallar. Este mecanismo permite estimar con mayor precisión el nivel de competencia del estudiante con menos ítems que los exámenes fijos, reduciendo el tiempo y la fatiga del examinado. El USMLE Step 1, el examen de certificación médica más reconocido utiliza desde 2023 un formato de evaluación adaptativa computerizada, estableciendo un nuevo estándar que otras agencias están considerando adoptar (Norcini et al., 2018).

La evaluación adaptativa en programas de pregrado de ciencias de la salud requiere bancos de ítems grandes y bien calibrados, y algoritmos que equilibren la maximización de la información estadística con la cobertura del contenido evaluado. La inversión inicial en bancos de ítems calibrados es alta, pero los beneficios en precisión, reducción del tiempo de examen y posibilidad de exámenes más frecuentes justifican este esfuerzo en programas a gran escala. Los sistemas de evaluación adaptativa tienen aplicaciones formativas, como los

quizzing adaptativo que ajustan el contenido de los cuestionarios al perfil de conocimiento del estudiante, optimizando el tiempo de estudio autónomo.

3.4.5 Retroalimentación automatizada y aprendizaje basado en la evaluación

La evaluación orientada al aprendizaje (*Assessment for Learning*) ve el proceso evaluativo como una oportunidad de aprendizaje, no solo como un mecanismo de acreditación de competencias. Las herramientas digitales de evaluación interactiva permiten implementar este principio a gran escala, generando retroalimentación inmediata y detallada sobre cada respuesta, explicando el razonamiento correcto, identificando errores y sugiriendo recursos de estudio complementarios. La retroalimentación evaluativa de alta calidad, difícil de ofrecer manualmente a grandes grupos, es una de las contribuciones más importantes de la tecnología a la equidad del aprendizaje en la formación sanitaria.

Los sistemas de repetición espaciada, como *Anki* y sus equivalentes en plataformas de formación sanitaria, combinan evaluación adaptativa y psicología del aprendizaje para optimizar la consolidación del conocimiento clínico a largo plazo. Basados en el efecto de espaciado de Ebbinghaus, estos sistemas presentan contenidos en intervalos crecientes que optimizan la revisión y combaten el olvido. Los estudiantes de ciencias de la salud que usan *Anki* para estudiar anatomía, farmacología y semiología documentan mejoras en la retención a largo plazo del conocimiento clínico con menos tiempo de estudio que los métodos tradicionales.

3.5 Plataformas de simulación clínica digital

Las plataformas de simulación clínica digital son un componente especializado y valioso en las herramientas educativas para ciencias de la salud. A diferencia de los LMS generalistas, estas plataformas están diseñadas para la creación, gestión y evaluación de simulaciones clínicas virtuales, enfocándose en el razonamiento diagnóstico, la toma de decisiones terapéuticas y la gestión de situaciones clínicas complejas en entornos digitales que reproducen la práctica clínica real. La investigación sobre su efectividad en el desarrollo de competencias clínicas documenta resultados positivos, especialmente cuando se integran en el

currículo y se acompañan de retroalimentación sistemática (Cook y West, 2013; McGaghie et al., 2014).

El panorama actual de las plataformas de simulación clínica digital es heterogéneo en cobertura, sofisticación, acceso y precio. Las plataformas más reconocidas en la formación médica internacional incluyen sistemas para medicina general e interna (*Body Interact, i-Human Patients, DxR Clinician*), enfermería (*Laerdal Medical Simon, vSim for Nursing*), urgencias y medicina crítica (*CriticalPoint, TeamSTEPPS simulators*) y formación en procedimientos quirúrgicos (*Fundamentals of Laparoscopic Surgery, Surgical Science simulators*).

3.5.1 Body Interact y pacientes virtuales en medicina

Body *Interact* es una plataforma de simulación clínica con pacientes virtuales 3D que responden en tiempo real a las decisiones del estudiante. El sistema modela las interacciones entre variables fisiológicas (frecuencia cardíaca, presión arterial, saturación de oxígeno, temperatura, respuesta farmacológica) para que las decisiones diagnósticas y terapéuticas del estudiante se reflejen realísticamente en el estado del paciente virtual. El estudiante interactúa con el paciente en lenguaje natural simplificado, solicita exploraciones, prescribe tratamientos y observa la evolución clínica según sus decisiones. Los estudios de validación de Body *Interact* muestran buena correlación entre el desempeño en la plataforma y en la práctica clínica evaluada por supervisores (Dent et al., 2021).

La plataforma Body *Interact*, de la empresa portuguesa Portugal *TECHNOlogy*, tiene una biblioteca de casos que abarca las principales especialidades médicas: medicina interna, urgencias, cardiología, neumología, neurología, pediatría y ginecología. La creación de casos personalizados permite a los docentes adaptar escenarios a su curriculum y a los perfiles epidemiológicos de sus comunidades. La integración de Body *Interact* con LMS mediante LTI permite registrar automáticamente el desempeño de los estudiantes en el libro de calificaciones y en los sistemas de seguimiento de competencias clínicas.

3.5.2 Plataformas de enfermería virtual y cuidados críticos

El ecosistema de simulación digital en la formación de enfermería ha crecido significativamente, con plataformas como *vSim for Nursing, Shadow Health y*

Clinical Odyssey, que ofrecen escenarios de simulación para el desarrollo de competencias en enfermería fundamental, médico-quirúrgica, cuidados intensivos, salud comunitaria y pediátrica. Estas plataformas son valiosas en programas de formación de enfermería con estudiantes que trabajan, ya que permiten practicar habilidades clínicas asíncronamente y recibir retroalimentación inmediata sobre sus decisiones de cuidado (Barteit et al., 2021).

vSim for Nursing ofrece escenarios basados en las competencias de NCSBN y AACN, con pacientes virtuales que evolucionan según las intervenciones del estudiante y brindan retroalimentación sobre las acciones realizadas, incluyendo cuándo solicitar ayuda, errores en procedimientos y priorización de intervenciones. Los estudios de satisfacción y efectividad de *vSim* indican que los estudiantes que completan los escenarios de simulación digital antes de las prácticas clínicas muestran mayor confianza y cometen menos errores en su primera semana de práctica clínica supervisada (McGaghie et al., 2014).

3.5.3 Simuladores procedimentales y cirugía virtual

Las plataformas de simulación de procedimientos clínicos y quirúrgicos son el extremo más avanzado del ecosistema de simulación digital para la formación sanitaria. Sistemas como *Surgical Science Laparo Mentor, 3D Systems Touch Surgery y da Vinci Skills Simulator* ofrecen entornos de práctica de cirugía laparoscópica, robótica y endoscópica con alta fidelidad háptica y visual, permitiendo el desarrollo de habilidades motoras finas para cirugía mínimamente invasiva. Los programas de residencia en cirugía han incorporado simuladores procedimentales como requisito previo a las rotaciones quirúrgicas, reduciendo la curva de aprendizaje y las complicaciones en los primeros procedimientos de los residentes (Barteit et al., 2021).

Los simuladores de procedimientos médicos no quirúrgicos, como punción lumbar, canalización de vías centrales, intubación orotraqueal, broncoscopia y colonoscopia, han alcanzado niveles de fidelidad adecuados para el entrenamiento efectivo de estas habilidades complejas. La investigación sobre la validez predictiva de estos simuladores muestra correlaciones aceptables para la mayoría de los sistemas validados, especialmente en procedimientos con componente

háptico significativo, donde la retroalimentación táctil del simulador se asemeja a la del tejido real. El uso de simuladores ha reducido las complicaciones en la canalización de catéteres venosos centrales en unidades de cuidados intensivos de hospitales con programas de formación en simulación (Cook y West, 2013).

3.5.4 Plataformas de realidad aumentada y virtual para anatomía

Las plataformas de anatomía en realidad aumentada y virtual han transformado la enseñanza de esta disciplina de las ciencias de la salud, que antes dependía de la disección de cadáveres y de láminas anatómicas en libros y atlas. Plataformas como Complete *Anatomy, Visible Body, BioDigital Human y HoloAnatomy* permiten a los estudiantes explorar en 3D las estructuras anatómicas del cuerpo humano, visualizando sus relaciones, variaciones y correlaciones clínicas de forma que los medios didácticos tradicionales no pueden. La disponibilidad de estas plataformas en dispositivos móviles de bajo costo hace la anatomía tridimensional accesible a estudiantes de instituciones sin laboratorios de disección o presupuesto para impresoras 3D anatómicas (Barteit et al., 2021; Mayer, 2002).

Los estudios comparativos entre la enseñanza de anatomía con realidad aumentada y métodos tradicionales muestran resultados favorables a los entornos digitales en rendimiento en pruebas de identificación de estructuras, percepción de utilidad y tiempo para alcanzar el dominio. Algunos autores señalan que la disección cadavérica ofrece aprendizajes que van más allá del conocimiento anatómico: el encuentro con la muerte, el respeto hacia el cuerpo humano y la competencia en el manejo de tejidos reales son experiencias formativas que las plataformas digitales no pueden reproducir y que son valiosas en el currículo de las profesiones sanitarias.

3.5.5 Selección e implementación de plataformas de simulación digital

La selección de plataformas de simulación clínica digital para un programa formativo debe basarse en criterios pedagógicos, técnicos e institucionales definidos. Los criterios pedagógicos relevantes son: alineación con los objetivos de aprendizaje y competencias del programa, calidad pedagógica y fidelidad clínica de los escenarios, capacidad de la plataforma para ofrecer retroalimentación

formativa de alta calidad, y evidencia publicada sobre su efectividad en contextos similares. Criterios técnicos: compatibilidad con dispositivos y sistemas operativos de la institución, facilidad de integración con el LMS y solidez del soporte técnico del proveedor (Cook y West, 2013).

La implementación de plataformas de simulación digital requiere planificación que aborde la instalación técnica, la formación docente en su uso pedagógico, la integración de actividades de simulación en el currículo y el diseño de procesos de evaluación y retroalimentación. Sin planificación pedagógica, el uso de plataformas de simulación digital puede ser ocasional y superficial, sin aprovechar su potencial formativo. La evaluación sistemática de la efectividad de las plataformas, mediante indicadores definidos y métodos de recogida de datos estandarizados, permite la mejora continua del programa de simulación (McGaghie et al., 2014).

3.6 Integración de repositorios de recursos educativos abiertos

Los Recursos Educativos Abiertos (REA), según la UNESCO (2019), son materiales de enseñanza, aprendizaje e investigación, digitales o no, en dominio público o con licencia abierta, que transforman el ecosistema de materiales educativos en ciencias de la salud. La disponibilidad de miles de recursos pedagógicos de alta calidad (guías clínicas, casos clínicos, videos, simulaciones, libros de texto) de acceso libre democratiza el acceso a materiales formativos, reduciendo inequidades entre instituciones con diferentes recursos presupuestarios (UNESCO, 2019).

La integración de los REA en programas de formación sanitaria requiere competencias en búsqueda, evaluación, curaduría y adaptación de recursos que los docentes deben desarrollar. No todos los REA en Internet cumplen criterios de calidad pedagógica y rigor científico; identificar y seleccionar los de mayor calidad es una competencia docente crítica en la era digital. Los repositorios especializados en ciencias de la salud, que aplican revisión editorial y evaluación de calidad, son una alternativa más fiable a la búsqueda libre en Internet.

3.6.1 Repositorios internacionales de referencia en ciencias de la salud

El ecosistema de repositorios de REA para la formación sanitaria incluye recursos diversos. MedEdPORTAL, de la AAMC, aloja más de 5.000 materiales docentes revisados por pares en formación médica y ciencias de la salud, accesibles gratuitamente y con licencias Creative Commons para adaptación. HEAL (*Health Education Assets Library*) ofrece recursos multimedia de calidad para la enseñanza de ciencias biomédicas. La Red Panamericana de Información en Salud (BIREME) ofrece acceso a repositorios de literatura científica y materiales educativos en español y portugués relevantes para la formación sanitaria en América Latina.

SciELO (*Scientific Electronic Library Online*), coordinado por BIREME y FAPESP, es el principal repositorio de publicaciones científicas en América Latina y España, con acceso abierto a miles de artículos de investigación en ciencias de la salud. La disponibilidad gratuita de esta literatura científica impacta la formación basada en evidencia: estudiantes y docentes de universidades latinoamericanas con presupuestos limitados pueden acceder a través de SciELO a investigaciones relevantes para sus contextos epidemiológicos y sanitarios, útiles para su práctica clínica futura. La integración de SciELO y otras bases de datos de acceso abierto en programas de alfabetización informacional en ciencias de la salud contribuye al desarrollo de la competencia en búsqueda y evaluación crítica de la evidencia clínica.

3.6.2 Licencias Creative Commons y uso legal de recursos educativos

Las licencias Creative Commons permiten la reutilización, redistribución y adaptación legal de los REA con condiciones claras. Las seis licencias Creative Commons combinan permisos y restricciones sobre uso comercial (CC BY, CC BY-SA, CC BY-ND, CC BY-NC, CC BY-NC-SA, CC BY-NC-ND), desde la más permisiva (solo atribución al autor) hasta la más restrictiva (solo uso no comercial, sin adaptaciones). Los docentes que usan o adaptan REA deben verificar la licencia de cada recurso, atribuir correctamente al autor y respetar las restricciones (UNESCO, 2019).

La creación de materiales educativos por docentes de ciencias de la salud y su liberación bajo licencias Creative Commons enriquece el ecosistema global de REA, especialmente en la formación sanitaria en Latinoamérica, donde los recursos en español o portugués con pertinencia epidemiológica son menos abundantes que en inglés. Las instituciones pueden estimular esta contribución reconociendo la producción de REA como mérito académico y ofreciendo apoyo técnico y pedagógico para crear materiales educativos digitales de calidad. La adopción de licencias Creative Commons por defecto para materiales educativos financiados públicamente es una política que algunas universidades latinoamericanas están implementando, alineada con los principios de ciencia abierta de la UNESCO (UNESCO, 2019; UNESCO, 2022).

3.6.3 Evaluación de la calidad de los REA para la formación sanitaria

La evaluación de la calidad de los REA para su integración en programas de formación sanitaria requiere criterios específicos más allá de la legibilidad y presentación visual. Los criterios relevantes desde una perspectiva pedagógica y clínica son: exactitud científica del contenido, evaluada por expertos; actualización de la información en disciplinas de rápido cambio (farmacología, oncología, cardiología); coherencia con guías de práctica clínica basadas en evidencia; claridad y precisión del lenguaje técnico; accesibilidad del diseño para usuarios con distintas capacidades; y adecuación del nivel de complejidad al perfil del estudiante (UNESCO, 2019).

Los instrumentos de evaluación de calidad de materiales educativos digitales, como LORI (*Learning Object Review Instrument*) y la rúbrica de *Quality Matters*, ofrecen marcos para evaluar REA que los docentes pueden adaptar a sus disciplinas sanitarias. La evaluación colaborativa de REA por grupos de docentes, que triangula perspectivas de diversas experiencias clínicas y pedagógicas, genera evaluaciones más equilibradas y confiables que las individuales. Los repositorios de REA más rigurosos, como MedEdPORTAL de AAMC, revisan los materiales por pares antes de su publicación, garantizando así una calidad superior a la de repositorios no revisados.

3.6.4 Creación de repositorios institucionales de recursos educativos

La creación de repositorios institucionales de materiales educativos en facultades de ciencias de la salud centraliza recursos de docentes, facilita su búsqueda y reutilización, y construye un patrimonio educativo institucional de valor creciente. Los repositorios institucionales modernos, basados en plataformas como *DSpace* u Omeka, incluyen funciones de catalogación por metadatos estándar (Dublin Core, IEEE LOM), búsqueda y filtrado por disciplina, nivel educativo y tipo de recurso, y herramientas de seguimiento del uso de materiales. La integración del repositorio institucional con el LMS permite incorporar recursos en los cursos sin duplicar archivos, reduciendo problemas de control de versiones y actualización de materiales.

El éxito de los repositorios de REA depende de la disposición de los docentes a compartir sus materiales. Las barreras más comunes para el depósito son: preocupaciones sobre derechos de propiedad intelectual, temor a que los materiales sean usados sin atribución o modificados, percepción de que no tienen suficiente calidad para compartirse, y falta de incentivos institucionales claros para contribuir al repositorio. Superar estas barreras requiere políticas claras sobre derechos de autor de materiales educativos, sistemas de licenciamiento que protejan a los autores y mecanismos de reconocimiento para docentes que contribuyen al repositorio.

3.7 Criterios para la selección de herramientas tecnológicas

La selección de herramientas tecnológicas para programas de formación en ciencias de la salud impacta la calidad del aprendizaje y genera altos costos institucionales, financieros y de tiempo docente. Una selección inadecuada genera gasto ineficiente, saturación tecnológica, fragmentación digital, resistencia docente y deterioro del aprendizaje. Contar con un marco sistemático de criterios de selección, basado en evidencia pedagógica y adaptado a cada contexto institucional, es esencial para la gestión académica (Selwyn, 2011; Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

Los criterios de selección de herramientas tecnológicas para la formación sanitaria deben considerar dimensiones pedagógicas (¿contribuye a los objetivos

de aprendizaje?), técnicas (¿funciona en la infraestructura disponible?), económicas (¿es sostenible el costo total?), éticas (¿respeta la privacidad y derechos de los usuarios?) y organizacionales (¿puede implementarse con los recursos humanos disponibles?). La evaluación sistemática de cada herramienta en estas cinco dimensiones, mediante un proceso participativo con docentes, estudiantes, técnicos y gestores, reduce el riesgo de adopciones inadecuadas y aumenta las probabilidades de una implementación exitosa y sostenible.

3.7.1 El modelo SAMR como marco de evaluación pedagógica

El modelo SAMR (Sustitución, Ampliación, Modificación y Redefinición) de Puentedura (2006) evalúa la transformación pedagógica de una herramienta tecnológica. En el nivel de Substitución, la tecnología reemplaza una herramienta análoga sin cambios funcionales (por ejemplo, el PDF que sustituye la fotocopia del libro). En el nivel de Ampliación, la tecnología mejora funcionalmente sin cambio pedagógico (PDF con hipervínculos). En el nivel de Modificación, la tecnología permite rediseñar significativamente las tareas de aprendizaje (documento compartido para coedición de notas clínicas). En el nivel de Redefinición, la tecnología permite crear tareas de aprendizaje nuevas, imposibles sin ella (el paciente virtual de IA que responde en tiempo real a las decisiones del estudiante). Las herramientas en Modificación y Redefinición tienen el mayor potencial para transformar la calidad del aprendizaje.

El modelo SAMR en la selección de herramientas para la formación sanitaria ayuda a identificar cuáles justifican la inversión de recursos y cuáles son sustituciones de bajo valor pedagógico. El nivel SAMR de una herramienta no es intrínseco, sino que depende de cómo el docente la utiliza pedagógicamente. La herramienta puede usarse en Substitución o Redefinición según el diseño de la actividad de aprendizaje. La formación docente en el diseño pedagógico SAMR es esencial para seleccionar e implementar herramientas tecnológicas (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

3.7.2 Evaluación del costo total de propiedad

El costo total de propiedad (TCO) de una herramienta tecnológica educativa incluye costos directos (licencias, hardware, conectividad) y costos indirectos

(formación docente, soporte técnico, tiempo de configuración, actualización periódica, migración eventual a nuevas plataformas) que con frecuencia superan los costos directos y que deben ser considerados en la evaluación de la sostenibilidad financiera de la adopción. Una herramienta de costo inicial bajo puede resultar mucho más cara que una alternativa de costo inicial más alto si los costos de soporte, actualización y formación son significativamente mayores. La comparación de costos totales de propiedad entre alternativas es especialmente relevante en contextos universitarios con presupuestos limitados, donde la sostenibilidad financiera a largo plazo es un criterio tanto o más importante que la calidad técnica de la herramienta en el corto plazo (Selwyn, 2011).

Además de los costos económicos, el TCO debe incluir los costos en tiempo docente y estudiantil. Una plataforma que requiere muchas horas de configuración y mantenimiento por parte del docente puede desplazar tiempo que podría invertirse en la mejora del diseño pedagógico o en la retroalimentación a los estudiantes. Una plataforma con una interfaz poco intuitiva que genera muchas consultas de soporte por parte de los estudiantes tiene un costo en tiempo estudiantil que puede contrarrestar sus beneficios pedagógicos. La evaluación del costo en tiempo, tan relevante como el costo económico, se realiza mejor mediante pruebas piloto controladas en las que se miden tanto los beneficios pedagógicos como las demandas de tiempo de todos los actores involucrados antes de comprometer la adopción a escala institucional.

3.7.3 Accesibilidad, inclusión y equidad en la selección de herramientas

Los criterios de accesibilidad e inclusión deben ser centrales en la selección de herramientas tecnológicas para la formación sanitaria, no como consideraciones secundarias, sino como requisitos no negociables desde el inicio. Una herramienta que no cumple los estándares de accesibilidad WCAG 2.1 excluye a estudiantes con discapacidad visual, auditiva o motora, vulnerando su derecho a la educación en igualdad. Una plataforma que requiere altos anchos de banda de Internet excluye a estudiantes de zonas con conectividad limitada, reproduciendo inequidades territoriales en el acceso a educación de calidad (UNESCO, 2022; CEPAL, 2022).

La evaluación de la equidad de una herramienta tecnológica debe considerar la accesibilidad técnica, cultural y lingüística. Las herramientas en inglés limitan el acceso y la participación de estudiantes hispanohablantes, introduciendo sesgos culturales inadecuados para los contextos clínicos de América Latina. La preferencia por herramientas en español, con contenido adaptado a los perfiles epidemiológicos y culturales latinoamericanos, contribuye a la pertinencia y equidad de la formación sanitaria en la región.

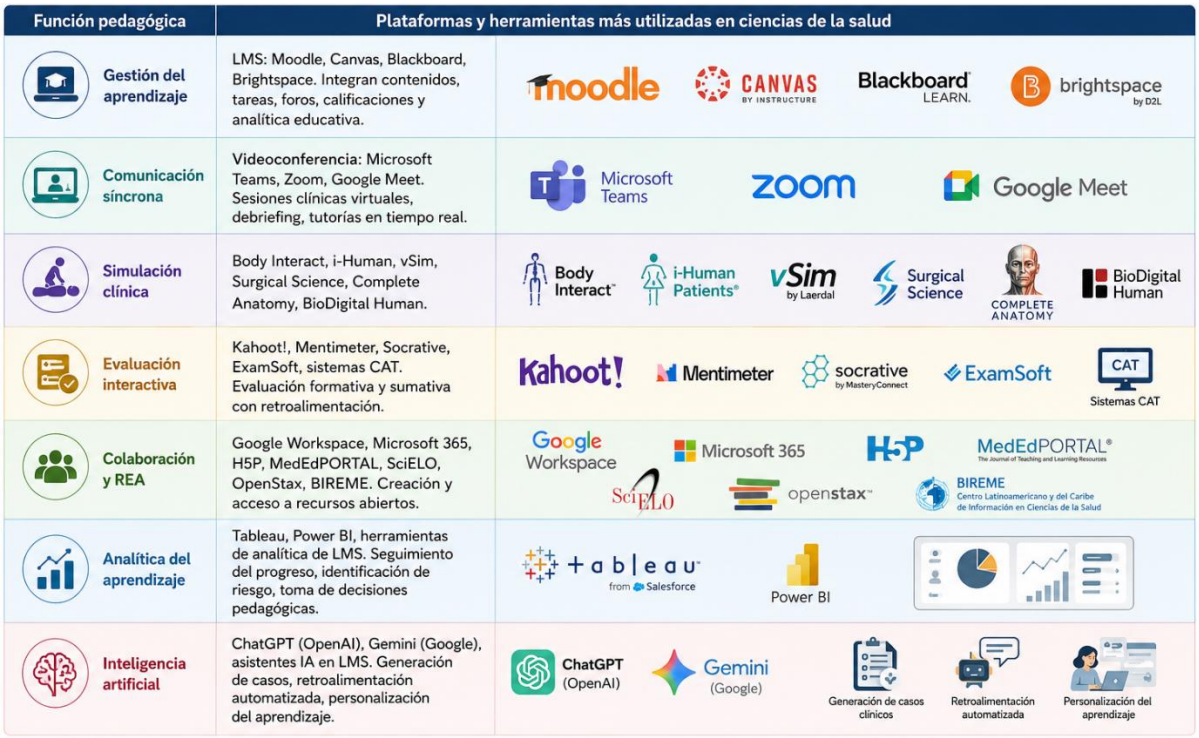
3.7.4 Evaluación y mejora continua del ecosistema tecnológico

La evaluación continua del ecosistema de herramientas tecnológicas permite mejorar la calidad del entorno digital educativo. La evaluación debe realizarse a distintos niveles: satisfacción y experiencia de uso de docentes y estudiantes (encuestas, grupos focales y análisis de tickets de soporte), impacto pedagógico de las herramientas en resultados de aprendizaje (comparación de indicadores de desempeño antes y después de la adopción) y sostenibilidad técnica y económica (seguimiento del costo total de propiedad real versus estimado). Los resultados de estas evaluaciones deben retroalimentar continuamente las decisiones de mantenimiento, actualización o sustitución de las herramientas del ecosistema (Norcini et al., 2018; Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

La participación estudiantil en la evaluación del ecosistema tecnológico es un principio de gestión académica con implicaciones prácticas. Los estudiantes son los usuarios más intensivos del ecosistema digital educativo y tienen información sobre las dificultades de uso, funcionalidades útiles y necesidades pedagógicas no satisfechas que docentes y técnicos pueden no percibir. Los comités de estudiantes, grupos focales y encuestas de experiencia de usuario son mecanismos de participación que, al articularse con procesos de toma de decisiones tecnológicas, contribuyen a un ecosistema digital más pertinente y efectivo para el aprendizaje.

Figura 3.1.

Mapa del ecosistema de plataformas digitales para la formación



Nota. Clasificación funcional del ecosistema digital educativo utilizado en la formación sanitaria. Fuente: Elaboración propia con base en Zawacki-Richter y Latchem (2018), Selwyn (2011), McGaghie et al. (2014) y UNESCO (2023).

REFERENCIAS

Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F., & Beiersmann, C. (2021). Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review. *JMIR Serious Games, 9*(3), e29080. https://doi.org/10.2196/29080

Biggs, J., Tang, C., & Kennedy, G. (2011). *Teaching for quality learning at university* (5.ª ed.). Open University Press.

Boud, D., & Molloy, E. (2012). What is the problem with feedback? In D. Boud & E. Molloy (Eds.), *Feedback in higher and professional education: Understanding it and doing it well* (pp. 1–10). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203074336

Cook, D. A., & West, C. P. (2013). Perspective: Reconsidering the focus on "outcomes research" in medical education: A cautionary note. *Academic Medicine, 88*(2), 162–167. https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e31827c3d78

Cope, B., & Kalantzis, M. (Eds.). (2017). *E-learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315639215

Cuban, L. (2018). *The flight of a butterfly or the path of a bullet? Using technology to transform teaching and learning*. Harvard Education Press.

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6.ª ed.). Elsevier.

Garrison, D. R. (2017). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice* (3.ª ed.). Routledge.

Global Education Monitoring Report Team. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* UNESCO. https://doi.org/10.54676/UZQV8501

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365–379. https://doi.org/10.3102/0013189X09339057

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2014). A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Medical Education, 48*(4), 375–385. https://doi.org/10.1111/medu.12391

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M. F., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Comisión Europea, CAF—Banco de Desarrollo de América Latina, & Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2022). *Perspectivas económicas de América Latina 2022: Hacia una transición verde y justa*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/f2f0c189-es

Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, *Diario Oficial de la Unión Europea, L 119*, 1–88 (2016). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

Reimers, F. M. (Ed.). (2022). *Primary and secondary education during COVID-19: Disruptions to educational opportunity during a pandemic*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81500-4

Selwyn, N. (2011). Education and technology: Key issues and debates. A&C Black.

UNESCO. (2019). *Recommendation on Open Educational Resources (OER)*. https://www.unesco.org/en/legal-affairs/recommendation-open-educational-resources-oer

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

World Health Organization. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Zawacki-Richter, O., & Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in *Computers & Education*. *Computers & Education, 122*, 136–152. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Caleb Isaac Chilán Santana

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

CAPÍTULO 4

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS MEDIADAS POR TECNOLOGÍA

Ambar Nicole Palma Villavicencio [4]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[4] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

ambar.palma@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0002-3779-0400

4 INTRODUCCIÓN

Las estrategias didácticas con tecnología son el núcleo de las TAC en la formación en ciencias de la salud. Este capítulo se centra en las metodologías que los docentes utilizan para convertir las posibilidades tecnológicas en experiencias de aprendizaje efectivas. La diversidad de estrategias, como el aprendizaje basado en problemas, simulación virtual, gamificación, realidad aumentada y virtual, aprendizaje colaborativo digital y evaluación continua tecnológica, exige que el educador sanitario comprenda los principios pedagógicos y las condiciones para su aplicación efectiva (Hmelo-Silver, 2004; Mayer, 2002).

La selección de una estrategia didáctica tecnológica debe basarse en la coherencia entre los objetivos de aprendizaje, las características del estudiantado, los recursos institucionales y la efectividad de cada estrategia en el contexto de la disciplina y el nivel formativo. Este capítulo analiza estrategias clave para la formación sanitaria, con orientaciones para su implementación y evaluación, y una perspectiva crítica que identifica sus potencialidades y limitaciones.

4.1 Aprendizaje basado en problemas en salud

El aprendizaje basado en problemas (ABP), creado por Howard Barrows en la Facultad de Medicina de McMaster en los años 60, es una de las metodologías más influyentes en la formación de profesionales de la salud. El ABP plantea un problema clínico que los estudiantes deben resolver en grupos pequeños, con apoyo de un tutor. Este proceso activa conocimientos previos, estimula la búsqueda de información, promueve el razonamiento hipotético-deductivo y desarrolla habilidades de trabajo en equipo y comunicación. La digitalización del ABP ha ampliado sus posibilidades pedagógicas sin alterar sus principios.

La implementación digital del ABP en ciencias de la salud ofrece oportunidades y desafíos. La disponibilidad de plataformas de colaboración en línea, casos clínicos multimedia y sistemas de gestión facilita la organización del ABP en grupos distribuidos y con mayor flexibilidad horaria. La dimensión presencial del ABP, como la dinámica de grupo, la comunicación no verbal y la

observación del tutor, es difícil de replicar en entornos virtuales y requiere diseños cuidadosos de mediación tecnológica para preservar el aprendizaje colaborativo.

4.1.1 Fundamentos pedagógicos del ABP digital

El ABP digital sigue los mismos principios que el ABP presencial: el aprendizaje es más profundo con problemas auténticos y relevantes, impulsado por la curiosidad y la motivación intrínseca del estudiante en contextos de interacción social colaborativa. La teoría de la carga cognitiva (Sweller, 2020) indica que los casos clínicos en el ABP digital deben ser complejos para activar el pensamiento de orden superior, pero no tanto como para exceder la capacidad de procesamiento cognitivo del grupo en la etapa curricular. La introducción gradual de la complejidad, alineada con el andamiaje, es clave para el ABP digital en ciencias de la salud (Mayer, 2002; Hmelo-Silver, 2004).

La motivación intrínseca de un ABP estructurado se relaciona con la satisfacción de necesidades psicológicas según la teoría de autodeterminación. Se encuentran la percepción de competencia, asociada a resolver problemas complejos; la autonomía, vinculada a orientar el aprendizaje; y la relación, favorecida por la interacción con compañeros y el tutor. Las plataformas digitales para el ABP, que ofrecen problemas auténticos y herramientas de colaboración, favorecen mayor participación y mejores resultados de aprendizaje que los entornos presenciales mal diseñados.

4.1.2 Diseño de casos problema digitales para ciencias de la salud

El diseño de casos problema para el ABP digital requiere competencias en narrativa clínica, estructuración del problema y diseño de recursos de aprendizaje orientadores. Un caso ABP efectivo presenta una situación clínica compleja con ambigüedad que genera debate, con múltiples capas de información (anamnesis, exploración física, pruebas diagnósticas, contexto psicosocial) que el grupo debe descubrir al formular y probar hipótesis. Los recursos de aprendizaje (lecturas, bases de datos, artículos, casos) deben ser suficientes para que el grupo construya el conocimiento necesario, sin limitar la exploración autónoma del ABP (Hmelo-Silver, 2004; Dent et al., 2021).

Las herramientas de autoría digital de casos ABP permiten al docente crear y actualizar casos fácilmente, integrando multimedia, ramificaciones narrativas y retroalimentación condicional. Plataformas como CASUS (LMU Munich), *Innosim* y *Moodle* permiten crear casos ABP digitales con alta fidelidad clínica, acceso controlado a la información según el avance del grupo y seguimiento automático del razonamiento de cada estudiante. La analítica de datos del caso ofrece al docente tutor información valiosa para orientar el *debriefing* y el diseño de futuros casos en el curriculum.

4.1.3 El rol del tutor en el ABP digital

El rol del docente tutor en el ABP digital difiere del docente en la enseñanza transmisiva y requiere competencias específicas. El tutor de ABP no transmite conocimiento, sino que facilita el aprendizaje mediante preguntas socráticas que desafían el razonamiento, señalan incoherencias y orientan la búsqueda de información. El tutor debe gestionar la dinámica del grupo a distancia, detectar estancamientos o direcciones improductivas, e intervenir oportunamente a través de los medios de la plataforma (Garrison, 2017; Boud y Molloy, 2012).

La formación de docentes como tutores de ABP digital es crucial para la calidad del programa. Los docentes formados en modelos transmisivos asumen en el ABP un rol directivo (resuelven el problema) o pasivo (dejan al grupo sin orientación). El equilibrio entre guiar y no dirigir, entre apoyar y no resolver, es una competencia pedagógica que requiere formación y reflexión. Los programas de formación de tutores de ABP efectivos incluyen la observación de tutores expertos, práctica supervisada con retroalimentación y análisis de videos de sesión.

4.1.4 ABP interprofesional en entornos digitales

El ABP interprofesional digital, donde estudiantes de distintas disciplinas sanitarias colaboran en casos clínicos complejos que requieren integración multiprofesional, es una de las innovaciones pedagógicas más prometedoras. La plataforma digital elimina barreras logísticas del ABP interprofesional presencial y facilita la colaboración entre estudiantes de diferentes ubicaciones. La investigación sobre ABP interprofesional digital muestra mejoras en la

comprensión de roles, la calidad de la comunicación y la capacidad de los estudiantes para diseñar planes de cuidado integrados que aprovechen las contribuciones de cada profesión (Johnson y Johnson, 2009).

Los casos clínicos para el ABP interprofesional digital requieren múltiples disciplinas: pacientes con enfermedades crónicas complejas que necesitan gestión médica, de enfermería, farmacéutica y fisioterapia; crisis vitales que requieren intervención médica, psicológica y social; problemas de salud comunitaria que demandan medicina, enfermería, salud pública y trabajo social. La autenticidad del problema y la necesidad de integración interprofesional distinguen un ABP interprofesional formativo de uno que solo cumple un requisito curricular sin aprovechar el aprendizaje colaborativo.

4.1.5 Evaluación del aprendizaje en ABP digital

La evaluación del aprendizaje en el ABP digital enfrenta desafíos por su naturaleza colaborativa. Los instrumentos de evaluación del ABP deben valorar el producto final (calidad del diagnóstico diferencial, pertinencia del plan terapéutico, coherencia del razonamiento clínico) y el proceso (calidad de la participación en el grupo, capacidad de formular hipótesis, habilidad para buscar y evaluar información). Esta dualidad evaluativa requiere rúbricas, listas de verificación, evaluación entre pares y autoevaluación reflexiva (Norcini et al., 2018; Boud y Molloy, 2012).

Las plataformas digitales de ABP permiten evaluar el proceso mediante el registro automático de la actividad de estudiantes y grupos: número e intensidad de contribuciones al foro, patrón de búsqueda, acceso a recursos, calidad de hipótesis y coherencia del razonamiento en el espacio colaborativo. El análisis de estos datos con herramientas de analítica del aprendizaje permite al tutor identificar estudiantes con baja participación, que no acceden a recursos recomendados o cuyo razonamiento clínico presenta errores sistemáticos que requieren intervención específica, con una precisión que la observación manual no ofrece.

4.2 Simulación clínica virtual

La simulación clínica virtual utiliza entornos digitales para reproducir situaciones clínicas y desarrollar habilidades. A diferencia de la simulación con maniquíes (Capítulo 2), la simulación clínica virtual opera en entornos digitales, accesible desde cualquier dispositivo con Internet, eliminando barreras de costo y logística. La investigación muestra resultados positivos en el razonamiento diagnóstico y la toma de decisiones terapéuticas, aunque su eficacia en habilidades motoras es inferior a la de la simulación física (Barteit et al., 2021).

El diseño pedagógico de la simulación clínica virtual debe equilibrar fidelidad y complejidad con accesibilidad y eficiencia. Simulaciones de alta fidelidad son más costosas, requieren mejor conectividad y dispositivos, y generan mayor carga cognitiva que las de baja fidelidad. La evidencia sugiere que un nivel adecuado de fidelidad funcional para que el estudiante practique razonamiento y toma de decisiones es más efectivo pedagógicamente que la máxima fidelidad técnica, siempre que la retroalimentación sea de alta calidad.

4.2.1 Pacientes virtuales y simulación de casos en texto

Los pacientes virtuales de texto son la forma más accesible de simulación clínica. Plataformas como *DxR Clinician, Aquifer Clinical* Cases y los módulos de paciente virtual de Moodle ofrecen al estudiante una narrativa clínica interactiva donde toma decisiones sobre anamnesis, exploración, pruebas y tratamiento, avanzando según sus elecciones. La calidad pedagógica de estos sistemas depende de la autenticidad clínica de los casos, la retroalimentación y la capacidad del sistema para ofrecer información de diagnóstico diferencial que guíe el razonamiento (Dent et al., 2021).

Los sistemas de paciente virtual usan procesamiento de lenguaje natural para simular la anamnesis, permitiendo al estudiante hacer preguntas en lenguaje libre y recibir respuestas contextualizadas. Esta capacidad, gracias a avances en modelos de lenguaje, reduce la artificialidad en anamnesis y genera aprendizajes más auténticos. Los estudios de validación son preliminares, pero los resultados iniciales sobre satisfacción estudiantil y percepción de autenticidad clínica son favorables (Masters, 2019; Singhal et al., 2023).

4.2.2 Simulación virtual para el entrenamiento de urgencias

El entrenamiento en urgencias médicas ha demostrado gran efectividad con la simulación virtual. La recreación de situaciones de urgencia (parada cardiorrespiratoria, anafilaxia, shock séptico, traumatismo grave) en entornos digitales permite un entrenamiento repetitivo y seguro, difícil de lograr en entornos clínicos reales. Los sistemas de simulación de urgencias avanzados incluyen presión temporal realista, deterioro del paciente virtual por decisiones inadecuadas y trabajo en equipo para simular la coordinación del equipo de emergencias.

La combinación de simulación virtual y física en un diseño curricular en espiral produce los mejores resultados en la formación en medicina de urgencias. La simulación virtual se usa para practicar el algoritmo de respuesta y desarrollar razonamiento en urgencias (asíncrona, con retroalimentación inmediata), mientras que la simulación física de alta fidelidad se reserva para entrenar habilidades técnicas, comunicación y trabajo en equipo en condiciones auténticas. Esta complementariedad, coherente con la práctica deliberada y el aprendizaje mixto, maximiza la eficiencia del tiempo de formación y la profundidad del aprendizaje (McGaghie et al., 2014).

4.2.3 Escenarios de ramificación y toma de decisiones clínicas

Los escenarios de ramificación son una efectiva simulación virtual para el razonamiento clínico. Las decisiones del estudiante en puntos críticos del caso determinan la dirección de la narrativa clínica, reproduciendo la naturaleza no lineal y dependiente de decisiones previas del proceso diagnóstico y terapéutico. Un escenario de ramificación bien diseñado ofrece trayectorias hacia el diagnóstico correcto y la recuperación del paciente, y otras hacia errores diagnósticos o complicaciones, con retroalimentación que ayuda al estudiante a entender el impacto de sus decisiones en la evolución del paciente (Mayer, 2002).

Las herramientas de autoría de escenarios de ramificación más usadas en formación sanitaria son Twine, *Articulate Storyline*, Adobe *Captivate* y módulos de e-learning. La creación de escenarios de ramificación pedagógica requiere competencias en diseño instruccional, narrativa clínica y retroalimentación, que

no siempre tienen los docentes clínicos. La colaboración entre docentes clínicos y diseñadores instruccionales genera escenarios pedagógicos de alta calidad.

4.2.4 Realidad mixta y simulación en entornos inmersivos

La realidad mixta combina elementos reales y digitales mediante dispositivos como HoloLens de Microsoft o visores de Meta, creando entornos de simulación donde los estudiantes interactúan con objetos físicos y reciben información digital sobre sus funciones. En la formación sanitaria, la realidad mixta tiene aplicaciones en la enseñanza de anatomía (superponiendo estructuras sobre maniquíes o el cuerpo del estudiante), en la formación quirúrgica (superponiendo guías en el campo operatorio virtual) y en el entrenamiento de urgencias (superponiendo indicaciones en simulaciones). Los estudios sobre la efectividad de la realidad mixta en formación clínica muestran resultados prometedores, pero preliminares, y requieren más investigación sobre su impacto en la transferencia al entorno clínico (Barteit et al., 2021).

Los entornos de realidad virtual inmersivos, accesibles mediante visores como Meta Quest, Pico y PlayStation VR, han ampliado las posibilidades de la simulación clínica al ofrecer experiencias sensoriales que aumentan la inmersión del estudiante en el escenario clínico. La investigación sobre el aprendizaje inmersivo en realidad virtual, según Merchant et al. (2014) y revisiones recientes, muestra que los entornos inmersivos generan mayor motivación, retención y transferencia al desempeño real que los no inmersivos, aunque los efectos son moderados y dependen del diseño pedagógico. La reducción de costos de los visores de realidad virtual los hace accesibles para instituciones de formación sanitaria con presupuesto limitado.

4.2.5 Evaluación del aprendizaje en simulación virtual

La evaluación del aprendizaje en la simulación virtual usa el registro automático de plataformas digitales para generar evidencia objetiva del desempeño del estudiante, a diferencia de la simulación presencial, que depende de la observación directa del evaluador. Los registros automáticos de tiempo de reacción, decisiones, errores y recursos en la simulación permiten construir un perfil de desempeño de cada estudiante para retroalimentación y calificación. Los

sistemas de evaluación avanzados incluyen métricas de eficiencia del razonamiento, coherencia diagnóstica y capacidad para reconocer complicaciones emergentes (Norcini et al., 2018).

La triangulación entre la evaluación en simulación virtual, física y clínica ofrece una visión más completa de las competencias del estudiante que cualquiera de estas evaluaciones por separado. Los programas de formación avanzados establecen rutas de progresión que vinculan el desempeño en la simulación virtual con los requisitos para acceder a la simulación física y actividades clínicas con pacientes reales. Este modelo de progresión escalonada, alineado con la práctica deliberada y el *mastery learning*, asegura que los estudiantes no accedan a entornos de mayor riesgo sin demostrar competencia en entornos de menor riesgo.

4.3 Aprendizaje colaborativo en entornos digitales

El aprendizaje colaborativo en entornos digitales, basado en la *Computer-Supported Collaborative Learning* (CSCL), ha ganado relevancia en la formación de profesionales sanitarios para desarrollar competencias en trabajo en equipo, comunicación interprofesional y resolución de problemas clínicos. La práctica sanitaria actual es colaborativa e interprofesional; los entornos de formación deben preparar a los futuros profesionales con experiencias auténticas de colaboración como parte central del currículo, no actividades marginales o procedimentales (Johnson y Johnson, 2009; OMS, 2021).

La evidencia sobre el aprendizaje colaborativo mediado por tecnología en ciencias de la salud es consistente: mejora en calificaciones, competencias de razonamiento clínico, satisfacción con la formación y actitudes positivas hacia el trabajo interprofesional. La efectividad del aprendizaje colaborativo digital depende de la estructura de la tarea, la composición del grupo, la calidad de la facilitación docente y el diseño de sistemas de evaluación que fomenten la colaboración genuina en lugar de la división del trabajo individual.

4.3.1 Principios del aprendizaje cooperativo en salud

La teoría de la interdependencia social de David y Roger Johnson (2022), basada en Deutsch y Lewin, distingue entre interdependencia positiva (cooperación), negativa (competencia) y nula (trabajo individualista). El

aprendizaje cooperativo organiza las interacciones para que el éxito de cada miembro dependa del de los demás (interdependencia positiva), generando motivación para el apoyo mutuo, la explicación del conocimiento y la construcción conjunta de comprensiones más profundas. En ciencias de la salud, el trabajo en equipo impacta directamente la seguridad del paciente, por lo que desarrollar habilidades de interdependencia positiva es una prioridad formativa.

Los cinco componentes del aprendizaje cooperativo de Johnson y Johnson (2009): interdependencia positiva, responsabilidad individual, interacción, habilidades sociales y reflexión grupal, se pueden aplicar en entornos digitales con estrategias de diseño pedagógico. La interdependencia positiva se promueve mediante funciones complementarias en el grupo, como experto clínico, buscador de evidencia, crítico o sintetizador. La responsabilidad individual se fortalece al valorar los aportes de cada participante. La interacción puede darse por videoconferencias y foros, y la reflexión grupal puede apoyarse en autoevaluaciones para analizar el trabajo colaborativo al finalizar cada actividad.

4.3.2 Herramientas de co-creación y elaboración colaborativa en línea

Las herramientas de co-creación de contenido en línea (*Google Docs, Microsoft Office Online, Notion, Miro, Padlet*) permiten a grupos de estudiantes de ciencias de la salud elaborar colaborativamente productos de aprendizaje: historias clínicas de casos complejos, mapas conceptuales de diagnóstico diferencial, informes de revisión sistemática, protocolos de urgencia y planes de cuidado interprofesionales. La visualización en tiempo real de las aportaciones de cada miembro del grupo hace visible la construcción colectiva del conocimiento y genera un diálogo y negociación conceptual que no es posible en trabajos individuales en papel (Cope y Kalantzis, 2017).

Las pizarras digitales colaborativas como Miro, MURAL y *FigJam* son valiosas para *brainstorming*, mapeo conceptual y síntesis visual de casos clínicos complejos, actividades que en el ABP presencial se realizan en pizarras físicas visibles para el grupo. La trazabilidad de las contribuciones individuales en estas herramientas, que registra qué elementos de la pizarra fueron añadidos o modificados por cada participante, es valiosa para evaluar la participación

individual y analizar el proceso de construcción colaborativa del conocimiento por el docente. El análisis de patrones de co-construcción en espacios digitales, mediante herramientas de analítica del aprendizaje colaborativo, es una investigación emergente que ofrece nuevas perspectivas sobre los procesos cognitivos del aprendizaje colaborativo en salud.

4.3.3 Foros de discusión clínica y comunidades de práctica virtuales

Los foros de discusión en línea son herramientas clave del aprendizaje colaborativo digital con alto valor pedagógico en la formación sanitaria. Los foros de discusión de casos clínicos permiten a los estudiantes analizar y debatir un caso presentado por el docente, desarrollando competencias de razonamiento clínico, comunicación científica y pensamiento crítico que son difíciles de lograr en actividades individuales. La asincronía de los foros de discusión permite a los estudiantes reflexionar antes de contribuir, produciendo aportes más elaborados que en discusiones presenciales; sin embargo, puede reducir la espontaneidad y el dinamismo conversacional si no se implementan mecanismos para estimular la interacción.

Las comunidades de práctica virtuales (*CoP)* son un recurso de aprendizaje informal y continuo valioso para estudiantes avanzados y profesionales. Plataformas como *Doximity*, Nurse.com y *ResearchGate* facilitan conversaciones profesionales relevantes que conectan a colegas globalmente. La participación en estas comunidades prepara a los estudiantes para el aprendizaje continuo informal que caracterizará su desarrollo profesional y contribuye a la construcción de su identidad como miembros activos de una comunidad de práctica clínica global (Siemens, 2005; Garrison, 2017).

4.3.4 Evaluación del aprendizaje colaborativo digital

La evaluación del aprendizaje colaborativo digital plantea el desafío fundamental de distinguir entre el aprendizaje individual de cada estudiante y la calidad de la producción grupal. Una evaluación basada exclusivamente en el producto grupal puede premiar el trabajo de algunos miembros del grupo y no detectar el aprendizaje nulo de otros. Por el contrario, una evaluación basada exclusivamente en el desempeño individual puede *desincentivur* la inversión en la

calidad de la colaboración y reducir el trabajo en grupo a una mera división de tareas individuales. Los diseños de evaluación más efectivos del aprendizaje colaborativo combinan la evaluación del producto grupal (con rúbricas claras y criterios conocidos por el grupo) con la evaluación de las contribuciones individuales (mediante análisis de la participación en el entorno digital) y con la evaluación entre pares (que obliga a cada miembro a evaluar reflexivamente la contribución de sus compañeros) (Norcini et al., 2018).

Las herramientas de analítica del aprendizaje colaborativo, que analizan los patrones de interacción en los entornos digitales del grupo (frecuencia, calidad y dirección de las contribuciones; redes de interacción entre miembros; evolución del conocimiento grupal a través de los registros de co-edición), ofrecen indicadores objetivos del nivel y la calidad de la colaboración que complementan de manera valiosa la evaluación subjetiva del docente. El análisis de redes sociales aplicado a los datos de interacción en foros y espacios de co-creación permite identificar estructuras de colaboración saludables (contribuciones distribuidas equitativamente, diálogo bidireccional entre múltiples miembros) versus disfuncionales (dependencia de uno o pocos miembros, ausencia de interacción entre contribuciones individuales aisladas) que requieren intervención del docente facilitador.

4.3.5 Trabajo colaborativo en prácticas clínicas y rotaciones

El aprendizaje colaborativo digital tiene aplicaciones específicas en el contexto de las prácticas clínicas y las rotaciones hospitalarias, donde grupos de estudiantes de distintas disciplinas pueden colaborar en la gestión de casos reales mediante plataformas de comunicación segura. La práctica de presentaciones de casos clínicos en formato digital, en la que un estudiante presenta un caso de su rotación a un grupo de compañeros que lo debaten de manera asíncrona en un foro protegido, combina el aprendizaje experiencial de la práctica clínica real con los beneficios del análisis reflexivo y la perspectiva múltiple del aprendizaje colaborativo. Estas sesiones de presentación de casos digitales, cuando están bien facilitadas por un tutor clínico competente, son especialmente efectivas para el

desarrollo del razonamiento clínico y de la capacidad de comunicar la complejidad clínica de manera estructurada y comprehensiva (Dent et al., 2021).

La herramienta de diario clínico digital (*clinical log*), integrada en los portafolios electrónicos de competencias de muchos programas de formación clínica, permite a los estudiantes registrar sus experiencias clínicas, reflexionar sobre ellas y compartirlas con su tutor y con sus pares de manera colaborativa. Esta práctica de reflexión clínica compartida, fundamentada en el ciclo del aprendizaje experiencial de Kolb (2015) y en los principios de la práctica reflexiva de Schön (1983), es considerada por múltiples expertos en educación médica como uno de los componentes más formativos del aprendizaje clínico, precisamente porque transforma la experiencia en aprendizaje a través de la reflexión sistemática y del intercambio de perspectivas con otros estudiantes y docentes.

4.4 Gamificación en educación sanitaria

La gamificación usa elementos de juegos en contextos no lúdicos para aumentar la motivación y participación estudiantil. En educación sanitaria, esta estrategia tiene amplias aplicaciones por la necesidad de adquirir información especializada, practicar procedimientos y prepararse para situaciones complejas. Recursos como retroalimentación inmediata, desafíos graduales, sistemas de recompensas, competencia entre pares y narrativas orientadas a objetivos pueden aumentar la motivación y el tiempo de práctica (Dicheva et al., 2015; Dent et al., 2021).

La distinción entre gamificación, aprendizaje basado en juegos y juegos serios es clave para entender las estrategias. La gamificación añade elementos de juego (puntos, insignias, clasificaciones, desafíos) a actividades de aprendizaje. El aprendizaje basado en juegos utiliza juegos para educación. Los juegos serios se diseñan con fines educativos o de entrenamiento, con narrativa y mecánica. Las tres aproximaciones tienen aplicaciones específicas en la formación sanitaria, con ventajas y limitaciones.

4.4.1 Mecánicas de juego y su aplicación en formación clínica

Las mecánicas de juego en la gamificación de la formación sanitaria incluyen puntos (recompensan rendimiento), insignias (certifican competencias), tablas de

clasificación (generan competencia), misiones (encuadran actividades), niveles de desbloqueo (estructuran progresión) y retroalimentación inmediata (sonidos, animaciones, mensajes) que refuerzan el aprendizaje. La combinación de estas mecánicas en un sistema de gamificación produce efectos motivacionales más duraderos que el uso de mecánicas aisladas.

La investigación sobre gamificación en educación sanitaria muestra resultados positivos en la motivación y compromiso de estudiantes, especialmente en ciencias biomédicas con alta carga memorística. Estudios en farmacología, anatomía y microbiología indican que los estudiantes en grupos gamificados practican más, están más satisfechos y obtienen calificaciones iguales o superiores a los grupos de control (Dicheva et al., 2015). Los efectos en el aprendizaje profundo y la retención a largo plazo son inconsistentes. Investigaciones indican que la motivación extrínseca de la gamificación puede desplazar la motivación intrínseca, más relevante para el aprendizaje autónomo.

4.4.2 Kahoot!, Mentimeter y herramientas de evaluación lúdica

Kahoot! es la herramienta de gamificación educativa más usada en universidades, incluida la formación sanitaria. Su diseño de cuestionarios temporales y tabla de clasificación genera competencia amistosa, aumentando la participación en grupos grandes. En la formación clínica, ¡*Kahoot*! se usa para revisar ciencias básicas antes de rotaciones, repasar puntos clave post-conferencia y presentar nuevos temas con preguntas de activación. La creación de cuestionarios y el análisis inmediato de resultados son valorados por docentes con poco tiempo para actividades digitales.

Mentimeter ofrece más actividades interactivas (nubes de palabras, escalas de valoración, preguntas abiertas, cuestionarios, análisis de prioridades) que permiten obtener retroalimentación más rica que las respuestas múltiples de *Kahoot*!. En las sesiones de formación clínica, las nubes de palabras ayudan a diagnosticar conocimientos previos y sintetizar conceptos clave. Las preguntas abiertas generan hipótesis diagnósticas y discusión desde diversas perspectivas. La anonimidad en Mentimeter es valiosa en grupos heterogéneos, donde el miedo al error puede inhibir la participación de estudiantes.

4.4.3 Juegos serios y simulación gamificada en medicina

Los juegos serios para la formación médica son aplicaciones digitales que desarrollan competencias sanitarias mediante mecánicas de juego: misiones, niveles, recompensas, penalizaciones e inmersión. Títulos como Pulse (simulador de urgencias del St. Gallen Hospital, Suiza), Re-Mission (adherencia en pacientes oncológicos adolescentes) y juegos de entrenamiento de emergencias del AAMC han demostrado efectividad pedagógica. La inversión en juegos serios de alta calidad es significativa, pero su escalabilidad reduce el costo por usuario con el aumento de usuarios.

Los juegos de simulación gamificada combinan mecánicas de juego con simulación clínica, uniendo simulación virtual y gamificación, y generan resultados positivos en la formación de residentes y estudiantes avanzados. Plataformas como *UpSurge* (formación en cirugía laparoscópica con competición entre residentes) y Sepsis (simulación de manejo del choque séptico) demuestran que la gamificación en simulación clínica puede aumentar el tiempo que los residentes dedican a la práctica en simulador, más allá del requerido por el programa. Este aumento voluntario de la práctica impacta la velocidad de adquisición de competencias clínicas.

4.4.4 Gamificación y motivación en el estudio autónomo

Las plataformas de estudio gamificadas, como Osmosis, *Picmonic, AmbossQ* y *Lecturio*, han sido adoptadas por estudiantes de medicina por hacer el estudio autónomo más atractivo y eficiente. Estos sistemas combinan repetición espaciada y gamificación (racha de estudio, progresión, competición, logros) para generar hábitos de estudio regulares. La investigación sobre *Anki* y Osmosis en estudiantes de medicina muestra correlaciones positivas entre su uso y el rendimiento en exámenes de certificación, aunque es difícil separar el efecto de la gamificación del aumento en el tiempo de estudio.

El diseño de sistemas de gamificación debe evitar errores que comprometan la calidad del aprendizaje, a pesar de generar alto compromiso. La gamificación de actividades de bajo nivel cognitivo es sencilla y genera alta participación, pero no contribuye al razonamiento clínico superior. La sobre competencia puede

generar ansiedad y actitudes negativas en estudiantes de bajo desempeño. La dependencia de recompensas externas puede deteriorar la motivación intrínseca al retirarlas. Un diseño de gamificación equilibrado combina recompensas externas con narrativas de progresión que vinculan el aprendizaje con el propósito vocacional del estudiante, aprovechando la motivación de la identidad profesional sanitaria.

4.4.5 Evidencia y limitaciones de la gamificación en salud

El cuerpo de evidencia sobre la gamificación en la formación sanitaria ha crecido, pero tiene limitaciones metodológicas que deben considerarse al interpretar resultados. Una revisión sistemática de Dicheva et al. (2015, actualizada en 2022) identificó que la mayoría de los estudios son breves, no distinguen entre los efectos de la gamificación y utilizan indicadores de compromiso (tiempo de uso, número de accesos) como *proxies* del aprendizaje sin verificar el impacto en la adquisición de competencias clínicas. La heterogeneidad de diseños y contextos dificulta la síntesis de conclusiones generalizables, aunque los resultados sobre motivación y compromiso son consistentes en la mayoría de los estudios.

Las limitaciones de la gamificación en la formación sanitaria son: la banalización de situaciones clínicas graves, la distracción del objetivo formativo por mecánicas de juego mal alineadas, la inequidad por sistemas de clasificación en grupos heterogéneos, y la fatiga de gamificación por desensibilización a las recompensas. Superar estas limitaciones requiere un diseño que subordine las mecánicas de juego a los objetivos de aprendizaje, considere la diversidad de perfiles motivacionales y evalúe el compromiso y el aprendizaje.

4.5 Uso de realidad aumentada y virtual en formación médica

La realidad aumentada (RA) y la realidad virtual (RV) son las fronteras avanzadas de la tecnología inmersiva en la formación médica. Estas tecnologías crean entornos de aprendizaje más interactivos que los medios digitales convencionales, al involucrar múltiples canales sensoriales (visual, auditivo, táctil) en experiencias que generan un alto sentido de presencia en el entorno simulado. Esta inmersión sensorial tiene implicaciones pedagógicas: aumenta la autenticidad

del aprendizaje, potencia la respuesta emocional ante situaciones simuladas y reduce la distancia psicológica entre el aprendizaje y la práctica real (Barteit et al., 2021; Pottle, 2019).

La revisión de Barteit et al. (2021) sobre tecnologías inmersivas en educación médica analizó 74 estudios con más de 4.800 participantes, encontrando evidencia de efectividad en habilidades procedimentales, conocimiento clínico y satisfacción estudiantil, con efectos positivos en cirugía, urgencias, anatomía y comunicación clínica. Los autores señalaron que la calidad metodológica de la mayoría de los estudios es moderada o baja, con escasa evidencia sobre la transferencia de aprendizajes a la práctica clínica y los efectos a largo plazo en la competencia clínica. Esta brecha entre el entusiasmo tecnológico y la evidencia debe guiar un uso pedagógico evaluado de estas tecnologías.

4.5.1 Realidad virtual en anatomía y ciencias básicas

La enseñanza de la anatomía con realidad virtual es una de las aplicaciones más avanzadas de las tecnologías inmersivas en la formación sanitaria. Los entornos de anatomía en RV permiten al estudiante manipular estructuras anatómicas 3D, observarlas desde cualquier ángulo, aislar sistemas y navegar por el cuerpo humano con una libertad que ningún libro o modelo físico ofrece. Plataformas como *Complete Anatomy*, Visible Body VR y *Anatomage* Table han sido adoptadas por facultades de medicina, mejorando la comprensión de relaciones anatómicas y el rendimiento en evaluaciones de identificación.

Los estudios comparativos entre la enseñanza de anatomía con RV y la disección cadavérica muestran que los estudiantes que aprenden con RV obtienen resultados equivalentes o superiores en la identificación de estructuras y comprensión de relaciones topográficas, además de practicar sin las limitaciones del trabajo con cadáveres. Los expertos en educación médica destacan que la disección cadavérica ofrece experiencias formativas que van más allá de la anatomía: el encuentro con la muerte, el respeto hacia el cuerpo humano y una comprensión táctil de los tejidos que la RV no puede reproducir completamente.

4.5.2 Realidad virtual en cirugía y procedimientos invasivos

Los simuladores quirúrgicos de realidad virtual con retroalimentación háptica son la aplicación más avanzada de las tecnologías inmersivas en la formación clínica. Sistemas como *Surgical Science LapSim* para laparoscopia, *robotic surgery simulator* para el sistema da Vinci y entornos de cirugía aumentada en RA para neurocirugía y ortopedia permiten a los cirujanos en formación desarrollar habilidades motoras y cognitivas necesarias para operar de manera segura antes de usar instrumentos en un quirófano. La validez concurrente de estos simuladores (discriminación entre cirujanos expertos y novatos) y su validez predictiva (correlación entre desempeño en simulador y rendimiento en cirugía real) han sido documentadas en varios estudios, fundamentando su adopción como requisito previo a las primeras cirugías independientes en programas de residencia.

La realidad aumentada se aplica en la formación quirúrgica al proporcionar información anatómica durante procedimientos reales o simulados. Incluye estructuras vasculares, nerviosas, límites tumorales y otros puntos de referencia anatómicos que facilitan la orientación. Aunque muchas aplicaciones están en investigación, especialistas creen que su uso puede reducir riesgos en la curva de aprendizaje quirúrgica, especialmente en intervenciones complejas. La realidad aumentada tiene gran potencial para mejorar la seguridad del paciente en los próximos años.

4.5.3 Realidad virtual para el entrenamiento de habilidades blandas

Las habilidades de comunicación clínica, gestión del estrés y manejo de situaciones difíciles (comunicación de malas noticias, consentimiento informado, agresividad) son competencias que la realidad virtual puede entrenar eficazmente. Los entornos de RV simulan interacciones con pacientes virtuales controlados por IA que responden al tono de voz del estudiante, creando escenarios de comunicación clínica auténticos en un entorno seguro sin consecuencias para un paciente. La inmersión en la RV genera una respuesta emocional medible por biometría, útil para entrenar la regulación emocional en situaciones clínicas (Pottle, 2019).

Los estudios sobre entrenamiento de comunicación clínica con RV indican que los estudiantes que completan módulos de RV para comunicar malas noticias muestran más confianza y cometen menos errores en evaluaciones con pacientes estandarizados. La generalización de estos hallazgos requiere más investigación, pero los resultados preliminares justifican la inversión en el desarrollo de estos entornos. La limitación principal es el alto costo de desarrollar entornos virtuales con agentes conversacionales de IA, lo que puede limitar la adopción en instituciones con presupuestos reducidos.

4.5.4 Consideraciones éticas y efectos adversos de la RV

El uso de realidad virtual en formación sanitaria plantea consideraciones éticas y de seguridad que deben abordarse. El síndrome de cinetosis (*cybersickness*), con náuseas y mareos durante o después del uso de visores de RV, afecta entre el 10% y el 40% de los usuarios, limitando la tolerancia en sesiones de formación. La exposición a contenido clínico angustiante (cirugías, traumatismos, fallecimientos) requiere mecanismos de desvinculación y apoyo emocional, especialmente para estudiantes en formación clínica. La privacidad en el registro de datos biométricos y de comportamiento en RV es una dimensión ética que los programas de formación sanitaria deben incluir en sus políticas (UNESCO, 2022).

Las consideraciones de accesibilidad en RV incluyen contraindicaciones (epilepsia fotosensible, trastornos del equilibrio, claustrofobia severa) que deben identificarse con cuestionarios previos y respetarse con alternativas pedagógicas. La distribución equitativa de equipos de RV en contextos de recursos escasos es un desafío de gestión que los programas de formación deben abordar con transparencia. Las diferencias en tolerancia a entornos de RV, adaptación a la interfaz y nivel de inmersión son factores que los docentes deben considerar al diseñar actividades de RV, asegurando que todos los estudiantes alcancen los objetivos de aprendizaje, sin importar su tolerancia a la tecnología.

4.5.5 Implementación de RA/RV en programas de formación sanitaria

La implementación de tecnologías de RA/RV en formación sanitaria requiere planificación de aspectos técnicos, pedagógicos, logísticos y gestión del cambio. Los aspectos técnicos incluyen la selección del hardware para los objetivos de

aprendizaje y el presupuesto, la gestión de la conectividad y los protocolos de mantenimiento y desinfección de equipos. Los aspectos pedagógicos incluyen la integración de RA/RV en el currículo, el diseño del acompañamiento docente y el procesamiento reflexivo posterior (Barteit et al., 2021).

Los aspectos logísticos de la implementación de RA/RV incluyen la gestión del inventario, el diseño de espacios seguros para los visores, la organización de turnos para equipos compartidos y la formación de tutores para el primer uso. La gestión del cambio incluye comunicación clara con docentes sobre expectativas y límites tecnológicos, participación estudiantil en la evaluación de experiencias de RA/RV, y creación de comunidades de práctica docente para el uso pedagógico de estas tecnologías que faciliten el intercambio de experiencias y mejora de diseños pedagógicos.

4.6 Diseño de experiencias interactivas

El diseño de experiencias de aprendizaje interactivas es una competencia clave del docente en ciencias de la salud en la era digital. Una experiencia interactiva de alta calidad no es solo contenido digital; es un entorno de aprendizaje que activa la cognición, proporciona retroalimentación y fomenta el sentido de agencia en el aprendizaje activo. El diseño instruccional en entornos digitales de salud combina principios pedagógicos, UX/UI y comunicación visual para crear recursos atractivos y efectivos (Mayer, 2002; Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

Los principios del aprendizaje multimedia de Mayer (2002) guían el diseño de materiales educativos digitales: coherencia (eliminar material irrelevante), señalización (destacar elementos importantes), contigüidad (presentar palabras e imágenes juntas), modalidad (usar narración de audio con imágenes) y redundancia (no duplicar información en formatos simultáneos). Estos principios de la teoría de la carga cognitiva en el aprendizaje multimedia reducen la carga cognitiva extrínseca y liberan capacidad de procesamiento.

4.6.1 Principios de diseño instruccional para la salud digital

El diseño instruccional para la formación sanitaria digital sigue modelos como ADDIE y Dick and Carey, adaptados a las limitaciones de la formación clínica.

La fase de análisis es crítica: debe identificar necesidades de aprendizaje (brechas entre desempeño actual y deseado), características del estudiante (nivel de conocimientos, dispositivos, contexto), restricciones de tiempo y recursos, y condiciones de implementación en el entorno institucional. Un análisis deficiente produce diseños instructivos que no satisfacen las necesidades de los estudiantes o son inviables (Dent et al., 2021).

La fase de diseño debe traducir los objetivos de aprendizaje en actividades que operen en los niveles cognitivos de la taxonomía de Bloom. Para los niveles superiores de la taxonomía (análisis, evaluación, creación), las actividades más efectivas son las que presentan situaciones clínicas complejas que requieren integrar conocimientos de múltiples dominios y elaborar planes de actuación originales. Las actividades de nivel inferior (recordar, comprender) se pueden diseñar con herramientas sencillas (cuestionarios, videos, infografías) y son adecuadas para ciencias básicas y fundamentos clínicos, pero insuficientes para desarrollar competencias clínicas avanzadas necesarias en el ejercicio profesional.

4.6.2 Herramientas de autor para contenido interactivo en salud

Las herramientas de autor permiten a los docentes crear contenido educativo digital interactivo sin programación avanzada, democratizando la producción de recursos pedagógicos de calidad. H5P (HTML5 Package) es la herramienta de código abierto más usada en universidades por su integración con Moodle y WordPress, y su biblioteca de más de 50 tipos de contenido interactivo (vídeos con preguntas, escenarios de conversación, presentaciones interactivas, ejercicios de arrastrar y soltar, formularios de evaluación). *Articulate Storyline* 360, Lectora y Adobe *Captivate* son herramientas profesionales con potentes capacidades de diseño y ramificación, ideales para crear simulaciones clínicas interactivas complejas (Mayer, 2002).

La selección de la herramienta de autor adecuada debe considerar la interactividad deseada, las competencias del docente, el soporte técnico disponible y la compatibilidad con el LMS. Para la mayoría de los docentes clínicos, H5P ofrece la mejor combinación de funcionalidad, facilidad de uso y accesibilidad. Equipos de diseño instruccional con recursos avanzados encontrarán

en *Storyline* 360 y Lectora capacidades de diseño más potentes que justifican la curva de aprendizaje. La inversión en la calidad pedagógica del contenido (autenticidad clínica, coherencia con los objetivos, calidad de la retroalimentación) es más determinante para el aprendizaje que la sofisticación técnica de la herramienta.

4.6.3 Video educativo en ciencias de la salud

El video educativo es el recurso digital más consumido por estudiantes de ciencias de la salud, impulsado por plataformas como YouTube, Osmosis, *Lecturio*, *Khan Academy Health* y repositorios de facultades de medicina. Un video educativo clínico de alta calidad combina una narrativa clara, imágenes y animaciones que clarifican conceptos, ejemplos clínicos auténticos que conectan con la práctica, y un ritmo que permite al estudiante procesar la información sin sobrecarga cognitiva. La investigación indica que la longitud óptima para mantener el compromiso de los estudiantes en videos educativos es de 6 a 9 minutos; los videos más largos reducen la atención y la tasa de completación.

La técnica del video interactivo, donde el estudiante responde preguntas o toma decisiones en momentos específicos, convierte el consumo pasivo en un aprendizaje activo de mayor valor pedagógico. H5P Interactive Video, *EdPuzzle y Panopto* permiten añadir interactividad a videos existentes o propios fácilmente. La interrupción del video con preguntas de reflexión o verificación de comprensión, seguida de retroalimentación, reproduce la dinámica del docente que detiene la clase para asegurar que los estudiantes siguen el razonamiento y corrige comprensiones erróneas antes de avanzar.

4.6.4 Infografías y visualización del conocimiento clínico

Las infografías son recursos visuales que sintetizan información compleja en formatos gráficos accesibles, combinando texto, datos, iconos e imágenes en composiciones atractivas e informativas. En ciencias de la salud, las infografías son valiosas para representar algoritmos diagnósticos y terapéuticos, sintetizar guías de práctica clínica, mostrar datos epidemiológicos, explicar mecanismos fisiopatológicos y educar al paciente. La investigación sobre aprendizaje multimedia muestra que la información visual y textual integrada se recuerda

mejor y por más tiempo que la presentada solo en texto, especialmente con una organización visual que refleja la estructura lógica de los conceptos (Mayer, 2002).

Herramientas de infografías como *Canva, Visme, Piktochart y Adobe Illustrator* permiten a docentes de ciencias de la salud crear materiales visuales de calidad sin formación en diseño gráfico. La integración de estas herramientas en actividades curriculares, al asignar a los estudiantes la elaboración de infografías sobre temas clínicos, aprovecha el beneficio del proceso de creación (que obliga al estudiante a sintetizar y estructurar el conocimiento) y del producto final (que puede compartirse como material de referencia y retroalimentación entre pares). La estrategia de aprendizaje mediante creación (*learning by creating*), alineada con la taxonomía revisada de Bloom, genera aprendizajes más profundos y duraderos que la revisión pasiva de contenidos.

4.7 Evaluación continua mediante herramientas digitales

La evaluación continua, proceso sistemático de recogida de evidencia sobre el aprendizaje del estudiante para orientar la enseñanza, es reconocida en la investigación en educación sanitaria como el componente curricular con mayor impacto en la calidad del aprendizaje. Las herramientas digitales han transformado la evaluación continua, permitiendo su implementación a gran escala en contextos donde la evaluación manual es inviable. La combinación de herramientas de evaluación formativa, analítica del aprendizaje y sistemas de alerta temprana crea un ecosistema de evaluación continua que identifica y atiende las necesidades de aprendizaje de cada estudiante de manera más oportuna y personalizada que cualquier modelo de evaluación puntual (Norcini et al., 2018; Boud y Molloy, 2012).

La evaluación programática, propuesta por van der Vleuten y Schuwirth (2016), integra diversas fuentes sobre el aprendizaje del estudiante (evaluaciones, observaciones clínicas, portafolios, retroalimentación de pares y supervisores) en un sistema que permite valorar el desarrollo de competencias a lo largo del tiempo. Las herramientas digitales son esenciales para la evaluación programática: sin sistemas digitales de recogida, almacenamiento y análisis de datos, la logística sería insuperable en muchos contextos institucionales.

4.7.1 Sistemas de evaluación formativa automatizada

Los sistemas de evaluación formativa automatizada en LMS permiten generar, administrar y proporcionar retroalimentación sobre miles de actividades simultáneamente, sin intervención del docente. Los cuestionarios adaptativos que ajustan la dificultad, los sistemas de retroalimentación condicional que explican respuestas incorrectas y los sistemas de *spaced repetition* que programan revisiones son ejemplos de automatización de la retroalimentación formativa. Aumentan la retroalimentación personalizada para cada estudiante, con un costo de tiempo docente marginal tras la implementación.

La calidad de la retroalimentación automatizada es crucial para la efectividad pedagógica de estos sistemas. Una retroalimentación automatizada de alta calidad debe ser específica, explicativa, orientadora y oportuna. La retroalimentación de alta calidad para cada ítem del sistema requiere tiempo del docente en la fase de diseño, pero se amortiza rápidamente en beneficios para los estudiantes. El retorno de inversión en la evaluación formativa automatizada de calidad es favorable en grupos grandes y cursos repetidos.

4.7.2 Mini-CEX digital y evaluación directa del desempeño

El mini-CEX (mini *Clinical Evaluation Exercise*), creado por Norcini et al. (2003) como instrumento de evaluación del desempeño clínico del estudiante en situaciones reales, ha sido adaptado a formatos digitales que facilitan su administración e integración en sistemas de seguimiento del portafolio de competencias. Las aplicaciones móviles mini-CEX para iOS y Android permiten al supervisor clínico completar la evaluación en su dispositivo tras la observación, enviando automáticamente la calificación y comentarios al portafolio electrónico del estudiante. La inmediatez del proceso evaluativo aumenta la frecuencia de evaluaciones directas y reduce la pérdida de detalles sobre el desempeño del estudiante.

El DOPS (*Direct Observation of Procedural Skills*), equivalente del mini-CEX para evaluar habilidades, se ha adoptado en formato digital en programas de residencia médica y postgrado de enfermería. Un historial digital de mini-CEX y DOPS completados por cada estudiante, accesible para estudiantes, tutores y

coordinador, ofrece una narrativa de desarrollo competencial longitudinal útil para la orientación del aprendizaje clínico individual. Los análisis de tendencia de datos de evaluación directa identifican áreas de mejora y estancamiento que requieren intervención pedagógica, ofreciendo una perspectiva longitudinal que las evaluaciones puntuales no brindan (van der Vleuten y Schuwirth, 2016).

4.7.3 Portafolio electrónico de competencias clínicas

El portafolio electrónico de competencias clínicas documenta el desarrollo de competencias del estudiante de ciencias de la salud. A diferencia de los instrumentos de evaluación puntual, el portafolio integra evidencias de diversas fuentes: calificaciones, evaluaciones del desempeño, registros, reflexiones sobre la práctica clínica, retroalimentación de supervisores y pacientes, y evidencias de formación continua. Los portafolios electrónicos como Medfolio, e-Portfolio RCPCH y los módulos de Canvas y Mahara ofrecen gestión del aprendizaje, visualización de la progresión y herramientas de reflexión que apoyan la autoconciencia y autorregulación.

La efectividad del portafolio electrónico depende de la calidad de la tutoría. Sin un tutor que revise el portafolio, oriente reflexiones y establezca objetivos de aprendizaje, este puede ser solo un repositorio de documentos sin impacto. Las investigaciones sobre el uso del portafolio en formación clínica indican que las tutorías de alta calidad, donde el tutor utiliza evidencias del portafolio para un diálogo reflexivo sobre el desarrollo profesional del estudiante, son el componente más determinante del impacto del portafolio en el aprendizaje y la identidad profesional (Boud y Molloy, 2012).

4.7.4 Analítica del aprendizaje para la evaluación continua

La analítica del aprendizaje (*Learning Analytics*) es importante para implementar la evaluación continua en programas de formación sanitaria. Los sistemas de analítica del aprendizaje analizan datos generados por las actividades de los estudiantes en plataformas digitales (acceso a recursos, participación en foros, resultados de evaluaciones, patrones de actividad) para producir indicadores de compromiso, progreso y riesgo que docentes y coordinadores pueden usar para decisiones pedagógicas informadas (Siemens, 2005). Los modelos predictivos de

riesgo de abandono o reprobación, basados en *machine learning* y datos históricos, pueden identificar a los estudiantes que requieren apoyo adicional con semanas de anticipación, permitiendo intervenciones que reducen las tasas de reprobación y abandono.

Los paneles de analítica del aprendizaje (*dashboards)* muestran visualmente los datos de progreso y actividad de los estudiantes, permitiendo al docente y al estudiante obtener una visión rápida del estado del aprendizaje. Los paneles orientados al estudiante (*student-facing dashboards*) que muestran su progreso comparado con el de sus compañeros y los objetivos del curso pueden ser herramientas de autorregulación si están diseñados para orientar hacia acciones de mejora en lugar de generar ansiedad comparativa. La investigación sobre el impacto de los paneles de analítica en la conducta estudiantil muestra que su efectividad depende del diseño de la información y del apoyo docente.

4.7.5 Evaluación entre pares y autoevaluación con soporte digital

La evaluación entre pares y la autoevaluación son clave en la evaluación continua, esenciales para el desarrollo de la metacognición y la valoración crítica del desempeño. La evaluación entre pares obliga al estudiante a aplicar criterios de calidad a un compañero, desarrollando competencias de análisis y evaluación esenciales para la práctica clínica. La autoevaluación con rúbricas y retroalimentación docente fomenta la autoconciencia clínica y la identificación de áreas de desarrollo profesional (Boud y Molloy, 2012).

Las herramientas digitales facilitan la evaluación entre pares con asignación aleatoria, rúbricas digitales, anonimización y gestión automatizada de plazos. La actividad Taller (Workshop) de Moodle es la herramienta más completa de código abierto para gestionar la evaluación entre pares, incluyendo el envío de trabajos, la asignación de evaluadores, las evaluaciones con rúbricas y la calificación compuesta que integra la puntuación del trabajo y la calidad de las evaluaciones. Esta funcionalidad evalúa al evaluador, incentiva la calidad del proceso y previene la laxitud en evaluaciones sin consecuencias.

Tabla 4.1.

Estrategias didácticas tecnológicas para ciencias de la salud

Estrategia	Competencias que desarrolla prioritariamente	Nivel evidencia	Referencia
ABP digital	Razonamiento clinico, aprendizaje autonomo, colaboracion	Alto (metaanalisis)	Hmelo-Silver, 2004
Simulacion virtual	Diagnostico diferencial, decision clinica, urgencias	Alto	McGaghie et al., 2014
Aprendizaje colaborativo digital	Trabajo en equipo, comunicacion interprofesional	Alto	Johnson y Johnson, 2009
Gamificacion	Motivacion, retencion de conocimientos basicos, engagement	Moderado	Dicheva et al., 2015/2022
Realidad virtual	Anatomia espacial, habilidades procedimentales, manejo emocional	Moderado-alto	Barteit et al., 2021
Evaluacion continua digital	Autorregulacion, metacognicion, identificacion de brechas	Alto	Norcini et al., 2018
Escenarios ramificados	Toma de decisiones clinicas complejas, manejo incertidumbre	Moderado	Mayer, 2002

Nota. Estrategias tecnológicas y evidencia pedagógica en salud. Fuente: Elaboración propia a partir de McGaghie et al. (2014), Hmelo-Silver (2004), Johnson y Johnson (2009), Barteit et al. (2021) y Norcini et al. (2018).

REFERENCIAS

Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F., & Beiersmann, C. (2021). Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review. *JMIR Serious Games, 9*(3), e29080. https://doi.org/10.2196/29080

Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Maidenhead: Open University Press.

Boud, D., & Molloy, E. (2012). What is the problem with feedback? In D. Boud & E. Molloy (Eds.), *Feedback in higher and professional education: Understanding it and doing it well* (pp. 1–10). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203074336

Cope, B., & Kalantzis, M. (Eds.). (2017). *E-learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315639215

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6.ª ed.). Elsevier.

Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in education: A systematic mapping study. *Educational Technology & Society, 18*(3), 75–88.

Garrison, D. R. (2017). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice* (3.ª ed.). Routledge.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review, 16*(3), 235–266. https://doi.org/10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365–379. https://doi.org/10.3102/0013189X09339057

Kolb, D. A. (2015). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development* (2.ª ed.). Pearson Education.

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2014). A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Medical Education, 48*(4), 375–385. https://doi.org/10.1111/medu.12391

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M. F., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

Pottle, J. (2019). Virtual reality and the transformation of medical education. *Future Healthcare Journal, 6*(3), 181–185. https://doi.org/10.7861/fhj.2019-0036

Reimers, F. M. (Ed.). (2022). *Primary and secondary education during COVID-19: Disruptions to educational opportunity during a pandemic*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-81500-4

Selwyn, N. (2011). *Education and technology: Key issues and debates* (3.ª ed.). Bloomsbury Academic.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10.

Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S. S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., Pfohl, S., Payne, P., Seneviratne, M., Gamble, P., Kelly, C., Babiker, A., Schärli, N., Chowdhery, A., Mansfield, P., Demner-Fushman, D., . . . Natarajan, V. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature, 620*(7972), 172–180. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

van der Vleuten, C. P. M. (2016). Revisiting "Assessing professional competence: From methods to programmes." *Medical Education, 50*(9), 885–888. https://doi.org/10.1111/medu.12632

World Health Organization. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Ambar Nicole Palma Villavicencio

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

CAPÍTULO 5

ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS MEDIADAS POR TECNOLOGÍA

Vicente Augusto Jaime Mora [5]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[5] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

vicente.jaime@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0003-0723-4507

5 INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) ha irrumpido en la educación en ciencias de la salud con una velocidad y profundidad sin precedentes. En tres años, los modelos de lenguaje (LLM) han pasado de ser experimentales a herramientas cotidianas para millones de estudiantes y docentes. El lanzamiento de ChatGPT por OpenAI en noviembre de 2022 cambió la percepción pública sobre el potencial de la inteligencia artificial en la educación. Estudios que documentan la capacidad de estos sistemas para superar exámenes de certificación médica han generado un intenso debate sobre el futuro de la formación y evaluación en ciencias de la salud (Kung et al., 2023; Singhal et al., 2023).

Este capítulo examina las bases conceptuales de la inteligencia artificial en la educación sanitaria, las herramientas disponibles y sus aplicaciones en la formación de profesionales de la salud, los sistemas de recomendación y personalización del aprendizaje, y las limitaciones y desafíos que deben abordarse antes de una integración desregulada de la IA en los programas de formación. El análisis busca ir más allá del optimismo tecnológico y del pesimismo para ofrecer una perspectiva equilibrada, basada en evidencia y orientada a la innovación educativa en salud.

5.1 Fundamentos de la IA en educación

La inteligencia artificial se refiere a técnicas computacionales que buscan replicar o superar capacidades cognitivas humanas en el procesamiento de información: reconocimiento de patrones, comprensión del lenguaje, razonamiento lógico, toma de decisiones y generación de contenidos. En educación, la IA se ha utilizado durante décadas con sistemas de tutoría inteligente (ITS) que modelan el conocimiento del estudiante y adaptan la instrucción a su perfil. La transición de los ITS clásicos a los grandes modelos de lenguaje actuales representa un salto cualitativo que algunos consideran una discontinuidad paradigmática en la historia de la tecnología educativa (Masters, 2019; UNESCO, 2022).

Comprender los fundamentos técnicos de la IA a un nivel adecuado para docentes y diseñadores curriculares de ciencias de la salud es esencial para su uso

crítico y responsable en los programas de formación. Este epígrafe revisa conceptos de aprendizaje automático, procesamiento de lenguaje natural y redes neuronales profundas, enfatizando sus implicaciones en las capacidades y limitaciones de la IA en la educación sanitaria.

5.1.1 Aprendizaje automático y redes neuronales

El aprendizaje automático (*machine learning*) es la rama de la inteligencia artificial que desarrolla sistemas que aprenden de datos, identifican patrones y mejoran su desempeño sin ser programados para cada tarea. Los algoritmos de aprendizaje supervisado aprenden de ejemplos etiquetados para construir modelos predictivos; los no supervisados identifican estructuras en datos no etiquetados; y los de refuerzo aprenden mediante la interacción con un entorno y la maximización de una recompensa. Las redes neuronales profundas (*deep learning*) son una arquitectura de aprendizaje automático inspirada en el cerebro humano, con capas de neuronas artificiales que procesan información de forma jerárquica y abstracta (Goodfellow et al., 2016, citados en Masters, 2019).

Los modelos *transformer*, introducidos por Vaswani et al. (2017) y base de modelos de lenguaje como GPT-4, Gemini y Claude, utilizan mecanismos de atención que permiten procesar relaciones entre todas las posiciones de una secuencia de texto simultáneamente, superando las limitaciones de modelos anteriores basados en redes recurrentes. El entrenamiento de estos modelos en grandes cantidades de texto les permite desarrollar representaciones del lenguaje y del conocimiento del mundo, incluyendo conocimiento médico que supera lo que cualquier individuo podría leer en toda una vida. Este conocimiento implícito permite a los LLM responder preguntas clínicas, generar casos verosímiles y aprobar exámenes de certificación médica (Kung et al., 2023; Singhal et al., 2023).

5.1.2 Historia y evolución de la IA en educación

La IA en la educación tiene más de cinco décadas de historia, con un impacto práctico desigual. Los primeros sistemas de tutoría inteligente, de los años 70 (SCHOLAR de Carbonell, 1970; BIP de Barr y Feigenbaum, 1979), usaban representaciones del conocimiento basadas en reglas para modelar el dominio a enseñar y el estado cognitivo del estudiante. Los sistemas de tutoría inteligente

de segunda generación (*LISP Tutor de Anderson et al., ACT-R; Cognitive Tutor de Carnegie Learning*) incorporaron modelos cognitivos más avanzados y mostraron, en estudios controlados con alumnas de álgebra, mejoras significativas en el aprendizaje frente a la instrucción tradicional. Su desarrollo requería ingenieros y especialistas en contenido, limitando su producción y adopción (Masters, 2019).

La era del *big data* y el aprendizaje profundo, que se consolidó en la educación desde 2010 con los *MOOCs* y la analítica del aprendizaje, introdujo enfoques estadísticos basados en datos a gran escala que complementaron los modelos simbólicos de los ITS clásicos. La analítica del aprendizaje y la minería de datos educativos identificaron correlaciones entre comportamientos de estudiantes en LMS y resultados de aprendizaje difíciles de descubrir por observación directa. El advenimiento de los grandes modelos de lenguaje en 2022-2023 representa la tercera ola de la IA en educación, caracterizada por una generalidad, capacidad conversacional y accesibilidad que transforman las prácticas educativas a una velocidad que desafía la adaptación institucional.

5.1.3 Taxonomía de aplicaciones de IA en educación sanitaria

Las aplicaciones de inteligencia artificial en educación sanitaria se clasifican según su propósito y el proceso educativo que apoyan. En el aprendizaje individual, la IA personaliza contenidos y rutas, genera retroalimentación automatizada, crea escenarios de práctica clínica adaptados al estudiante y apoya el estudio autónomo con herramientas conversacionales. La IA se aplica en la evaluación para el diseño automático de ítems, corrección y análisis de respuestas abiertas, detección de plagio y evaluación del desempeño en simulaciones clínicas mediante análisis de vídeo y voz. En la gestión educativa, la IA predice el riesgo de abandono, optimiza horarios, identifica brechas curriculares y personaliza el apoyo académico (Masters, 2019).

Cada aplicación plantea requerimientos técnicos, desafíos pedagógicos y consideraciones éticas que deben evaluarse de forma independiente. Que una aplicación de IA sea técnicamente factible no implica que sea pedagógicamente deseable ni éticamente aceptable en todos los contextos. Las preguntas sobre la validez de la retroalimentación de IA frente a la de docentes expertos, los riesgos

de sesgo en sistemas de predicción de abandono y las implicaciones de la monitorización del comportamiento digital de los estudiantes para su privacidad y autonomía deben ser abordadas rigurosamente por la comunidad educativa sanitaria antes de adoptar estas tecnologías a gran escala (UNESCO, 2022; Selwyn, 2011).

5.1.4 Conocimiento médico en grandes modelos de lenguaje

La capacidad de los grandes modelos de lenguaje para codificar y movilizar conocimiento médico ha sido objeto de investigación creciente desde 2022. Los estudios de Kung et al. (2023) con ChatGPT-3.5 y ChatGPT-4 mostraron que estos modelos alcanzan o superan el umbral de aprobación del USMLE en sus tres pasos: ciencias básicas (Step 1), ciencias clínicas (Step 2) y aplicación clínica (Step 3). El estudio de Singhal et al. (2023) sobre Med-PaLM 2, modelo de lenguaje médico de *Google DeepMind*, documentó respuestas de calidad similar a médicos expertos en el conjunto de datos MultiMedQA, con tasas de error clínicamente significativo del 2 al 5 por ciento.

El desempeño de los LLM en exámenes de opción múltiple no se traduce en competencia clínica práctica. Los exámenes de licencia médica miden conocimiento proposicional y razonamiento diagnóstico en situaciones definidas, pero no evalúan competencias relacionales, procedimentales y juicio clínico bajo incertidumbre, esenciales para la práctica médica. Los LLM no tienen cuerpo, no han examinado a un paciente, no pueden interpretar la angustia de un familiar y no pueden tomar decisiones clínicas con consecuencias reales e irreversibles en la práctica sanitaria. Reconocer las capacidades y limitaciones de los LLM es la postura epistemológica adecuada para su integración responsable en la formación sanitaria (Lee et al., 2023; Masters, 2019).

5.2 Uso de asistentes conversacionales: ChatGPT, Gemini y similares

Los asistentes conversacionales de IA generativa, basados en grandes modelos de lenguaje (LLM), son la aplicación de inteligencia artificial más adoptada e impactante en el ecosistema educativo de las ciencias de la salud. *ChatGPT (OpenAI*), Gemini (Google *DeepMind*), Claude (*Anthropic*) y *Copilot* (Microsoft) son accesibles gratuitamente o a bajo costo para estudiantes y

docentes con Internet. Generan respuestas en lenguaje natural de alta calidad y asisten en tareas como búsqueda de información, generación de materiales educativos, redacción de retroalimentación y simulación de pacientes virtuales. Su adopción por estudiantes universitarios ha sido masiva y, en gran parte, previa a la reflexión pedagógica e institucional sobre sus implicaciones (Eysenbach, 2023).

El debate sobre los asistentes conversacionales de IA en la formación sanitaria refleja tensiones entre valores: la libertad de los estudiantes para usar herramientas, la preocupación de los docentes sobre la autenticidad del aprendizaje y la integridad académica, el potencial pedagógico de estos sistemas si se usan reflexivamente, y los riesgos de dependencia y superficialidad si se usan pasivamente. La postura más razonada ante esta tensión no es la prohibición ni la adopción acrítica, sino un diseño pedagógico que integre el uso reflexivo de la IA como objeto de aprendizaje y herramienta de apoyo, garantizando el desarrollo de competencias genuinas que no pueden externalizarse a ningún sistema tecnológico.

5.2.1 Capacidades de los LLM en el estudio de medicina

Los grandes modelos de lenguaje brindan al estudiante de medicina y ciencias de la salud capacidades de apoyo al estudio con valor pedagógico si se usan reflexivamente. Explicar conceptos clínicos complejos en varios niveles y perspectivas (fisiopatología, implicación clínica, evidencia epidemiológica) puede complementar las explicaciones de los libros de texto. La generación de preguntas de práctica sobre cualquier tema, con explicaciones de respuestas correctas e incorrectas, es una funcionalidad valiosa para la preparación de exámenes y el repaso de contenidos. Generar resúmenes estructurados, esquemas conceptuales y comparaciones de diagnósticos diferenciales reduce el tiempo de organización de información y facilita la comprensión de relaciones entre conceptos (Kung et al., 2023; Masters, 2019).

El uso de LLM para el estudio presenta riesgos pedagógicos que los estudiantes deben gestionar. La tendencia de los LLM a generar respuestas plausibles y bien escritas, independientemente de su precisión (alucinación),

puede llevar al estudiante a consolidar información incorrecta si no verifica las afirmaciones del modelo con fuentes primarias. El acceso inmediato a respuestas puede reducir la motivación del estudiante para esforzarse en construir comprensión profunda mediante la lectura activa, el razonamiento y la práctica. Los docentes deben enseñar estrategias de uso crítico y verificación de la información generada por IA, convirtiendo estos sistemas en herramientas que potencian el aprendizaje activo (Lee et al., 2023; Selwyn, 2011).

5.2.2 Integración pedagógica de asistentes de IA en el aula de salud

La integración reflexiva de asistentes conversacionales de IA en programas de ciencias de la salud puede generar experiencias de aprendizaje de alta calidad. El uso de ChatGPT o Gemini como interlocutor en el razonamiento clínico del estudiante (diagnóstico diferencial y cuestionamiento de la IA) puede desarrollar el pensamiento crítico de forma más efectiva que la lectura pasiva. La generación colaborativa de mapas conceptuales sobre un síndrome clínico, donde el estudiante controla y verifica las afirmaciones, puede ser más eficiente que la construcción solitaria. El debate sobre las recomendaciones de un asistente de IA en un caso clínico simulado puede ser una actividad formativa valiosa para el juicio clínico crítico.

Los diseños pedagógicos más prometedores son los que utilizan la IA como objeto de estudio y herramienta de práctica reflexiva. Las actividades de evaluación que piden al estudiante comparar la respuesta de un LLM sobre un caso clínico con la guía de práctica clínica, identificar errores o limitaciones de la respuesta del LLM, y argumentar la información adicional necesaria para una decisión clínica segura son ejemplos de tareas complejas que desarrollan competencias de razonamiento clínico y pensamiento crítico sobre la IA (Eysenbach, 2023; Masters, 2019).

5.2.3 Integridad académica en la era de LLM

El impacto de los grandes modelos de lenguaje en la integridad académica es un debate urgente en la educación superior, con implicaciones específicas en los programas de formación sanitaria. La capacidad de los LLM para generar ensayos, análisis de casos clínicos e informes en segundos plantea un desafío a los

sistemas de evaluación basados en la producción escrita. Las herramientas de detección de contenido generado por IA, como GPT-Zero y Turnitin AI Detection, ofrecen un nivel de detección útil pero imperfecto: generan falsos positivos que pueden afectar a estudiantes con un estilo de escritura claro y pueden eludirse con estrategias de edición que los detectores actuales no siempre identifican (Eysenbach, 2023).

La respuesta pedagógica más efectiva a los desafíos de integridad académica de los LLM es el diseño curricular. Las evaluaciones auténticas que requieren aplicar conocimientos a situaciones novedosas y contextualizadas (un caso clínico real, una propuesta de intervención para un problema de salud local, un análisis crítico de trabajo en equipo interprofesional observado) son más difíciles de completar fraudulentamente con IA que los ensayos genéricos o análisis de casos estandarizados. La evaluación oral, el portafolio reflexivo con entradas frecuentes y la observación directa del desempeño clínico son modalidades evaluativas válidas en el contexto de la IA generativa.

5.2.4 Evaluación crítica del contenido de IA

La evaluación crítica del contenido de IA es una competencia de alfabetización informacional esencial en la formación sanitaria. Los estudiantes de ciencias de la salud deben identificar errores comunes de los LLM en contenido médico: afirmaciones incorrectas (alucinaciones), información clínica desactualizada, sesgos de género, raza y clase socioeconómica de los datos de entrenamiento, y omisiones significativas que pueden tener consecuencias clínicas graves. Este pensamiento crítico sobre la IA es un componente de la competencia de pensamiento crítico clínico que todo profesional sanitario debe desarrollar.

La formación en evaluación crítica del contenido de IA debe ser explícita, sistemática y basada en ejercicios prácticos con errores de LLM en contexto médico. Los docentes que comparten ejemplos verificados de afirmaciones incorrectas generadas por IA en preguntas clínicas ofrecen formación en pensamiento crítico sobre tecnología con valor duradero. Las actividades de *fact-checking* del contenido de IA con PubMed, guías clínicas y recursos fiables

desarrollan competencias en búsqueda bibliográfica, lectura crítica y evaluación de la fiabilidad de fuentes clínicas (Eysenbach, 2023; Lee et al., 2023).

5.3 Generación automática de contenido académico

La generación automática de contenido educativo con IA es una de las aplicaciones más útiles para docentes de ciencias de la salud con alta carga de trabajo. La capacidad de los LLM para generar borradores de casos clínicos, preguntas de examen, resúmenes, explicaciones, rúbricas y planes de clase en minutos libera tiempo docente para actividades de mayor valor pedagógico: retroalimentación personalizada, mentoría clínica, diseño de experiencias de aprendizaje y reflexión sobre la práctica docente. El potencial de optimización del tiempo docente es un argumento sólido para la integración de la IA en el diseño instruccional de programas de formación sanitaria (Masters, 2019; Eysenbach, 2023).

La generación automática de contenido académico con IA no elimina el rol del docente como diseñador pedagógico. Los mejores resultados se logran cuando el docente experto usa los LLM como herramienta de primer borrador y revisión, aportando su conocimiento clínico y criterio pedagógico para identificar errores, añadir matices y adaptar el contenido al nivel y contexto de sus estudiantes. El flujo de trabajo efectivo combina la eficiencia de la IA con el juicio experto del docente, logrando un resultado superior en calidad y tiempo que ninguno podría alcanzar solo.

5.3.1 Generación automática de ítems clínicos

La generación automática de ítems de evaluación clínica es una de las aplicaciones más estudiadas de la IA generativa en educación médica, debido a la alta demanda de ítems de calidad para bancos de preguntas de exámenes de certificación y programas de grado. Los estudios de Norcini et al. (2018) y otros muestran que, con *prompts* adecuados, modelos como GPT-4 y Gemini Ultra generan preguntas de opción múltiple de alta calidad clínica, superando el umbral del 60-75% establecido por expertos en evaluación médica. Este porcentaje de ítems útiles, aunque inferior al 100%, puede reducir el tiempo para desarrollar bancos de preguntas de calidad cuando el docente actúa como revisor y editor.

Las instrucciones para generar ítems de calidad por LLM deben ser precisas: especificar el tema clínico, nivel de dificultad, taxonomía cognitiva (recordar, aplicar, analizar, evaluar), formato del ítem (opción múltiple, respuesta extendida, viñeta clínica), estilo de redacción (primera persona del paciente, tercera persona del clínico) y criterios de validez clínica. El docente que desarrolla competencias de *prompting* efectivo puede obtener borradores de ítems en segundos, en lugar de minutos u horas. Sin embargo, la revisión experta sigue siendo indispensable antes de su uso evaluativo.

5.3.2 Producción de materiales de estudio con IA

La producción de materiales de estudio de alta calidad (resúmenes, mapas conceptuales, *flashcards*, podcasts, infografías) ha consumido mucho tiempo a docentes y estudiantes. Los LLM generan borradores en segundos que el docente o estudiante puede revisar y completar con su conocimiento experto. La generación de *flashcards* de repetición espaciada sobre temas clínicos, guiones para podcasts de revisión clínica y esquemas comparativos de diagnóstico diferencial son tareas donde los LLM producen un primer borrador útil que reduce el tiempo de producción del material definitivo.

La integración de LLM en la producción de materiales educativos requiere que los docentes desarrollen competencias de ingeniería de *prompts*: la habilidad de formular instrucciones precisas que guíen al modelo hacia el output deseado. Las instrucciones específicas sobre formato, detalle, tono, fuentes y errores a evitar generan materiales de mayor calidad y utilidad que las genéricas. Los talleres de *prompt engineering* para docentes de ciencias de la salud se están incorporando en los programas de desarrollo profesoral de facultades innovadoras, con resultados documentados en la mejora de la eficiencia docente y la calidad de los materiales generados (Eysenbach, 2023; Masters, 2019).

5.3.3 Adaptación y personalización de contenidos con IA

Una de las promesas de la IA generativa en la educación sanitaria es adaptar el contenido de aprendizaje a las necesidades individuales de cada estudiante, su nivel de conocimiento, estilo de aprendizaje y contexto cultural. Un estudiante que no entiende un mecanismo fisiopatológico puede pedir al asistente de IA que

lo explique de forma más sencilla, con otra analogía o con más detalles sobre lo confuso. Un estudiante que no habla español puede pedir la explicación en su idioma o con vocabulario adaptado. Esta personalización complementa valiosamente la enseñanza grupal del docente, sin reemplazar su rol pedagógico.

La adaptación de contenidos mediante IA es relevante para la formación en contextos de alta diversidad cultural y lingüística en universidades de ciencias de la salud en América Latina. Generar casos clínicos que reflejen contextos socioeconómicos, culturales y epidemiológicos específicos de las comunidades donde los estudiantes realizarán su práctica profesional es un recurso formativo que los materiales convencionales rara vez satisfacen de manera sistemática. Los sistemas de IA entrenados con datos latinoamericanos podrían desarrollar recursos educativos más pertinentes para las realidades sanitarias de la región, aunque este entrenamiento localizado requiere inversión específica aún en etapas iniciales en la mayoría de los países (Frenk et al., 2010).

5.3.4 Limitaciones y sesgos en la generación automática de contenido clínico

La generación automática de contenido clínico con IA tiene limitaciones y riesgos que el docente debe conocer y gestionar. El primer riesgo es la imprecisión factual: los LLM generan texto con confianza, sin importar su exactitud, y en el ámbito clínico, una información incorrecta puede tener consecuencias graves. El segundo riesgo es el sesgo: los modelos de lenguaje entrenados en textos del norte global pueden reflejar sesgos de género, raza, nivel socioeconómico y contexto cultural inapropiados para estudiantes latinoamericanos que atenderán poblaciones diferentes. El tercer riesgo es la obsolescencia: el conocimiento clínico de los LLM tiene una fecha de corte y puede no reflejar las guías clínicas más recientes, especialmente en especialidades de rápida actualización como infectología, oncología y farmacología.

La gestión de estos riesgos requiere procedimientos sistemáticos de revisión experta del contenido generado por IA antes de su uso pedagógico. Las instituciones avanzadas desarrollan protocolos de validación clínica de contenido generado por IA que incluyen revisión por especialistas, comparación con guías de

práctica clínica nacionales, evaluación del perfil cultural y epidemiológico del estudiantado, y prueba piloto con una muestra representativa antes de la adopción a gran escala. Estos protocolos de validación son más exigentes que los de contenido de docentes expertos, reflejando prudencia ante las limitaciones de los sistemas de IA generativa en contextos clínicos (Lee et al., 2023; Singhal et al., 2023).

5.3.5 Propiedad intelectual y autoría del contenido generado por IA

El uso de IA para generar contenido académico plantea interrogantes sobre autoría, propiedad intelectual y derechos de publicación que las instituciones de formación sanitaria deben abordar con marcos normativos claros. La mayoría de los marcos legales en Latinoamérica no reconocen a los sistemas de IA como autores, situando la responsabilidad de la autoría en el usuario humano que generó el contenido. Las cuestiones sobre la originalidad del contenido generado, los derechos de los datos usados para entrenar modelos y los conflictos con contenidos protegidos por derechos de autor que los LLM pueden haber memorizado no están completamente resueltas en muchos sistemas jurídicos.

Las instituciones de formación sanitaria deben establecer políticas claras sobre: cómo docentes y estudiantes deben declarar el uso de IA en materiales académicos, qué modalidades son aceptables para la integridad académica y la propiedad intelectual, y cómo se protegen los derechos de propiedad intelectual institucional al procesar materiales por sistemas de IA de terceros. La UNESCO (2022) publicó orientaciones sobre ética de la IA en educación que son un punto de partida para el desarrollo de políticas institucionales. Sin embargo, cada país latinoamericano necesita asesoría legal especializada para adaptar estas orientaciones a su marco normativo.

5.4 Creación de escenarios clínicos con IA

La creación de escenarios clínicos para la formación en ciencias de la salud es una actividad demandante de tiempo y experiencia. Construir un caso clínico efectivo requiere seleccionar un diagnóstico relevante, diseñar la presentación clínica con el nivel adecuado de ambigüedad y complejidad, incorporar resultados de laboratorio coherentes con la fisiopatología, y diseñar las posibles respuestas

del sistema a las decisiones del estudiante. Los LLM y sistemas de IA en medicina están transformando este proceso, reduciendo el tiempo de creación de escenarios de horas a minutos, sin eliminar la necesidad del juicio experto del docente para validar y refinar el producto (Masters, 2019; Singhal et al., 2023).

La calidad pedagógica de los escenarios clínicos generados con IA depende de la precisión y riqueza de las instrucciones al sistema. Un *prompt* para generar escenarios clínicos debe incluir el diagnóstico principal, comorbilidades, nivel de complejidad, punto del proceso clínico a evaluar (presentación inicial, resultados de pruebas, respuesta al tratamiento, deterioro clínico), perfil del paciente (edad, género, contexto socioeconómico y cultural) y estilo de presentación (primera o tercera persona, formato SOAP, notas de urgencias). La combinación de estas especificaciones con el conocimiento clínico del docente genera escenarios pedagógicos de alta calidad en menos tiempo que la creación manual convencional.

5.4.1 Diseño de casos clínicos adaptativos con IA

Los casos clínicos adaptativos, que ajustan la evolución según las decisiones del estudiante, son la aplicación más avanzada de la IA en la formación. En los sistemas avanzados, el motor de IA genera en tiempo real la respuesta del paciente virtual a cada decisión del estudiante, creando una experiencia clínica dinámica que puede derivar en múltiples direcciones según el razonamiento y las acciones del estudiante. Este nivel de adaptabilidad reproduce mejor que los casos clínicos de ramificación fija la naturaleza dinámica de la práctica clínica, donde las decisiones del profesional sanitario afectan la evolución del paciente.

La implementación de casos clínicos adaptativos con IA requiere una arquitectura que integre el modelo de lenguaje para generar texto y un motor de simulación fisiológica que modele la respuesta del paciente virtual a las intervenciones médicas. Plataformas como Body *Interact* y sistemas de pacientes virtuales avanzados están incorporando motores de generación de lenguaje natural para mejorar la interacción verbal entre el estudiante y el paciente virtual, añadiendo realismo a la simulación fisiológica. Los estudios piloto sobre la efectividad de estos sistemas combinados para el razonamiento clínico y las

habilidades de comunicación muestran resultados prometedores que justifican la inversión en su desarrollo y validación (McGaghie et al., 2014; Masters, 2019).

5.4.2 Generación de pacientes virtuales con LLM

Los grandes modelos de lenguaje pueden crear pacientes virtuales que responden en lenguaje natural a las preguntas del estudiante durante la anamnesis, describiendo síntomas, historia médica y contexto social con alta coherencia. Este paciente virtual basado en LLM puede configurarse para reproducir patrones de comunicación específicos (paciente ansioso, con barreras lingüísticas, con baja alfabetización sanitaria, familiar de paciente crítico) que permiten al estudiante practicar la entrevista clínica y habilidades de comunicación en situaciones difíciles, de manera repetida y con variaciones de complejidad.

La validación clínica y pedagógica de pacientes virtuales basados en LLM es un área de investigación activa con resultados interesantes. Eysenbach (2023) y colaboradores documentaron que los pacientes virtuales basados en GPT-4 generan presentaciones clínicas coherentes y diagnósticos adecuados en el 70-80% de los casos evaluados por expertos, con un 20-30% donde la coherencia clínica se deteriora, especialmente en patologías raras o atípicas. Estos resultados justifican el uso pedagógico de estos sistemas bajo supervisión docente, pero son insuficientes para su uso sin revisión experta en contextos evaluativos exigentes.

5.4.3 Emergencias y situaciones de alto riesgo con IA

La simulación de emergencias clínicas (parada cardiorrespiratoria, shock séptico, eclampsia, trauma grave) con IA es una de las aplicaciones más prometedoras y desafiantes en la educación sanitaria mediada por inteligencia artificial. La naturaleza temporal y urgente de las emergencias clínicas, donde cada segundo cuenta y las decisiones erróneas pueden ser irreversibles, exige una reproducción fiel de estos escenarios con una sofisticación técnica superior a la de los casos clínicos rutinarios. Los sistemas de IA actuales generan narrativas de emergencias con alta fidelidad, pero simular cambios fisiológicos en tiempo real durante un shock o parada cardíaca requiere integrar LLM con motores de simulación fisiológica.

Los simuladores de alta fidelidad de nueva generación integran motores de lenguaje natural basados en IA para mejorar la comunicación verbal en emergencias: el maniquí responde de forma más natural a preguntas y comandos del equipo en formación, simulando a un paciente consciente pero deteriorado o a un familiar angustiado. Esta integración de simulación fisiológica y generación de lenguaje natural está en fases tempranas, pero los primeros prototipos documentados muestran resultados motivadores que justifican la inversión en esta innovación tecnológica (Barteit et al., 2021; McGaghie et al., 2014).

5.4.4 Personalización de escenarios según el nivel del estudiante

La personalización de escenarios clínicos según el nivel de competencia del estudiante es una ventaja clave de la IA sobre los bancos de casos clínicos estáticos. Un sistema de generación de escenarios basado en IA puede ajustar la complejidad diagnóstica (desde un caso típico hasta uno atípico), la cantidad y calidad de la información disponible (con o sin historia previa y resultados de laboratorio), la urgencia del escenario (caso ambulatorio crónico o emergencia hospitalaria) y el número de complicaciones o eventos adversos. Esta personalización es valiosa porque asegura que cada estudiante trabaje en el nivel de dificultad óptimo, maximizando la eficiencia del tiempo de práctica.

Los sistemas de generación de escenarios adaptativos utilizan modelos de conocimiento del estudiante (*Student Knowledge Models*) que estiman fortalezas y debilidades según el historial de desempeño, y seleccionan o generan los casos más apropiados para el siguiente ciclo de práctica. Esta arquitectura de aprendizaje adaptativo basada en IA replica escalablemente el diagnóstico pedagógico individual que un tutor experto realiza intuitivamente, pero que no puede escalar sin apoyo tecnológico. La investigación sobre el aprendizaje adaptativo en medicina muestra reducciones en el tiempo de estudio para alcanzar competencia, con mejoras en los resultados de aprendizaje en comparación con programas no adaptativos (Masters, 2019).

5.5 Sistemas de recomendación educativos

Los sistemas de recomendación educativa usan algoritmos de aprendizaje automático para sugerir a cada estudiante recursos, actividades y rutas de

aprendizaje adecuados a su nivel, objetivos y preferencias, basándose en datos de su comportamiento e historial de desempeño. La analogía más cercana en el consumo digital son los sistemas de recomendación de Netflix o Spotify, que analizan el historial de cada usuario para predecir qué contenido le interesará. Estos sistemas pueden recomendar al estudiante qué temas revisar antes del examen, qué casos clínicos practicar para mejorar en áreas de debilidad, o qué recursos bibliográficos son adecuados para profundizar en un diagnóstico específico (Siemens, 2005).

La personalización del aprendizaje mediante sistemas de recomendación tiene un potencial pedagógico significativo, especialmente en formación sanitaria con grandes cohortes donde la personalización manual no es viable. La implementación efectiva de estos sistemas requiere datos de calidad sobre el desempeño del estudiante, infraestructura técnica robusta y curación pedagógica experta que asegure recursos alineados con los objetivos curriculares.

5.5.1 Filtrado colaborativo y basado en contenido en educación

Los sistemas de recomendación educativa utilizan dos estrategias: el filtrado colaborativo, que recomienda contenidos según la similitud del perfil de desempeño del estudiante con otros, y el filtrado basado en contenido, que sugiere recursos similares a los que el estudiante ha utilizado con éxito. Los sistemas más sofisticados combinan ambas estrategias en enfoques híbridos que superan las limitaciones individuales. En la formación sanitaria, el filtrado colaborativo ayuda a identificar recursos utilizados por estudiantes con mejores resultados, sugiriéndolos a quienes inician en el tema.

Los desafíos de los sistemas de recomendación educativa en ciencias de la salud incluyen el "arranque en frío": la dificultad de hacer recomendaciones personalizadas para estudiantes con poco historial de interacción, como los de primer año. Las estrategias para superar este problema incluyen evaluaciones diagnósticas de entrada que generan un perfil inicial del estudiante, el uso de datos de rendimiento académico previo como predictores del perfil de aprendizaje, y el diseño de trayectorias de aprendizaje personalizadas a medida que se acumulan datos del comportamiento individual.

5.5.2 Aprendizaje adaptativo y rutas personalizadas en medicina

Los sistemas de aprendizaje adaptativo en medicina, como AMBOSS y Osmosis, utilizan modelos de teoría de respuesta al ítem y algoritmos de repetición espaciada para optimizar la adquisición y retención del conocimiento clínico. El sistema de repetición espaciada, basado en la curva del olvido de Ebbinghaus, programa la revisión de conceptos justo antes de que el estudiante los olvide, maximizando la eficiencia del estudio y la retención a largo plazo. Los estudios sobre la efectividad de los sistemas de repetición espaciada en el aprendizaje de terminología médica, farmacología y diagnóstico diferencial muestran mejoras significativas en la retención a 6 meses frente a métodos convencionales.

Las rutas de aprendizaje personalizadas de IA adaptativa pueden recomendar al estudiante la actividad de aprendizaje más adecuada en su trayectoria: cuándo profundizar en contenido, cuándo practicar casos, cuándo consolidar con evaluación formativa y cuándo buscar retroalimentación de un tutor. Este nivel de personalización de la secuencia de actividades de aprendizaje se asemeja al ideal del tutor experto que guía el aprendizaje de cada estudiante de manera óptima, y tiene gran potencial para mejorar la eficiencia y profundidad del aprendizaje en formación sanitaria con recursos limitados (Masters, 2019;).

5.5.3 Sistemas de alerta y predicción del éxito académico

Los sistemas de alerta temprana (EWS) en educación sanitaria usan modelos de aprendizaje automático para predecir el riesgo de reprobación, rezago o abandono de estudiantes con anticipación, permitiendo intervenciones antes de que el problema se convierta en un resultado académico negativo. Los modelos predictivos más efectivos integran múltiples variables: registros de actividad en el LMS (frecuencia de acceso, tiempo de interacción, participación en foros), resultados de evaluaciones formativas, asistencia a actividades presenciales, registros de tutoría e indicadores de bienestar socioemocional. La combinación de estas variables permite predicciones precisas del 70-85% en varios estudios, con anticipación de 4-6 semanas al resultado académico final.

La implementación ética de sistemas de alerta temprana requiere considerar el uso de datos de predicción, la comunicación de resultados a

estudiantes y la naturaleza de las intervenciones de apoyo. Informar a un estudiante que está "en riesgo" puede tener consecuencias psicológicas negativas si no se hace con el acompañamiento adecuado y una perspectiva de apoyo. Las intervenciones más efectivas y éticamente apropiadas utilizan los resultados del EWS como puntos de entrada para conversaciones de mentoría personalizadas, no como etiquetas definitivas ni sustitutos de la evaluación docente. La gobernanza de los datos generados por estos sistemas, incluyendo el acceso a los perfiles de riesgo de los estudiantes y las condiciones, requiere políticas institucionales claras y marcos de consentimiento informado (UNESCO, 2022).

5.5.4 Personalización de la retroalimentación con IA

La generación automatizada de retroalimentación personalizada para estudiantes es una de las aplicaciones más impactantes de la IA en la formación sanitaria, especialmente en cursos con grandes cohortes donde la retroalimentación manual no es viable. Los sistemas de retroalimentación automática avanzados ofrecen explicaciones contextualizadas que abordan el razonamiento incorrecto del estudiante, sugieren recursos adicionales relevantes y conectan el error con principios clínicos que el estudiante debe revisar. La calidad de esta retroalimentación supera a la genérica y tiene un mayor impacto en el aprendizaje.

Los sistemas de retroalimentación de IA pueden generar, a partir del análisis de las respuestas de un estudiante en un cuestionario diagnóstico, un informe personalizado que identifica fortalezas y debilidades sugiere un plan de estudio y recomienda recursos y actividades adaptados al perfil de aprendizaje del estudiante. Este nivel de personalización del apoyo académico, posible gracias a la IA, puede transformar la equidad en el acceso a apoyo académico de calidad, ofreciendo a cada estudiante orientación individualizada antes solo disponible para quienes tenían tutorías privadas o confianza para solicitar apoyo docente.

5.6 Limitaciones y validación del contenido IA

Una evaluación honesta del potencial de la inteligencia artificial en la educación en salud debe considerar sus limitaciones actuales, numerosas y significativas, algunas difíciles de superar. La fascinación por los LLM puede llevar

a una adopción prematura que exponga a estudiantes a contenido incorrecto, a docentes a responsabilidades imprevistas y a sistemas formativos a riesgos de calidad que erosionen la confianza en la formación de profesionales sanitarios (Lee et al., 2023; Masters, 2019).

Las limitaciones de la IA generativa en formación sanitaria son epistemológicas, relacionadas con el conocimiento médico, la experiencia clínica y la dimensión ética de la atención en salud que los sistemas de IA no pueden replicar. Reconocer estas limitaciones no disminuye el valor de las aplicaciones de IA, sino que las sitúa en su justa dimensión y contribuye a su uso responsable.

5.6.1 Alucinaciones y errores en modelos de lenguaje

Las alucinaciones en los modelos de lenguaje, afirmaciones incorrectas presentadas con confianza, son una limitación preocupante para su uso clínico y educativo. Los LLM no verifican afirmaciones; generan texto probable según el contexto, lo que puede dar respuestas plausibles pero incorrectas. En medicina, las tasas de error del 3-8% son un riesgo inaceptable sin revisión experta.

Las estrategias para reducir alucinaciones en LLM incluyen técnicas de recuperación de información aumentada (RAG) que integran búsquedas en bases de datos verificadas como PubMed; ajuste fino de modelos sobre conjuntos de datos clínicos; y *prompts* estructurados que piden al modelo expresar su incertidumbre ante información no fiable. Estas estrategias reducen el riesgo de alucinaciones, por lo que la revisión experta del contenido debe ser requisito para el uso pedagógico de estos sistemas.

5.6.2 Sesgos en modelos de IA médica

Los sesgos en modelos de IA médica afectan la equidad en la formación y práctica sanitaria. Los modelos de lenguaje y diagnóstico clínico basados en IA se entrenan con datos de hospitales del norte global, que sobrerrepresentan poblaciones blancas, de estatus socioeconómico medio-alto y masculino. Los estudios de Obermeyer et al. (2019) y Larrazabal et al. (2020), citados en Singhal et al. (2023), documentaron sesgos raciales y de género en algoritmos de diagnóstico clínico, con tasas de error más altas para pacientes de color y mujeres. La importación acrítica de estos sistemas sesgados en la formación sanitaria

latinoamericana puede perpetuar estereotipos clínicos y reforzar inequidades que los programas deben desmantelar.

La detección y mitigación de sesgos en IA educativa en salud requiere una perspectiva crítica más allá de la evaluación técnica del rendimiento. Implica analizar quiénes son los usuarios en los datos de entrenamiento y evaluación, quiénes están marginalizados por decisiones de diseño, y cómo estas decisiones reflejan y refuerzan las relaciones de poder en el sistema sanitario y educativo. Esta crítica sobre los sesgos de la IA es esencial en la formación en competencias digitales para los profesionales sanitarios del siglo XXI que usarán IA en su práctica clínica (UNESCO, 2022; OMS, 2021; Selwyn, 2011).

5.6.3 Validación de IA en educación en salud

La validación de sistemas de IA en educación en salud debe seguir procesos rigurosos como los de validación de instrumentos de evaluación clínica, asegurando que el sistema mide o produce lo esperado de forma fiable, equitativa y segura. Los marcos de validación de IA en salud de la FDA, la Agencia Europea de Medicamentos y la OMS ofrecen orientaciones adaptables para validar sistemas de IA educativa, con ajustes para el contexto formativo, donde el daño por errores es menor que en el clínico, pero no insignificante.

Los criterios de validación para sistemas de IA educativa en salud son: validez de contenido (¿es clínicamente preciso y pedagógicamente apropiado?), validez de construcción (¿mide lo que dice?), fiabilidad (¿resultados consistentes ante inputs equivalentes?) y equidad (¿resultados consistentes para diferentes géneros, etnias, niveles socioeconómicos y acceso tecnológico?). y seguridad (¿los errores del sistema son detectables y de bajo impacto?). La documentación de procesos de validación y la publicación de resultados en foros de revisión por pares son esenciales para construir evidencia sobre la efectividad y seguridad de los sistemas de IA en educación sanitaria (Norcini et al., 2018; Lee et al., 2023).

5.6.4 Dependencia tecnológica y desarrollo de competencias

La dependencia tecnológica de estudiantes de ciencias de la salud hacia herramientas de IA es una discusión pedagógica relevante. Si los estudiantes usan LLM para respuestas clínicas sin razonamiento, probablemente no desarrollen

esquemas cognitivos y modelos mentales que sustentan el razonamiento experto. La dependencia del asistente de IA es problemática en situaciones clínicas sin tecnología o con acceso limitado, donde confiar en respuestas incorrectas puede tener graves consecuencias.

La diferenciación entre uso productivo y dependiente de herramientas de IA en la formación es un desafío pedagógico que requiere diseño instruccional. El uso productivo es cuando la herramienta actúa como andamiaje para desarrollar competencias (el estudiante usa la IA para orientación y luego profundiza su comprensión con fuentes primarias). El uso dependiente ocurre cuando la herramienta sustituye el esfuerzo cognitivo del estudiante, quien copia la respuesta de la IA sin comprenderla. Los programas de formación con evaluación auténtica, que requieren comprensión genuina, protegen contra la dependencia y garantizan el desarrollo de competencias clínicas (Biggs et al., 2011, 2022; Masters, 2019).

5.7 Proyecciones futuras en formación sanitaria con IA

Las proyecciones sobre el desarrollo de la inteligencia artificial y sus implicaciones en la formación sanitaria presentan incertidumbre que exige humildad epistemológica. La velocidad de innovación en IA en los últimos cinco años ha superado las proyecciones, y las capacidades de los modelos futuros son difíciles de predecir. Se pueden identificar tendencias de desarrollo con alta probabilidad de materializarse en los próximos años, con implicaciones estratégicas para programas de formación sanitaria que planifican inversiones en tecnología educativa a largo plazo (Masters, 2019; Singhal et al., 2023).

La proyección futura de la IA en la educación sanitaria debe estar vinculada a su uso en la práctica clínica. Los sistemas sanitarios del futuro usarán IA para diagnóstico, prescripción, monitorización y gestión de recursos. Los profesionales sanitarios que egresen de los programas de formación deberán usar estas herramientas desde el primer día de su práctica. Los programas de formación que incluyan la preparación para el trabajo con IA como competencia curricular formarán profesionales más capacitados para entornos clínicos.

5.7.1 Tutores de IA para formación clínica personalizada

Los tutores inteligentes basados en LLM ofrecen a estudiantes de ciencias de la salud apoyo pedagógico personalizado, antes solo accesible a quienes tenían tutores privados o buenas relaciones de mentoría. Un tutor de IA avanzado podría acompañar al estudiante en su estudio diario, respondiendo preguntas sobre temas clínicos con precisión variable, generando preguntas de práctica adaptadas a sus debilidades, orientando la lectura de artículos científicos y guiando la reflexión sobre experiencias clínicas. El apoyo pedagógico personalizado 24/7, sin costo adicional, podría reducir las brechas de rendimiento académico por desigualdades en el acceso a apoyo extracurricular.

El desarrollo de tutores de IA en medicina que integren LLM, conocimiento clínico y adaptación pedagógica es un proyecto relevante en tecnología educativa sanitaria. Los prototipos de tutores, como Khanmigo de Khan Academy y los tutores médicos basados en GPT-4, muestran resultados prometedores en estudios piloto que justifican la inversión en su desarrollo (Masters, 2019; Kung et al., 2023).

5.7.2 IA y transformación del perfil de egreso en salud

La disponibilidad de herramientas de IA para generar información clínica y apoyar el diagnóstico y la terapia requiere revisar las competencias que deben garantizar los programas de formación sanitaria. El acceso a información clínica de calidad ya no es exclusivo del médico. Las competencias que definen al profesional sanitario son el juicio clínico en ambigüedad, la competencia relacional con paciente y familia, la responsabilidad ética en decisiones y la capacidad de actuar con prudencia en incertidumbre.

Los perfiles de egreso en ciencias de la salud enfatizarán competencias como: colaboración con IA en diagnóstico y terapia, supervisión de recomendaciones de IA, comunicación con pacientes sobre IA, identificación de situaciones donde el juicio clínico prevalezca sobre recomendaciones algorítmicas, y participación en la evaluación y mejora de sistemas de IA clínica. Las competencias en IA (AI *literacy* clínica) son emergentes en marcos de competencias médicas internacionales, afectando el diseño de currículos de formación sanitaria (OMS, 2021; Frank et al., 2015).

5.7.3 IA en evaluación de competencias: posibilidades y riesgos

La inteligencia artificial transforma la evaluación de competencias clínicas, superando la corrección automática de opciones múltiples. Los sistemas de análisis de video basados en visión artificial evalúan objetivamente la calidad técnica de procedimientos médicos (suturas, intubaciones, ultrasonido) con más detalle y consistencia que evaluadores humanos en condiciones de fatiga o múltiples evaluaciones. Los sistemas de análisis de la comunicación verbal y no verbal evalúan habilidades de entrevista clínica y de comunicación de malas noticias mediante el análisis del contenido lingüístico, el tono vocal y los patrones de escucha activa, ofreciendo retroalimentación objetiva sobre dimensiones de la competencia comunicativa difíciles de cuantificar.

La automatización de la evaluación de competencias clínicas con IA plantea riesgos que deben gestionarse. La validez de los sistemas de evaluación basados en IA depende de la calidad y representatividad de los datos de entrenamiento; los sesgos pueden generar evaluaciones injustas para grupos de estudiantes. La validez de constructo de los sistemas de evaluación de IA debe establecerse mediante estudios de correlación con la evaluación experta e indicadores independientes de competencia clínica antes de su uso en contextos exigentes. La transparencia en los criterios de evaluación y el derecho de los estudiantes a conocer y recurrir evaluaciones automatizadas son principios éticos que deben garantizarse en sistemas de evaluación basados en IA (Norcini et al., 2018; UNESCO, 2022).

5.7.4 Convergencia de IA, wearables y salud digital en formación

La convergencia de la inteligencia artificial con dispositivos vestibles y plataformas de salud digital ofrece posibilidades formativas que comenzamos a explorar. Los relojes inteligentes y dispositivos de monitorización de parámetros fisiológicos (frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno, glucemia, actividad física, calidad del sueño) generan datos de salud que futuros médicos y enfermeras deberán interpretar y utilizar en la gestión de pacientes. La incorporación de estos dispositivos en programas de formación como herramientas de autoconciencia de salud y estudio para desarrollar competencias en interpretación de datos de salud

digital es una oportunidad que los currículos de ciencias de la salud deberían aprovechar.

La formación en interpretación de datos de salud digital es clave para la medicina futura, donde la gestión de enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión e insuficiencia cardíaca se basará en sistemas de monitorización continua que generarán alertas y recomendaciones basadas en IA. Los estudiantes que aprendan a interpretar críticamente estos sistemas, identificar limitaciones e integrar recomendaciones con juicio clínico estarán mejor preparados para la práctica médica que aquellos que los vean como cajas negras cuyas recomendaciones deben aceptarse sin cuestionar. La formación en pensamiento crítico sobre datos y sistemas de IA es clave en el currículo de ciencias de la salud del siglo XXI (OMS, 2021; Masters, 2019).

5.7.5 Estrategias para la transición a la educación con IA

La transición a un modelo de formación sanitaria que integre la inteligencia artificial requiere planificación estratégica institucional, no solo experimentación individual de docentes. Las instituciones que desarrollen capacidades para esta transición (infraestructura técnica, competencias docentes, marcos éticos y normativos, cultura de innovación) estarán mejor posicionadas para aprovechar las oportunidades de la IA y gestionar sus riesgos a medida que las tecnologías evolucionen.

Los componentes críticos de una estrategia para integrar la IA en la formación sanitaria son: una visión pedagógica clara sobre su papel; inversión en la formación de la comunidad académica en fundamentos de IA; establecimiento de marcos éticos y normativos; y desarrollo de sistemas de evaluación del impacto. Las instituciones que aborden este proceso con la misma rigurosidad que las reformas curriculares tendrán mejores posibilidades de transformar su formación de manera efectiva y sostenible (Dent et al., 2021; UNESCO, 2022).

REFERENCIAS

Biggs, J. B., & Tang, C. S. K. (2011). *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Open University Press.

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6th ed.). Elsevier.

Eysenbach, G. (2023). The role of ChatGPT, generative language models, and artificial intelligence in medical education: A conversation with ChatGPT and a call for papers. *JMIR Medical Education, 9*, e46885. https://doi.org/10.2196/46885

Frank, J. R., Snell, L., & Sherbino, J. (Eds.). (2015). *CanMEDS 2015 physician competency framework*. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. https://canmeds.royalcollege.ca/en/framework

Frenk, J., Chen, L., Bhutta, Z. A., Cohen, J., Crisp, N., Evans, T., Fineberg, H., Garcia, P., Ke, Y., Kelley, P., Kistnasamy, B., Meleis, A., Naylor, D., Pablos-Mendez, A., Reddy, S., Scrimshaw, S., Sepulveda, J., Serwadda, D., & Zurayk, H. (2010). Health professionals for a new century: Transforming education to strengthen health systems in an interdependent world. *The Lancet, 376*(9756), 1923–1958. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)61854-5

Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Madriaga, M., Aggabao, R., Diaz-Candido, G., Maningo, J., & Tseng, V. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: Potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health, 2*(2), e0000198. https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000198

Lee, P., Bubeck, S., & Petro, J. (2023). Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine. *New England Journal of Medicine, 388*(13), 1233–1239. https://doi.org/10.1056/NEJMsr2214184

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2014). A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Medical Education, 48*(4), 375–385. https://doi.org/10.1111/medu.12391

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M. F., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

Selwyn, N. (2011). Education and technology: Key issues and debates. A&C Black.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

Singhal, K., Azizi, S., Tu, T., Mahdavi, S. S., Wei, J., Chung, H. W., Scales, N., Tanwani, A., Cole-Lewis, H., Pfohl, S., Payne, P., Seneviratne, M., Gamble, P., Kelly, C., Babiker, A., Schärli, N., Chowdhery, A., Mansfield, P., Demner-Fushman, D., . . . Natarajan, V. (2023). Large language models encode clinical knowledge. *Nature, 620*(7972), 172–180. https://doi.org/10.1038/s41586-023-06291-2

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* https://doi.org/10.54676/UZQV8501

van der Vleuten, C. P. M. (2016). Revisiting "Assessing professional competence: From methods to programmes." *Medical Education, 50*(9), 885–888. https://doi.org/10.1111/medu.12632

World Health Organization. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Vicente Augusto Jaime Mora

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

CAPÍTULO 6

AUTOMATIZACIÓN Y ANALÍTICA DEL APRENDIZAJE

Gilson Alfonso Hidalgo Villavicencio [6]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[6] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

gilson.hidalgo@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0003-3364-7700

6 INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos educativos y la analítica del aprendizaje son transformaciones clave que la tecnología ha traído a la gestión de programas de formación en ciencias de la salud en la última década. La automatización libera a docentes y coordinadores de tareas administrativas repetitivas, permitiéndoles enfocarse en aspectos humanos de la formación clínica: mentoría personalizada, modelado de roles profesionales y retroalimentación experta sobre razonamiento clínico. La analítica del aprendizaje transforma datos de plataformas digitales en información pedagógica significativa que orienta intervenciones personalizadas y basadas en evidencia (Siemens, 2005).

Este capítulo examina conceptos y herramientas de automatización educativa en programas de formación sanitaria, enfocándose en herramientas sin código, APIs de integración y estándares de datos educativos abiertos. Se analiza la analítica del aprendizaje, sus fundamentos, modalidades y aplicaciones clínicas, así como los indicadores relevantes para el seguimiento del progreso estudiantil y la optimización de procesos académicos en ciencias de la salud.

6.1 Concepto de automatización en educación

La automatización en procesos educativos es la aplicación de tecnología para ejecutar tareas administrativas, comunicativas o pedagógicas de forma autónoma, reduciendo la intervención manual en actividades con patrones predecibles y reglas definibles. En la formación sanitaria, la automatización no busca reemplazar la labor docente, sino optimizar la gestión educativa, permitiendo que los recursos humanos se enfoquen en actividades de mayor valor pedagógico y en situaciones que requieren juicio profesional experto que ningún sistema automatizado puede sustituir (Siemens, 2005).

La automatización en la educación sanitaria incluye: matriculación y gestión de usuarios en plataformas digitales, envío automático de notificaciones y recordatorios, generación de informes de progreso, alertas tempranas ante riesgos académicos, calificación automática de evaluaciones cerradas, programación de actividades adaptativas y generación de certificados digitales al completar

módulos. Estas aplicaciones liberan tiempo y energía del profesorado para tareas pedagógicas más complejas.

6.1.1 Fundamentos de automatización educativa

Los fundamentos de la automatización educativa se basan en tres conceptos: flujos de trabajo, reglas de negocio y disparadores. Un flujo de trabajo es una secuencia de tareas interconectadas que se realizan en un orden definido para producir un resultado específico. En educación, un flujo de trabajo automatizado podría ser: al completar un módulo con calificación aprobatoria (disparador), el sistema lo matricula en el siguiente módulo, envía un correo de felicitación con recursos recomendados y registra el hito en su portafolio de competencias (acciones automáticas). Las reglas de negocio son condiciones lógicas que determinan acciones ante cada disparador (Siemens, 2005).

La implementación de automatizaciones educativas efectivas requiere un análisis y documentación previos de los procesos a automatizar. Los procesos adecuados para la automatización son repetitivos, de alta frecuencia, siguen reglas claras, requieren poca intervención del juicio humano y tienen un impacto administrativo o comunicativo significativo, pero bajo valor pedagógico directo. Los procesos de evaluación del razonamiento clínico, retroalimentación cualitativa personalizada o decisiones académicas complejas sobre la trayectoria de un estudiante no son adecuados para la automatización y deben ser responsabilidad directa de los docentes.

6.1.2 Tipos de automatización en gestión educativa sanitaria

La automatización en la gestión educativa sanitaria se clasifica por la complejidad de las tareas y la autonomía del sistema. La automatización básica realiza tareas simples y predefinidas: envío de notificaciones, generación de informes con plantillas fijas y registro automatizado de asistencia con listas de verificación digitales. La automatización inteligente utiliza algoritmos complejos para personalizar acciones según el perfil y comportamiento del usuario: recomendación de recursos educativos según el historial de aprendizaje, ajuste automático del nivel de dificultad de cuestionarios y generación de planes de

estudio personalizados según resultados de diagnóstico inicial (Cope y Kalantzis, 2017).

La automatización con inteligencia artificial es el nivel más avanzado, donde los sistemas aprenden de datos históricos para mejorar la precisión de decisiones y la relevancia de acciones. Los sistemas de detección temprana de riesgo académico basados en aprendizaje automático analizan patrones de acceso, frecuencia de participación, tendencias de calificación y otros indicadores para identificar estudiantes en riesgo de rezago con semanas o meses de anticipación. La investigación documenta tasas de precisión superiores al 80% en la identificación temprana de estudiantes que necesitarán apoyo adicional para completar sus programas de formación.

6.1.3 Ventajas e impacto de la automatización en la calidad formativa

Las ventajas de la automatización educativa en programas de formación sanitaria son múltiples y documentadas. La automatización reduce la carga burocrática de los coordinadores, liberando tiempo para supervisar la calidad pedagógica. Los sistemas de notificación automática mejoran la puntualidad y consistencia de la información que los estudiantes reciben sobre sus obligaciones académicas, reduciendo incumplimientos por desconocimiento de plazos o requisitos. La generación automática de informes de progreso permite a los tutores identificar rápidamente a los estudiantes que necesitan apoyo adicional y actuar oportunamente (Garrison, 2017).

El impacto de la automatización en la calidad de la retroalimentación es uno de los beneficios más valorados por los estudiantes. En programas de formación sanitaria con docentes a cargo de grupos numerosos, la generación automática de retroalimentación sobre ítems de evaluación de respuesta cerrada permite que cada estudiante reciba información inmediata sobre sus errores y aciertos, sin esperar días o semanas a que el docente revise manualmente los cuestionarios. La retroalimentación inmediata, respaldada por investigaciones sobre aprendizaje efectivo, mejora la retención del conocimiento y permite al estudiante corregir concepciones erróneas antes de que se consoliden (Norcini et al., 2018; Boud y Molloy, 2012).

6.1.4 Riesgos y limitaciones de la automatización educativa

A pesar de sus ventajas, la automatización educativa presenta riesgos y limitaciones que las instituciones de formación sanitaria deben gestionar. El riesgo más significativo es la deshumanización de la experiencia formativa: la automatización excesiva de la comunicación y retroalimentación puede hacer que los estudiantes sientan que su desarrollo no es acompañado por personas interesadas en su progreso, afectando la motivación, el sentido de pertenencia y el bienestar emocional (Selwyn, 2011). Este riesgo es relevante en la formación sanitaria, donde el desarrollo de actitudes humanistas requiere relaciones de mentoría genuinas.

La automatización de la calificación con inteligencia artificial plantea preguntas sobre validez y equidad que deben ser abordadas rigurosamente. Los sistemas de calificación automatizada pueden presentar sesgos por estilo de escritura, vocabulario o estructura sintáctica, perjudicando a estudiantes de contextos lingüísticos y culturales no dominantes. La dependencia excesiva en sistemas automatizados de gestión del aprendizaje puede generar una falsa sensación de control pedagógico basada en métricas de actividad (accesos, tiempo en plataforma, completud de actividades) que no reflejan la profundidad del aprendizaje (UNESCO, 2022).

6.2 Uso de herramientas no-code

Las herramientas de automatización no-code han democratizado la automatización de procesos educativos, haciéndolas accesibles para docentes y coordinadores sin conocimientos de programación. Plataformas como Zapier, Make, n8n, Microsoft Power Automate e IFTTT permiten diseñar flujos de trabajo automatizados que conectan aplicaciones y servicios digitales mediante interfaces visuales, sin escribir código. Para los programas de formación sanitaria, estas herramientas permiten automatización antes solo accesible a instituciones con equipos de desarrollo de software (Cope y Kalantzis, 2017).

La adopción de herramientas no-code en la gestión educativa sanitaria crece, impulsada por plataformas digitales con APIs abiertas y por instrucciones y plantillas de automatización específicas en comunidades de usuarios. El diseño de

automatizaciones educativas efectivas requiere competencias técnicas en herramientas no-code y una comprensión pedagógica de los procesos adecuados para la automatización y el diseño de flujos de trabajo que contribuyan a los objetivos formativos.

6.2.1 Zapier y Make: características y usos educativos

Zapier es la plataforma de automatización no-code con más de 6.000 integraciones, incluyendo LMS (Moodle, Canvas, Google Classroom), herramientas de comunicación (Gmail, Outlook, Slack, Microsoft Teams), hojas de cálculo (Google Sheets, Excel Online) y sistemas de gestión (Airtable, Notion). En el contexto educativo sanitario, Zapier puede automatizar flujos como: al completar un formulario de registro en Google Forms, se crea una cuenta en Moodle, se añade al grupo de Teams de su cohorte y se envía un correo de bienvenida con los materiales del programa. Estos flujos, que requerirían intervención manual de varios miembros del personal, se ejecutan automáticamente en segundos con total consistencia y sin errores.

Make es una alternativa a Zapier con mayor personalización de flujos de trabajo, incluyendo lógica condicional, bucles, iteraciones y manejo de errores sofisticados. Su interfaz visual de diseño de flujos de trabajo modular es intuitiva para usuarios con pensamiento algorítmico básico y permite automatizaciones más complejas que las que Zapier gestiona. En formación sanitaria con automatización compleja (integración de sistemas, lógica de decisión, procesamiento de datos), Make puede ser la opción adecuada. Su costo es generalmente menor que el de Zapier para altos volúmenes de automatizaciones, relevante para instituciones con presupuestos ajustados.

6.2.2 Microsoft Power Automate en universidades

Microsoft Power Automate (anteriormente Microsoft Flow) es relevante para instituciones de formación sanitaria que usan Microsoft 365 (*Teams, SharePoint, OneNote, Forms, Excel Online, Planner*), ya que ofrece integraciones nativas con estas herramientas sin APIs intermedias. Power Automate permite diseñar flujos de trabajo que recopilan automáticamente evaluaciones de prácticas clínicas en Microsoft Forms, las consolidan en una hoja de Excel Online vinculada al portafolio

de competencias del estudiante en SharePoint y notifican al coordinador cuando un estudiante alcanza el umbral de competencia para progresar al siguiente nivel de rotación. La integración con Teams permite notificaciones instantáneas a los actores relevantes en eventos académicos significativos.

El ecosistema Power Platform de Microsoft, que combina Power Automate, Power Apps, Power BI y Power Virtual Agents, ofrece a instituciones con licencias Microsoft 365 Education un entorno de automatización y analítica educativa sin costos adicionales. Las plantillas prediseñadas en la galería de Power Automate reducen el tiempo de implementación de automatizaciones estándar y pueden servir como punto de partida para adaptaciones específicas al programa de formación sanitaria. Las licencias Microsoft 365 A1, gratuitas para instituciones educativas, incluyen acceso básico a Power Automate, suficiente para la mayoría de las necesidades de automatización en programas de formación sanitaria medianos.

6.2.3 Automatización de comunicación y seguimiento estudiantil

La automatización de la comunicación con estudiantes impacta significativamente en los programas de formación sanitaria, especialmente en contextos híbridos y en línea, donde la tecnología es el principal canal de contacto entre docentes, coordinadores y estudiantes. Los flujos de trabajo automatizados más valiosos incluyen: recordatorios automáticos de plazos (programados con antelación configurable, con escalada de urgencia), notificaciones de retroalimentación (enviadas cuando un docente publica comentarios), alertas de acceso a recursos obligatorios (cuando un estudiante no accede a ellos antes de la evaluación) y mensajes de bienvenida y orientación personalizados al inicio de cada módulo.

El seguimiento automatizado del progreso estudiantil mediante la integración de datos de múltiples plataformas es una aplicación compleja pero valiosa para coordinadores de programas de formación sanitaria con grandes cohortes. Flujos de trabajo en Make o Power Automate pueden recopilar diariamente datos del LMS, calificaciones, registros del portafolio clínico y puntuaciones de simuladores, consolidarlos en un panel centralizado y generar

alertas automáticas para el tutor cuando un estudiante muestra señales de riesgo (ausencia prolongada, calificaciones por debajo del umbral, reducción de acceso).

6.2.4 Automatización de recursos educativos

Las herramientas no-code se utilizan para la generación semi-automatizada de recursos educativos, aprovechando APIs de inteligencia artificial generativa. Flujos de trabajo que conectan una base de datos de objetivos de aprendizaje con la API de un modelo de lenguaje grande pueden generar automáticamente borradores de preguntas de evaluación, resúmenes de conceptos clave o ejercicios de práctica adaptados al nivel y tema especificados, que los docentes pueden revisar, editar y publicar en menos tiempo que su creación manual. Esta aplicación, aunque necesita supervisión del docente, puede acelerar el desarrollo de bancos de ítems y materiales de aprendizaje en programas de formación sanitaria con recursos limitados (Masters, 2019).

La generación automatizada de informes y certificados es una aplicación útil en la formación continua de profesionales sanitarios. Flujos de automatización que toman datos de cursos del LMS, los procesan en una plantilla de certificado digital y envían automáticamente el certificado al correo del participante, eliminan un proceso manual tardío e inconsistente. En programas de formación con muchos participantes (como los de actualización de profesionales sanitarios organizados por ministerios de salud y colegios profesionales), la automatización puede ahorrar tiempo administrativo y mejorar la experiencia del participante.

6.3 Integración de plataformas con APIs

Las APIs permiten a plataformas digitales comunicarse e intercambiar datos de forma estructurada y segura. La disponibilidad de APIs abiertas y documentadas en LMS, simulación clínica, sistemas de evaluación y plataformas de comunicación en formación sanitaria permite la automatización de procesos y la analítica del aprendizaje integrada. Comprender los principios de las APIs, sus posibilidades y limitaciones, es una competencia técnica relevante para los responsables de la gestión tecnológica de programas de formación sanitaria.

La integración mediante APIs supera las herramientas no-code al permitir flujos de datos bidireccionales de alta frecuencia, el procesamiento de grandes

volúmenes de datos educativos en tiempo real y la creación de aplicaciones y *dashboards* personalizados que combinan información de múltiples fuentes con un nivel de granularidad y sofisticación que las herramientas estándar no ofrecen. El aprovechamiento de las APIs educativas requiere competencias de programación y colaboración entre equipos pedagógicos y de desarrollo tecnológico.

6.3.1 APIs de LMS: Moodle, Canvas y capacidades

Los principales LMS ofrecen APIs REST documentadas que exponen la mayoría de las funcionalidades a través de *endpoints* accesibles por HTTP. La API REST de Moodle permite crear y gestionar usuarios, cursos, matricular estudiantes, publicar calificaciones, recuperar registros de actividad y modificar contenidos del curso. La API de Canvas, una de las mejor diseñadas en LMS, ofrece *endpoints* para casi todas las funcionalidades de la plataforma y está bien documentada con ejemplos. Estas APIs permiten integrar LMS con sistemas externos (registros de salud, gestión hospitalaria, portafolio clínico) que generan datos educativos relevantes en la práctica clínica.

El estándar LTI (*Learning Tools Interoperability*), del consorcio IMS Global, es el mecanismo más adoptado para integrar herramientas externas en LMS de forma segura y con transferencia de datos estandarizada. LTI 1.3 incluye soporte para la sincronización de calificaciones mediante Names and Roles *Provisioning Services y Assignment* and Grade Services, permitiendo que simuladores clínicos, plataformas de evaluación y herramientas de portafolio registren automáticamente calificaciones en el LMS sin intervención manual. La adopción de LTI por los principales proveedores de simulación clínica (*Body Interact, i-Human, OssoVR*) facilita su integración en currículos gestionados por LMS sin complejidades técnicas.

6.3.2 Estándares de datos educativos: xAPI, SCORM, cmi5

Los estándares de datos educativos son protocolos que definen cómo los sistemas de aprendizaje registran y comunican información sobre las experiencias del estudiante. SCORM (*Sharable Content Object Reference Model*) es el estándar más común que define cómo se empaquetan los objetos de aprendizaje (cursos, módulos, lecciones) y comunican su estado (completado, aprobado, tiempo,

calificación) al LMS. SCORM es funcional para el seguimiento de completación y calificación, pero tiene limitaciones: no registra el proceso de aprendizaje, no soporta el aprendizaje móvil ni offline, y no permite registrar experiencias fuera del LMS (simuladores, observaciones clínicas, aprendizaje informal).

xAPI (Experience API o Tin Can API) es el estándar moderno que supera SCORM, permitiendo registrar cualquier experiencia de aprendizaje en cualquier dispositivo y contexto, mediante declaraciones del tipo "El actor realizó la acción en el objeto". Un simulador clínico xAPI-compatible puede reportar a un *Learning Record Store* (LRS) declaraciones como "El estudiante completó el procedimiento de intubación en el escenario de vía aérea difícil con una puntuación de 87/100", información que el LRS integra con datos de otras plataformas para construir una visión del desarrollo del estudiante. El estándar cmi5, que combina xAPI con el lanzamiento y seguimiento de SCORM, está ganando adopción en la formación corporativa y de salud por ofrecer lo mejor de ambos mundos.

6.3.3 Learning Record Stores (LRS) en formación sanitaria

Un *Learning Record Store* (LRS) es un repositorio para almacenar y consultar declaraciones xAPI de diversos sistemas de aprendizaje. Un LRS centralizado puede consolidar datos de experiencias de aprendizaje de diversas fuentes: módulos en el LMS, simuladores clínicos, evaluaciones en rotaciones clínicas, aprendizaje móvil, cursos en plataformas externas y registros de asistencia a actividades presenciales. La consolidación de datos dispersos en un único repositorio es el primer paso para construir análisis longitudinales del desarrollo del estudiante que integren su trayectoria formativa (Siemens, 2005).

Las plataformas LRS más usadas en educación médica son SCORM Cloud, *Learning Locker y Watershed* LRS. La elección de un LRS debe considerar su capacidad de almacenamiento, integración con sistemas existentes, funcionalidades de análisis y visualización de datos, y soporte técnico disponible. Las facultades de ciencias de la salud que exploran la analítica avanzada del aprendizaje deben considerar un LRS como una inversión estratégica. Su retorno se materializa a medida que se integran más fuentes de datos y se sofistican los análisis.

6.3.4 Integración de plataformas clínicas y educativas

La integración de plataformas educativas (LMS, portafolios, evaluación) y sistemas de información clínica (registros de salud, información de laboratorio, imagen médica) es la frontera con mayor potencial y complejidad técnica en el ecosistema digital de la formación sanitaria. Esta integración permitiría que el aprendizaje clínico del estudiante se registrara automáticamente en el entorno hospitalario: cada procedimiento supervisado, cada paciente atendido y cada decisión diagnóstica se documentaría digitalmente en el portafolio de competencias del estudiante, eliminando el registro manual, que es la principal fuente de ineficiencia en los sistemas de seguimiento de la formación clínica.

Los estándares HL7 FHIR y SMART on FHIR facilitan la integración entre sistemas de información sanitaria y plataformas digitales mediante APIs estandarizadas y seguras. SMART on FHIR permite a aplicaciones autorizadas acceder a datos de salud en sistemas HL7 FHIR, con el consentimiento del paciente y bajo control de acceso. La aplicación de estos estándares en el contexto educativo, explorada en proyectos piloto en facultades de medicina de EE. UU. y Europa, podría transformar la calidad y completud del seguimiento de la formación clínica al eliminar la brecha entre el registro educativo y clínico (OMS, 2021).

6.4 Analítica del aprendizaje digital

La analítica del aprendizaje (*learning analytics*, LA) mide, recopila, analiza y comunica datos sobre estudiantes y sus contextos, para comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos donde ocurre (Siemens, 2005). La definición inaugural de LA, presentada en la 1st International *Conference on Learning Analytics and Knowledge* (LAK 2011), ha guiado el desarrollo de una disciplina que combina métodos de ciencias de datos, psicología educativa, informática y gestión educativa para transformar datos de plataformas digitales en inteligencia pedagógica accionable.

En la formación sanitaria, la analítica del aprendizaje es relevante por la complejidad de los currículos, la necesidad de garantizar competencias clínicas antes del egreso y la detección temprana de estudiantes en riesgo antes de la práctica clínica real. Analizar patrones de aprendizaje por cohorte, identificar

secuencias de actividades asociadas a mejores resultados de competencia clínica y optimizar el diseño curricular con datos de uso y rendimiento representa un cambio en la gestión de la calidad de la formación sanitaria.

6.4.1 Tipos de analítica del aprendizaje

La analítica del aprendizaje se clasifica en tres tipos según su alcance temporal. La analítica descriptiva responde a "¿qué ha ocurrido?" visualización y análisis de datos históricos sobre comportamiento y rendimiento de estudiantes: tasa de completud de actividades, distribución de calificaciones, patrones de acceso a recursos, evolución del rendimiento en el curso. La analítica predictiva responde a "¿qué ocurrirá?" mediante modelos estadísticos o de aprendizaje automático que identifican, según patrones históricos, qué estudiantes tienen mayor probabilidad de reprobar un examen, abandonar el programa o completar una rotación clínica compleja. La analítica prescriptiva responde a "¿qué hacerse?" Recomendaciones de intervención pedagógica basadas en análisis descriptivos y predictivos.

La analítica del aprendizaje se puede centrar en el individuo (seguimiento del progreso y personalización de intervenciones), en el grupo (análisis del comportamiento y rendimiento de grupos colaborativos), en el curso (evaluación de la efectividad de actividades y recursos de un módulo) o en el programa (análisis del rendimiento de cohortes a lo largo del curriculum). Cada nivel de análisis tiene implicaciones pedagógicas y de gobernanza que deben considerarse en el diseño de sistemas de analítica. El análisis a múltiples niveles ofrece la visión más completa y accionable para mejorar la calidad formativa.

6.4.2 Indicadores de aprendizaje en LMS

Las plataformas LMS registran automáticamente indicadores de comportamiento digital que sirven como *proxies* del *engagement* y progreso de los estudiantes. Los indicadores de actividad analizados incluyen: frecuencia y tiempo de acceso al LMS (hábito de estudio), número de páginas y recursos visitados (exploración de contenidos), participación en foros (interacción con pares y docentes), tasa de completud de actividades (cumplimiento académico), número de intentos en cuestionarios (persistencia) y calificaciones en evaluaciones

(desempeño académico). La investigación en analítica del aprendizaje ha identificado que combinaciones específicas de estos indicadores son predictores más precisos del rendimiento final que cualquier indicador individual.

El modelo de retención de Tinto (1975, actualizado) sugiere que la persistencia en el programa depende de la integración académica y social del estudiante. Esto puede medirse con indicadores de analítica del aprendizaje: la frecuencia de interacción con el LMS indica la integración académica y la participación en foros refleja la integración social digital. Los estudios que aplicaron este marco al análisis de datos de LMS en medicina y enfermería identificaron que los estudiantes con menor interacción en las primeras semanas presentan tasas de abandono más altas al final del semestre, lo que permite una intervención temprana valiosa.

6.4.3 Modelos predictivos y sistemas de alerta

Los sistemas de alerta temprana (EWS) son aplicaciones de analítica predictiva que identifican automáticamente a estudiantes en riesgo de dificultades académicas, analizando sus patrones de comportamiento digital y resultados de evaluación. En la formación sanitaria, donde el riesgo de reprobación o abandono tiene consecuencias significativas, los EWS permiten intervenir con apoyo pedagógico personalizado antes de que se produzca un fracaso académico irreversible. Sistemas como Course Signals (Purdue University), ALAS (Universidad Autónoma de Madrid) y modelos predictivos en Canvas y Moodle han mostrado, en estudios observacionales, asociaciones positivas entre alertas y aumento de tasas de retención y rendimiento académico.

El diseño de modelos predictivos para programas de formación sanitaria debe incluir variables contextuales que los modelos genéricos no consideran: rendimiento en simuladores clínicos, tasa de completud del portafolio de procedimientos, calificaciones en rotaciones hospitalarias y resultados en evaluaciones de habilidades. La combinación de indicadores clínicos y de comportamiento en el LMS permite construir modelos predictivos más precisos y pertinentes para la formación sanitaria que los obtenidos solo con datos de plataformas virtuales. La validación de estos modelos mediante estudios

prospectivos es esencial antes de su implementación, dado el impacto potencial de las intervenciones.

6.4.4 Ética y privacidad en analítica del aprendizaje

La analítica del aprendizaje plantea dilemas éticos que la comunidad de investigadores y profesionales ha comenzado a abordar sistemáticamente en los últimos años. El dilema entre el beneficio de la analítica (intervención oportuna, personalización del aprendizaje, mejora de la retención) y el costo en privacidad (monitoreo del comportamiento digital de los estudiantes) no tiene solución simple y requiere un balance cuidadoso mediante políticas institucionales claras. Los estudiantes tienen derecho a saber qué datos se recopilan sobre su comportamiento digital, cómo se utilizan, cuánto tiempo se almacenan y quién tiene acceso (UNESCO, 2022).

El marco Code *of Practice for Learning Analytics*, desarrollado por Jisc y organizaciones de educación superior del Reino Unido, propone principios éticos para la analítica del aprendizaje: transparencia (los estudiantes son informados sobre el uso de sus datos), derechos de los estudiantes (pueden solicitar la revisión y corrección de sus datos), proporcionalidad (solo se recopilan los datos necesarios), limitación del uso (los datos no se utilizan para fines distintos) y rendición de cuentas (responsabilidad institucional clara sobre el uso de los datos). Estos principios son aplicables al diseño de sistemas de analítica del aprendizaje en programas de formación sanitaria y deben integrarse desde la fase de diseño, no como un añadido posterior.

6.4.5 Implementación de LA en programas de ciencias de la salud

La implementación de sistemas de analítica del aprendizaje en formación sanitaria requiere inversión técnica, desarrollo de competencias analíticas en equipos docentes y directivos, y una cultura institucional de decisiones basadas en evidencia. Las experiencias exitosas de implementación de LA en facultades de medicina y salud indican que el factor más determinante no es la sofisticación de las herramientas, sino la capacidad de docentes y coordinadores para interpretar y actuar sobre los datos de manera oportuna y fundamentada. Un sistema de alertas tempranas que genera notificaciones sin consultas o intervenciones

concretas carece de valor pedagógico, sin importar la precisión del modelo predictivo.

Los programas piloto de LA, que comienzan con un conjunto reducido de indicadores en un curso específico antes de extenderse a la institución, son la estrategia más recomendada en la literatura. Este enfoque permite a los docentes familiarizarse con la interpretación de datos, identificar prácticas de intervención efectivas y construir rutinas de revisión periódica que sustentan una cultura de mejora continúa basada en evidencia. La participación de los estudiantes en la revisión de sus datos analíticos y en el diseño de intervenciones de apoyo aumenta la efectividad al incrementar su autoconciencia sobre patrones de aprendizaje.

6.5 Visualización de datos educativos

La visualización de datos educativos transforma conjuntos de datos en representaciones gráficas comprensibles para docentes, coordinadores y estudiantes. La calidad de la visualización determina si los datos analíticos generan comprensión accionable o quedan enterrados en tablas que nadie interpreta. El diseño de visualizaciones educativas combina ciencia de datos con comunicación gráfica y diseño centrado en el usuario (Mayer, 2002).

Los *dashboards* de analítica del aprendizaje consolidan en una pantalla los indicadores más relevantes del progreso individual o grupal y son la modalidad de visualización más utilizada en los sistemas de gestión del aprendizaje. Los LMS avanzados (*Canvas, Blackboard, D2L Brightspace*) incluyen *dashboards* nativos para docentes y estudiantes que muestran indicadores de progreso del curso sin necesidad de habilidades técnicas. Las necesidades de visualización de programas de formación sanitaria, que involucran múltiples fuentes de datos (LMS, simuladores, evaluaciones clínicas, portafolios) y horizontes temporales, a menudo superan las capacidades de los *dashboards* nativos y requieren herramientas de visualización más potentes.

6.5.1 Herramientas de visualización de datos en educación

Tableau es la herramienta de visualización de datos más adoptada en empresas y en instituciones de educación superior para la gestión de datos académicos. Tableau permite crear visualizaciones interactivas de alta calidad

combinando múltiples fuentes de datos (LMS, hojas de cálculo, bases de datos SQL) sin programación. Tableau Public (gratuito) y *Tableau for Students and Educators* (licencia reducida) son opciones accesibles para instituciones con presupuestos limitados. Power BI de Microsoft es una alternativa potente, ideal para instituciones que usan Microsoft 365, con integración nativa a Excel Online, SharePoint y Teams. Ambas herramientas ofrecen bibliotecas de plantillas de visualización educativas que facilitan el desarrollo de *dashboards* académicos sin empezar desde cero.

Usuarios con habilidades de programación pueden utilizar bibliotecas de visualización de datos de Python (*Matplotlib, Seaborn, Plotly*) y R (ggplot2, Shiny) que ofrecen mayor personalización y flexibilidad analítica que herramientas no-code, especialmente para análisis estadísticos avanzados de datos educativos longitudinales. La combinación de Jupyter Notebooks con Python y librerías como Pandas y Scikit-learn permite realizar análisis de aprendizaje automático sobre grandes conjuntos de datos educativos con una transparencia y reproducibilidad que las herramientas visuales no ofrecen. En programas de formación sanitaria con equipos de investigación en educación médica, estas herramientas de programación para análisis de datos sirven para la gestión interna y la producción de investigación educativa publicable.

6.5.2 Dashboards docentes: diseño e indicadores

Los *dashboards* de analítica del aprendizaje para docentes de programas sanitarios deben centrarse en las preguntas pedagógicas clave: ¿Qué estudiantes están en riesgo de no alcanzar los objetivos del módulo? ¿Qué conceptos o habilidades generan más dificultad en la cohorte? ¿Cuáles son los recursos educativos más y menos usados? ¿Es adecuada la distribución del tiempo de estudio de los estudiantes? La selección de indicadores en el *dashboard* debe basarse en la relevancia pedagógica, no en la disponibilidad técnica. Mostrar todos los datos en un *dashboard* sobrecargado genera confusión (Mayer, 2002).

Los principios de diseño de *dashboards* educativos sanitarios son: enfoque en indicadores accionables (métricas intervenibles por el docente), reducción de carga cognitiva (máximo 5-7 visualizaciones en pantalla), uso de escalas de color

semafóricas para identificación rápida (verde-amarillo-rojo), inclusión de contexto histórico para interpretar valores actuales (comparación con cohortes anteriores o media del programa) y diseño adaptable a múltiples dispositivos (consulta desde móvil durante rotaciones clínicas). Los *dashboards* deben evaluarse periódicamente con los usuarios para ajustar su diseño a las necesidades de docentes y coordinadores.

6.5.3 Dashboards estudiantiles: transparencia y agencia

Los *dashboards* de analítica del aprendizaje orientados al estudiante buscan aumentar la autoconciencia del estudiante sobre sus patrones de aprendizaje y proporcionarle información para tomar decisiones más reflexivas sobre su estudio. La investigación sobre *dashboards* para estudiantes muestra que, bien diseñados, fomentan la autorregulación del aprendizaje, la comparación del rendimiento con el promedio de la cohorte y la identificación de áreas que requieren más dedicación. Los *dashboards* que presentan comparaciones excesivas pueden generar ansiedad, especialmente en estudiantes de ciencias de la salud con altos niveles de estrés académico (Boud y Molloy, 2012).

En la formación sanitaria, los *dashboards* para estudiantes deben mostrar no solo indicadores académicos (calificaciones, tasa de completud) sino también el progreso en competencias clínicas del portafolio, resultados en simuladores y cumplimiento de requisitos de práctica clínica (número de procedimientos, variedad de casos, evaluaciones de tutores). Esta visualización de la trayectoria formativa del estudiante le ofrece una perspectiva de su desarrollo que ayuda a identificar brechas de competencia y a planificar su próximo período de formación clínica.

6.5.4 Visualización del rendimiento de cohortes para mejorar el currículo

La visualización del rendimiento de cohortes a lo largo del tiempo es valiosa para coordinadores y comités curriculares de ciencias de la salud, al ofrecer evidencia objetiva sobre la efectividad del curriculum que complementa las evaluaciones de docentes y estudiantes. Los mapas de calor que muestran tasas de reprobación y promedios de calificación por módulo y año permiten identificar visualmente los puntos de mayor dificultad del curriculum y orientar las decisiones

de revisión curricular hacia las áreas más necesitadas. Las visualizaciones de series temporales del rendimiento de cohortes permiten evaluar si las intervenciones curriculares han producido mejoras sostenidas.

Los análisis de redes de aprendizaje (*Learning Network Analytics*) visualizan patrones de interacción entre estudiantes en foros y actividades del LMS, identificando la estructura de comunidades de aprendizaje: quiénes son nodos centrales (líderes informales), quiénes están en la periferia (posibles estudiantes aislados) y cómo varía la densidad de interacciones en el módulo. Esta información puede guiar intervenciones pedagógicas para formar grupos de trabajo colaborativo e identificar estudiantes que requieren apoyo para su integración social en la comunidad de aprendizaje (Johnson y Johnson, 2009).

6.6 Seguimiento del progreso estudiantil

El seguimiento del progreso estudiantil es una responsabilidad clave en programas de formación en ciencias de la salud, por su impacto en la calidad de la formación y la seguridad de futuros pacientes. Un estudiante que avanza en el currículo con déficits no detectados representa un riesgo que el sistema formativo debe identificar y abordar antes de que ejerza de manera autónoma sobre pacientes. La tecnología permite sistemas de seguimiento más completos y continuos que la formación presencial (Norcini et al., 2018; van der Vleuten y Schuwirth, 2016).

Los sistemas de seguimiento del progreso estudiantil en formación sanitaria deben integrar indicadores de múltiples competencias: cognitiva (conocimiento clínico, razonamiento diagnóstico), procedimental (habilidades técnicas, exploración física), comunicativa y colaborativa (interacción con pacientes y equipos), y profesionalismo (valores éticos de la práctica sanitaria). La evaluación centrada en el dominio cognitivo, que ha dominado los sistemas de seguimiento en la formación médica, ofrece una imagen incompleta del desarrollo del estudiante como profesional de la salud.

6.6.1 Portafolios electrónicos para competencias clínicas

Los portafolios electrónicos de competencias clínicas son el instrumento más completo para seguir el progreso en la formación sanitaria, documentando

longitudinalmente las evidencias del desarrollo del estudiante en todos los dominios de competencia. Un portafolio electrónico bien diseñado integra evaluaciones del desempeño clínico (mini-CEX, DOPS, registros de casos), autoevaluaciones del estudiante, retroalimentación de evaluadores (tutores, mentores, evaluadores de simulación, pacientes), resultados de exámenes y registros de procedimientos y experiencias clínicas (Boud y Molloy, 2012; van der Vleuten y Schuwirth, 2016).

Plataformas de portafolio electrónico para formación médica, como ePortfolio de Mahara, One45, Exxat y Medfolio, ofrecen funciones para el seguimiento de competencias clínicas: matrices de competencias basadas en marcos internacionales (CanMEDS, ACGME), herramientas de observación digital del desempeño, sistemas de análisis de evidencias para cada competencia y paneles de visualización del progreso del estudiante y de la cohorte. La integración de sistemas de portafolio con LMS y registros de evaluación de simulación clínica genera una vista longitudinal del desarrollo del estudiante, base de los sistemas de evaluación programática recomendados por organizaciones de educación médica.

6.6.2 Evaluación programática y uso de evidencias acumulativas

La evaluación programática, propuesta por van der Vleuten et al. (2016) y actualizada por van der Vleuten y Schuwirth (2016), es el paradigma más avanzado en la formación sanitaria actual. Este enfoque concibe la evaluación como un proceso continuo de recopilación de evidencias sobre el desarrollo de competencias a lo largo del curriculum. Las decisiones de progresión del estudiante se basan en el análisis del portafolio, no en el resultado de un examen individual. La tecnología es esencial en la evaluación programática, al ofrecer la infraestructura para el almacenamiento, organización y análisis de las fuentes de evidencia necesarias.

Los sistemas de evaluación programática con tecnología permiten identificar con precisión los patrones de variación sistemática en las evaluaciones entre evaluadores (sesgo del evaluador) y contextos (varianza del contexto), que son las principales fuentes de error en la evaluación de competencias clínicas. El

análisis estadístico de las calificaciones en el portafolio electrónico puede identificar evaluadores que califican por encima o por debajo del promedio, contextos de rotación con calificaciones sistemáticamente más bajas y herramientas de evaluación con baja confiabilidad entre evaluadores. Esta información es esencial para calibrar el sistema de evaluación y mejorar la equidad y validez de las decisiones de progresión.

6.6.3 Sistemas de alerta temprana y apoyo académico

Los sistemas de alerta temprana en LMS y plataformas de analítica del aprendizaje aplican directamente el seguimiento del progreso estudiantil a la intervención pedagógica. Un sistema de alerta temprana detecta señales de riesgo en el comportamiento o rendimiento de un estudiante (ausencia prolongada del LMS, calificaciones bajas, no completud de actividades, rendimiento en el simulador por debajo del percentil de riesgo) y notifica automáticamente al tutor, quien puede contactar al estudiante e iniciar un apoyo personalizado antes de que la situación empeore. La investigación muestra que las alertas automáticas tempranas son más efectivas que las tardías para revertir riesgos académicos.

Los planes de apoyo académico personalizado ante alertas tempranas deben combinar recursos tecnológicos (recomendaciones de estudio, acceso a sesiones tutoriales en el LMS, ejercicios adaptativos) con apoyo humano (reuniones con el tutor, sesiones de simulación supervisada, mentoría entre pares). La tecnología identifica problemas y sugiere recursos, pero el apoyo emocional, la orientación en estrategias de aprendizaje y la evaluación del contexto del estudiante requieren la intervención de un docente o consejero capacitado para acompañar dificultades académicas en la formación sanitaria (Boud y Molloy, 2012).

6.6.4 Seguimiento de habilidades y registros clínicos

El seguimiento del desarrollo de habilidades procedimentales es clave en disciplinas clínicas y requiere herramientas de registro específicas, más allá de las calificaciones en cuestionarios. Los *logbooks* electrónicos permiten al estudiante documentar procedimientos clínicos durante rotaciones hospitalarias: tipo de procedimiento, nivel de supervisión (observado, asistido, supervisado, autónomo), evaluación del supervisor, reflexión del estudiante y evidencias multimedia

(fotografías, videos breves con consentimiento del paciente) cuando corresponde. La acumulación de estos registros en el curriculum construye un historial de experiencia clínica que documenta la cantidad y calidad de la práctica del estudiante.

Los sistemas de análisis de suficiencia procedimental en plataformas de portafolio electrónico verifican automáticamente si el estudiante ha alcanzado el mínimo de procedimientos requeridos según los estándares del programa y emiten alertas si el ritmo de acumulación de experiencias no cumple con los requisitos al final de la rotación. Esta información permite al coordinador reorganizar las asignaciones clínicas del estudiante, garantizando acceso a las experiencias necesarias para completar el perfil de competencias. La trazabilidad y documentación digital de la experiencia clínica del estudiante cumplen con las exigencias de los organismos de acreditación que verifican la calidad de la formación práctica en ciencias de la salud.

6.7 Optimización de procesos académicos

La optimización de procesos académicos con tecnología va más allá de la automatización de tareas, abarcando la mejora sistémica de la experiencia formativa en programas de ciencias de la salud: desde la planificación curricular y gestión de rotaciones hasta la evaluación de docentes y gestión de recursos de aprendizaje. La tecnología, al integrarse con una visión estratégica de calidad formativa, transforma la eficiencia y coherencia de los procesos académicos, liberando recursos para la mejora continua de la calidad pedagógica (Norcini et al., 2018).

La optimización de procesos académicos es un medio para mejorar la calidad de la experiencia formativa del estudiante y la efectividad de la organización docente. Las iniciativas de optimización centradas solo en la eficiencia administrativa, sin considerar su impacto en la calidad pedagógica, pueden optimizar procesos equivocados: hacer más rápido lo que no debería hacerse. La revisión crítica de los procesos académicos debe preceder a cualquier iniciativa de optimización tecnológica para identificar cuáles añaden valor y cuáles son redundantes.

6.7.1 Gestión de rotaciones y horarios clínicos con tecnología.

La gestión de rotaciones clínicas en programas de formación sanitaria es un proceso administrativo complejo, especialmente en cohortes numerosas que deben distribuirse entre múltiples sitios de práctica clínica con diversas capacidades y requisitos de supervisión. Los sistemas de gestión de rotaciones automatizan la planificación y asignación de rotaciones, verificando el cumplimiento de las restricciones del programa (distribución equitativa de sitios, requisitos mínimos de tiempo en cada especialidad, disponibilidad de tutores) y generando calendarios de rotación en menos tiempo que la planificación manual. Plataformas como MedHub, Amion y Residency Management Suite han reducido significativamente el tiempo administrativo en la gestión de rotaciones y conflictos de programación (Frank et al., 2015).

La integración de los sistemas de gestión de rotaciones con los portafolios electrónicos y sistemas de evaluación permite registrar automáticamente el historial de rotaciones del estudiante en su portafolio de competencias, actualizando de inmediato los indicadores de suficiencia de experiencias clínicas del programa. Esta integración elimina el registro manual duplicado que causa incongruencias entre los sistemas de gestión académica y los portafolios de los estudiantes, garantizando la trazabilidad y coherencia de la documentación de la trayectoria clínica del estudiante desde su primer día de práctica.

6.7.2 Planificación curricular por datos

La planificación curricular basada en datos utiliza información de analítica del aprendizaje y evaluación para guiar decisiones de diseño y revisión del curriculum de forma objetiva y basada en evidencia, a diferencia de los procesos tradicionales que dependen del consenso entre docentes. Los datos de rendimiento de los estudiantes en los módulos del currículo, la correlación entre el rendimiento en ciencias básicas y en rotaciones clínicas, la identificación de competencias no alcanzadas en las evaluaciones de egreso y los resultados de los graduados en exámenes de certificación son fuentes de evidencia que deben alimentar los procesos de revisión curricular.

Los mapas curriculares digitales visualizan la distribución de objetivos de aprendizaje, métodos de enseñanza e instrumentos de evaluación. Son herramientas útiles para identificar brechas (objetivos no abordados o insuficientemente desarrollados), redundancias (objetivos duplicados sin progresión coherente) e inconsistencias de alineación (objetivos enseñados, pero no evaluados, o evaluados sin enseñanza adecuada). La integración de mapas curriculares digitales con datos de rendimiento permite visualizar qué partes del currículo generan el aprendizaje esperado y cuáles necesitan revisión.

6.7.3 Evaluación y mejora de la calidad docente

La evaluación de la calidad docente en ciencias de la salud es un proceso multidimensional que integra diversas fuentes de información: encuestas de satisfacción estudiantil, observaciones del desempeño docente, evaluación por pares, autoevaluación del docente y análisis de datos de aprendizaje de los estudiantes. Las plataformas de gestión de evaluación docente, integradas en sistemas de información académica, centralizan la recopilación de evidencias, calculan indicadores de calidad docente y generan informes de retroalimentación individualizados que orientan el desarrollo profesional del docente de forma más específica y basada en datos que las evaluaciones de satisfacción estudiantil.

La correlación entre los resultados de aprendizaje de los estudiantes y las prácticas docentes de los profesores es una línea de investigación educativa relevante que la analítica del aprendizaje está comenzando a permitir en los programas de formación sanitaria. La atribución causal entre prácticas docentes y resultados de aprendizaje es compleja, pero el análisis de patrones por cohorte y tiempo puede identificar características de entornos docentes (interactividad, retroalimentación, métodos de enseñanza) asociadas con mejores resultados de competencia clínica en estudiantes. Esta información puede guiar los programas de desarrollo profesoral hacia prácticas de mayor impacto.

6.7.4 Eficiencia en gestión de recursos educativos

La gestión eficiente de recursos educativos digitales en programas de formación sanitaria requiere sistemas de información que rastreen el uso, la popularidad y la pertinencia de cada recurso. Los datos de analítica del LMS

ofrecen información valiosa para decisiones: qué recursos son más consultados, cuáles generan mayor tiempo de interacción, cuáles están desactualizados y la relación entre el acceso a ciertos recursos y el rendimiento en evaluaciones.

La gestión de licencias de software educativo (simuladores clínicos, atlas de anatomía, plataformas de evaluación) basada en datos de uso es relevante para instituciones con presupuestos ajustados. El análisis de registros de uso puede identificar licencias infrautilizadas que generan costos innecesarios o detectar plataformas con alta demanda que requieren más licencias para reducir los tiempos de espera que afectan el aprendizaje de los estudiantes. La gestión de licencias basada en datos puede generar ahorros significativos en los presupuestos de tecnología educativa de las facultades de ciencias de la salud, asegurando que la inversión se concentre en herramientas con mayor impacto pedagógico.

6.7.5 Mejora continua con ciclos PDCA en gestión educativa

El ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar) se aplica en la gestión educativa sanitaria para impulsar la mejora continua basada en datos. La fase de Planificar establece indicadores; Hacer implementa acciones curriculares y docentes; Verificar evalúa el impacto mediante analítica del aprendizaje; y Actuar consolida avances. La integración del PDCA con analíticas de aprendizaje y acreditación externa constituye un sistema coherente que optimiza el rendimiento estudiantil, los resultados en certificaciones y la evaluación institucional, posicionando a la tecnología como un pilar fundamental para la excelencia en la formación en ciencias de la salud (van der Vleuten y Schuwirth, 2016; Norcini et al., 2018).

Tabla 6.1.

Herramientas de automatización y analítica aplicadas a la formación sanitaria

Categoria	Herramientas representativas	Aplicación en formación sanitaria
Automatización no-code	Zapier, Make, Power Automate, IFTTT	Notificaciones automáticas, matriculación, generación de informes periódicos, sincronización entre plataformas
LMS y portafolio	Moodle, Canvas, One45, Mahara	Seguimiento longitudinal de competencias, registro de procedimientos, evaluación programática

Analítica descriptiva	Tableau, Power BI, dashboards LMS	Visualización del rendimiento de cohortes, identificación de brechas curriculares, informes de acreditación
Analítica predictiva	Modelos ML integrados en Canvas, ALAS	Alertas tempranas, identificación de riesgo de abandono, intervención pedagógica oportuna
Estándares de datos	xAPI, LTI 1.3, cmi5, SCORM	Integración de simuladores con LMS, registro de experiencias clínicas, portabilidad de datos
Gestión de rotaciones	MedHub, Amion, sistemas ad hoc	Planificación automatizada de rotaciones, verificación de requisitos de exposición clínica
Mejora continua	Ciclos PDCA con datos analíticos	Revision curricular basada en evidencia, evaluación del impacto de innovaciones pedagógicas

Nota. Automatización y analítica aplicadas a la formación sanitaria. Fuente: Elaboración propia a partir de, Norcini et al. (2018), van der Vleuten y Schuwirth (2016) y UNESCO (2022).

REFERENCIAS

Boud, D., & Molloy, E. (2012). What is the problem with feedback? In D. Boud & E. Molloy (Eds.), *Feedback in higher and professional education* (pp. 1–10). Routledge.

Cope, B., & Kalantzis, M. (2017). *E-learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315639215

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6th ed.). Elsevier.

Frank, J. R., Snell, L., & Sherbino, J. (Eds.). (2015). *CanMEDS 2015 physician competency framework*. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. https://canmeds.royalcollege.ca/en/framework

Garrison, D. R. (2017). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice* (3rd ed.). Routledge.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365–379. https://doi.org/10.3102/0013189X09339057

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mayer, R. E. (2002). *Multimedia learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781316941355

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M. F., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, *Diario Oficial de la Unión Europea, L 119*, 1–88 (2016). https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2016/679/oj

Selwyn, N. (2011). *Education and technology: Key issues and debates* (3rd ed.). Bloomsbury Academic.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2*(1), 3–10. http://www.itdl.org/Journal/Jan_05/article01.htm

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* https://doi.org/10.54676/UZQV8501

van der Vleuten, C. P. M. (2016). Revisiting "Assessing professional competence: From methods to programmes." *Medical Education, 50*(9), 885–888. https://doi.org/10.1111/medu.12632

World Health Organization. (2021). *Global strategy on digital health 2020–2025*. https://www.who.int/publications/i/item/9789240020924

Zawacki-Richter, O., & Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in *Computers & Education*. *Computers & Education, 122*, 136–152. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Gilson Alfonso Hidalgo Villavicencio

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3

CAPÍTULO 7

DISEÑO DE RECURSOS Y ACTIVIDADES EDUCATIVAS DIGITALES

Julio Johnny Regalado Jalca [7]

Recibido: 07 May. 2026 | Aceptado: 20 Jun. 2026 | Publicado: 10 Ago. 2026

[7] Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, Ecuador.

julio.regalado@unesum.edu.ec https://orcid.org/0000-0003-1669-8522

7 INTRODUCCIÓN

El diseño de recursos y actividades educativas digitales de calidad pedagógica es una de las competencias más relevantes y menos desarrolladas en el profesorado de ciencias de la salud. Históricamente, el docente universitario en el ámbito sanitario ha sido formado como experto clínico e investigador, no como diseñador de experiencias de aprendizaje. Sin embargo, la transición hacia modelos pedagógicos activos y tecnológicos exige que los docentes asuman este rol de manera competente. El diseño instruccional fundamenta la creación de recursos y actividades educativas efectivas, ofreciendo marcos teóricos, modelos y principios empíricos que orientan las decisiones de diseño digital de docentes en ciencias de la salud (Mayer, 2002; Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

Este capítulo ofrece un marco para el diseño de recursos y actividades educativas digitales en formación sanitaria, centrado en la planificación por competencias, diseño de contenidos multimedia, creación de evaluaciones interactivas, integración de herramientas, diseño de simulaciones, adaptación a niveles y estrategias de implementación en entornos virtuales. El análisis integra principios de diseño instruccional con evidencias sobre estrategias y recursos que producen mejores resultados de aprendizaje en formación clínica.

7.1 Planificación de actividades competenciales

La planificación de actividades educativas en programas de formación sanitaria debe basarse en los resultados de aprendizaje de cada unidad curricular y en los marcos de competencias que guían el perfil de egreso. El principio de alineación constructiva de Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011) establece que las actividades de aprendizaje y los instrumentos de evaluación deben alinearse con los resultados de aprendizaje: se enseña lo que se desea que los estudiantes aprendan y se evalúa lo enseñado. La violación de este principio, frecuente en los currículos de ciencias de la salud, genera incongruencias entre la formación y las competencias exigidas al egresado.

En el diseño de recursos digitales, la planificación por competencias implica identificar el nivel de la taxonomía de aprendizaje que se busca desarrollar, las evidencias de aprendizaje que debe generar la actividad, su integración con

actividades del currículo y los criterios de calidad que guiarán el diseño técnico y pedagógico del recurso. La planificación previa al diseño impacta significativamente la calidad del recurso y se omite frecuentemente por la producción rápida de materiales digitales que replican las limitaciones pedagógicas de los materiales en papel.

7.1.1 Diseño inverso en actividades clínicas digitales

El diseño inverso (*backward design*), propuesto por Wiggins y McTighe (2005) en *Understanding by Design*, es el marco de planificación curricular más influyente en la educación por competencias. Su propuesta es invertir el orden de la planificación docente: primero se definen los resultados de comprensión profunda (etapa 1), luego se identifican las evidencias de comprensión (etapa 2) y finalmente se diseñan las actividades de aprendizaje (etapa 3). En el diseño de recursos digitales en ciencias de la salud, el diseño inverso comienza por las competencias clínicas a desarrollar, no por las herramientas digitales.

El diseño inverso en casos clínicos digitales es ilustrativo. Un caso clínico según este marco comienza por definir las capacidades de razonamiento clínico que debe demostrar el estudiante (etapa 1): formular hipótesis diagnósticas jerarquizadas, identificar pruebas diagnósticas de mayor valor discriminativo y elaborar un plan terapéutico inicial. La etapa 2 define las evidencias que demostrarán que el estudiante ha alcanzado estas capacidades: calidad de la lista de diagnósticos, pertinencia de las pruebas solicitadas e idoneidad del plan terapéutico. En la etapa 3 se diseña el caso clínico digital, con su narrativa, datos clínicos, estructura de ramificación y sistema de retroalimentación, orientado a generar las evidencias definidas en la etapa 2 (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

7.1.2 Taxonomías del aprendizaje y diseño de recursos digitales

Las taxonomías del aprendizaje, especialmente la de Bloom revisada por Anderson y Krathwohl (2001), ofrecen un marco para calibrar la complejidad cognitiva de actividades y recursos digitales. La taxonomía revisada de Bloom distingue seis niveles cognitivos: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar y crear. Los recursos digitales más usados en la formación sanitaria

(presentaciones, videos, cuestionarios) operan en niveles inferiores de la taxonomía (recordar y comprender), mientras que las actividades de mayor impacto en el razonamiento clínico (análisis de casos, diseño de planes, evaluación crítica) se sitúan en niveles superiores (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011; Dent et al., 2021).

El diseño de recursos digitales para niveles superiores de la taxonomía requiere más tiempo y creatividad, pero genera mayores beneficios de aprendizaje que la producción masiva para niveles inferiores. Las actividades digitales que requieren analizar datos clínicos, evaluar opciones diagnósticas y terapéuticas, o diseñar estrategias de intervención en salud en una comunidad específica desarrollan competencias de pensamiento clínico superior necesarias en la práctica médica. El diseñador de recursos digitales en ciencias de la salud debe considerar en qué nivel de la taxonomía opera su propuesta y si es adecuado para los objetivos del programa.

7.1.3 Mapas de competencias e itinerarios de aprendizaje

Los mapas de competencias son representaciones visuales de la estructura jerárquica y relacional de las competencias del perfil de egreso de un programa de formación sanitaria, incluyendo relaciones de prerrequisito y progresión. El diseño de recursos y actividades digitales basado en mapas de competencias asegura que cada recurso aporte de forma específica al desarrollo de competencias del perfil de egreso, y que la secuencia de recursos en el currículo construya progresivamente las competencias necesarias para el ejercicio profesional. La trazabilidad competencia-recurso es exigida por organismos de acreditación de programas de salud como evidencia de la coherencia del curriculum.

Los itinerarios de aprendizaje digitales (*learning pathways*) son secuencias de recursos y actividades que guían al estudiante desde sus conocimientos previos hasta los resultados de aprendizaje de una unidad curricular específica. La tecnología personaliza itinerarios según el perfil del estudiante, ofreciendo rutas alternativas para quienes tienen conocimientos avanzados o dificultades en áreas específicas. Los sistemas de aprendizaje adaptativo personalizan automáticamente el itinerario en tiempo real según el desempeño del estudiante

en las evaluaciones formativas. En ciencias de la salud, los itinerarios de aprendizaje personalizados son valiosos para gestionar la diversidad de conocimientos previos en materias complejas como farmacología clínica, fisiopatología o diagnóstico por imagen.

7.1.4 Planificación y codiseño con estudiantes

La planificación de recursos y actividades educativas digitales se beneficia de la participación de los estudiantes como coinvestigadores y codiseñadores. Este enfoque, llamado *Students as Partners* (SaP) o diseño participativo, reconoce que los estudiantes tienen una perspectiva única sobre qué recursos y actividades son útiles, cuáles son difíciles de usar y qué carencias existen en los materiales. La participación de grupos de estudiantes en la revisión y pilotaje de recursos digitales antes de su implementación mejora la calidad, algo difícil de identificar solo desde la perspectiva del docente diseñador.

El codiseño con estudiantes en formación sanitaria puede adoptar diversas formas: grupos focales para revisar recursos en desarrollo, paneles de retroalimentación sobre materiales implementados, participación en comités de diseño curricular como representantes estudiantiles, y proyectos donde estudiantes de años superiores crean recursos educativos para inferiores bajo supervisión docente. Esta modalidad, conocida como peer instruction o *near-peer teaching,* genera un aprendizaje profundo en los estudiantes que diseñan los recursos, ya que enseñar a otros es una de las estrategias de estudio más efectivas según la investigación en psicología cognitiva del aprendizaje (Brown, Roediger y McDaniel, 2014).

7.1.5 Alineación con estándares de acreditación y regulaciones

Los recursos y actividades educativas digitales para la formación sanitaria deben cumplir con los estándares de acreditación que regulan la calidad a nivel nacional e internacional. Los criterios de acreditación de organismos como el Consejo Nacional de Acreditación (CNA) en Colombia, el Consejo de Educación Superior (CES) en Ecuador, y la Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria (CONEAU) en Argentina especifican requisitos sobre la calidad de recursos bibliográficos, infraestructura tecnológica y proporción de trabajo

académico en modalidad virtual. El diseñador de recursos digitales debe conocer estos requisitos y asegurar que sus propuestas de innovación tecnológica son coherentes con el marco regulatorio.

Los criterios de la *World Federation for Medical Education* (WFME) para la acreditación de programas de medicina y los estándares de la OMS para educación en enfermería y partería establecen estándares de calidad que guían el diseño de recursos educativos en programas con aspiraciones de reconocimiento internacional. La implementación de estándares de interoperabilidad técnica (SCORM, xAPI, LTI) en recursos digitales asegura su integración en diversas plataformas LMS sin rediseño, protegiendo la inversión pedagógica ante cambios de plataforma. La portabilidad técnica de recursos en el diseño es una práctica sostenible que los programas de formación sanitaria deben institucionalizar como estándar de calidad.

7.2 Diseño de contenidos multimedia educativos

El diseño de contenidos multimedia educativos en ciencias de la salud se basa en principios empíricamente validados que guían a docentes y diseñadores instruccionales. La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (CAMT), de Mayer (2002), ofrece el marco teórico más sólido para diseñar materiales de aprendizaje que combinan texto, imágenes, animaciones y audio. Sus principios derivan del modelo de procesamiento dual de información y de los límites de la memoria de trabajo, identificando qué características de los materiales multimedia maximizan el aprendizaje y cuáles lo obstaculizan.

La aplicación de los principios de Mayer al diseño de recursos multimedia en ciencias de la salud mejora la calidad de los materiales producidos. Un video de anatomía que sigue el principio de segmentación (segmentos breves con controles de pausa), coherencia (sin música de fondo ni imágenes decorativas) y modalidad (narración de audio sincronizada con la imagen) genera un aprendizaje mayor que el mismo contenido en un formato que no respeta estos principios, aunque ambas versiones transmitan la misma información.

7.2.1 Principios de diseño multimedia en formación clínica

Los doce principios del diseño multimedia de Mayer (2002) más relevantes para la formación clínica son: el principio multimedia (el aprendizaje mejora al combinar palabras e imágenes), el principio de contigüidad espacial (palabras e imágenes relacionadas deben presentarse juntas), el principio de contigüidad temporal (palabras e imágenes deben presentarse simultáneamente), el principio de coherencia (se aprende más al eliminar materiales innecesarios), el principio de señalización (el aprendizaje mejora con señales que destacan la organización), el principio de redundancia (el aprendizaje puede disminuir con narración y texto simultáneos), y el principio de segmentación (el aprendizaje mejora con material en segmentos pausables).

Los docentes de ciencias de la salud que crean recursos multimedia deben adoptar hábitos de diseño: mantener videos explicativos por debajo de diez minutos (o dividir los más largos en segmentos), usar imágenes clínicas reales de alta calidad en lugar de ilustraciones genéricas para el reconocimiento de hallazgos, sincronizar la narración con las imágenes, eliminar fondos musicales y efectos de sonido innecesarios, y diseñar esquemas y diagramas que organicen visualmente la estructura conceptual del conocimiento. Estas prácticas no requieren habilidades avanzadas en producción audiovisual, pero exigen reflexión pedagógica sobre el propósito y diseño de cada elemento.

7.2.2 Producción de video educativo en salud

El video educativo es el recurso multimedia más adoptado en la formación sanitaria, especialmente con el aula invertida. La investigación sobre la calidad del video educativo en medicina señala que las variables más impactantes en la efectividad pedagógica no son la calidad técnica (resolución, iluminación, estética), sino las pedagógicas: señales visuales que dirigen la atención del estudiante, preguntas de comprensión intercaladas, brevedad y enfoque temático de cada segmento, y la calidad y pertinencia clínica de los ejemplos e imágenes. Un video grabado por un docente con buena preparación pedagógica y conocimiento clínico puede ser más efectivo que uno de producción profesional con guión pobre (Mayer, 2002).

Las herramientas de producción de video educativo para docentes sin formación especializada incluyen: Loom (grabación de pantalla y cámara con edición básica), Camtasia (grabación de pantalla con edición avanzada), Adobe Express (videos animados sencillos), Animaker y Vyond (animación 2D para conceptos fisiológicos y farmacológicos), y las funciones de grabación de pantalla de PowerPoint y Apple Keynote para materiales de aula invertida. La plataforma Kaltura, integrable en Moodle y Canvas, ofrece funcionalidades para video educativo: captioning automático, edición colaborativa y análisis de visualización. Las plataformas de streaming como Panopto gestionan bibliotecas de video educativo con control de acceso y analítica de uso.

7.2.3 Infografías y diseño visual en medicina

Las infografías y esquemas visuales son herramientas efectivas para sintetizar y comunicar conocimiento en contextos informativos densos, como los currículos de ciencias de la salud. La investigación sobre el efecto de superioridad de imágenes muestra que la información visual se recuerda mejor y por más tiempo que la misma en formato textual (Paivio, 1986, citado en Mayer, 2002). En medicina, las infografías son útiles para representar: algoritmos diagnósticos y terapéuticos, comparaciones de opciones terapéuticas, fisiopatología de enfermedades complejas y resúmenes de hallazgos físicos o radiológicos.

Herramientas de diseño gráfico como Canva, Piktochart, Venngage y Adobe Express permiten a docentes de ciencias de la salud crear infografías sin formación en diseño, usando plantillas médicas y bibliotecas de iconos e imágenes clínicas. La plataforma BioRender está diseñada para crear figuras científicas y esquemas moleculares y celulares, con más de 30,000 íconos de ciencias biológicas y médicas y plantillas para publicaciones científicas. La producción de infografías por los estudiantes, y no solo por los docentes, es una estrategia pedagógica valiosa que desarrolla competencias de síntesis conceptual, comunicación visual y pensamiento sistémico en la comprensión de procesos fisiopatológicos complejos.

7.2.4 Animaciones interactivas y modelos 3D en enseñanza sanitaria

Las animaciones interactivas y los modelos 3D son el nivel más avanzado del diseño de contenidos multimedia para la formación sanitaria, al ofrecer

representaciones dinámicas de procesos y estructuras difíciles de entender con imágenes estáticas o descripciones textuales. Los modelos 3D interactivos de anatomía (Complete Anatomy, BioDigital Human, Anatomage) permiten al estudiante explorar relaciones espaciales entre estructuras anatómicas, aislar sistemas específicos, visualizar capas de profundidad y acceder a información etiquetada mediante interacción directa. La interactividad espacial facilita la comprensión anatómica tridimensional, fundamental para la práctica quirúrgica y la interpretación de imágenes diagnósticas.

Las animaciones de mecanismos moleculares y celulares (transducción de señales, acción farmacológica, cascadas inflamatorias) son recursos valiosos para entender la fisiopatología y farmacología, cuya complejidad a menudo supera los esquemas estáticos de los libros de texto. ¡Herramientas como HHMI BioInteractive y CELLS alive! Las animaciones de mecanismos farmacológicos de PharmacologyEducation.org ofrecen recursos de acceso abierto de alta calidad para la formación en ciencias biomédicas. La creación de animaciones por docentes, aunque requiere más tiempo, puede generar recursos contextualizados en los objetivos del programa que los recursos genéricos en línea no ofrecen.

7.2.5 Podcasts y recursos de audio en formación sanitaria

Los podcasts y recursos de audio han crecido en la formación sanitaria, especialmente para el aprendizaje en contextos móviles que no permiten atención visual: durante desplazamientos, ejercicio o tareas domésticas. El formato de podcast de revisión clínica permite a estudiantes de medicina y enfermería repasar conceptos clínicos, escuchar casos y revisar principios farmacológicos de manera flexible durante la jornada académica y clínica. Podcasts médicos de calidad como Curbsiders, NEJM Weekly, BMJ Best Practice Podcast, UpToDate Audio y sus equivalentes en español (Medicina en Podcast, NEUMOSUR Formación) ofrecen revisión clínica actualizada por expertos internacionales.

La producción de podcasts por estudiantes como actividad curricular es una estrategia pedagógica en programas de formación sanitaria, que desarrolla competencias en síntesis del conocimiento, comunicación oral científica y producción de contenido digital. Elaborar un episodio de podcast donde

estudiantes presentan y discuten un caso clínico complejo, revisan evidencia sobre una pregunta clínica y formulan recomendaciones requiere una comprensión y síntesis superiores a las de un informe convencional. Herramientas para podcasts educativos como Audacity, GarageBand y Adobe Audition permiten grabar y editar audio con calidad aceptable para publicación digital.

7.3 Evaluaciones interactivas

La creación de evaluaciones interactivas de alta calidad es una competencia clave en el diseño instruccional que impacta la calidad formativa en programas de ciencias de la salud, pero está poco desarrollada en la formación de docentes universitarios sanitarios. La evaluación influye en el comportamiento de estudio de los estudiantes, quienes estudian según lo que esperan que se evalúe. El diseño de evaluaciones que exigen al estudiante ejercer competencias clínicas superiores es el mecanismo más potente para orientar el aprendizaje hacia los objetivos formativos relevantes (Norcini et al., 2018; Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

El diseño de evaluaciones interactivas digitales en ciencias de la salud debe integrar principios de psicometría clínica (validez, confiabilidad, factibilidad, impacto educativo) con diseño multimedia efectivo y criterios de autenticidad y relevancia clínica, diferenciando evaluaciones pedagógicas de exámenes que solo miden memorización. Este capítulo ofrece orientaciones para el diseño de evaluaciones interactivas, enfocándose en las características que determinan su calidad pedagógica y psicométrica.

7.3.1 Diseño de ítems clínicos de alta fidelidad

Los ítems de alta fidelidad clínica son el formato de evaluación más utilizado en exámenes de certificación médica internacional (USMLE, MCCQE, PLAB) y el que mejor correlaciona con el desempeño clínico real. Un ítem de alta fidelidad clínica presenta un escenario clínico completo con un paciente específico y exige al estudiante un razonamiento clínico (formular hipótesis, seleccionar la prueba adecuada, interpretar resultados, tomar decisiones terapéuticas) antes de construir la respuesta. Este nivel de autenticidad clínica exige al diseñador una comprensión profunda del contenido clínico y de los principios de diseño que

garantizan la validez y la ausencia de claves parasitarias que permiten responder sin el razonamiento clínico que el ítem evalúa.

Los principios de diseño de ítems psicométricos de alta calidad incluyen: presentar una viñeta clínica completa para activar el razonamiento diagnóstico, formular la pregunta para requerir juicio clínico, diseñar distractores plausibles para estudiantes con concepciones erróneas o conocimiento incompleto, y asegurar que solo la opción correcta sea la mejor respuesta. La revisión sistemática de ítems por un panel de expertos clínicos antes de su inclusión en el banco de preguntas es una práctica de control de calidad que los programas de formación sanitaria con evaluación rigurosa deben institucionalizar. Los sistemas de gestión de bancos de ítems (*Question Management Systems*) como *Questionmark, Respondus* y los módulos de bancos de preguntas de los LMS facilitan la revisión y el análisis psicométrico de los ítems tras su aplicación.

7.3.2 Evaluaciones de respuesta y escritura clínica

Las evaluaciones de respuesta construida, donde el estudiante formula su respuesta en lugar de seleccionar entre opciones, ofrecen una visión más directa del razonamiento clínico y evalúan competencias de comunicación escrita que los ítems de selección no miden. Los formatos más utilizados en la evaluación clínica de respuesta son: notas de evolución clínica estructuradas (SOAP: Subjetivo, Objetivo, Análisis, Plan), informes de caso clínico, resúmenes de literatura científica, análisis críticos de artículos de investigación (*journal clubs* digitales) y reflexiones de práctica profesional que documentan el aprendizaje de experiencias clínicas significativas. El desarrollo de la escritura clínica es una competencia profesional valiosa que la digitalización de registros médicos ha convertido en una habilidad cotidiana para los profesionales sanitarios.

La corrección de evaluaciones de respuesta construida plantea desafíos de eficiencia que los sistemas digitales pueden abordar. Las rúbricas de evaluación en sistemas LMS permiten al docente calificar respuestas de forma más rápida y consistente. Los sistemas de evaluación entre pares, diseñados con rúbricas claras y formación de evaluadores, pueden distribuir la carga de corrección entre estudiantes con resultados confiables y el valor pedagógico de que revisar el

trabajo de compañeros genera aprendizaje reflexivo. Los sistemas de corrección automatizada de respuestas abiertas basados en procesamiento de lenguaje natural están en desarrollo y validación para evaluación clínica, con resultados prometedores, pero insuficientes para su adopción como herramientas primarias de evaluación.

7.3.3 Evaluaciones de desempeño tecnológicas

Las evaluaciones de desempeño clínico presentan alta validez de contenido y relevancia práctica, ya que evalúan directamente las competencias clínicas en contextos auténticos o verosímiles. La tecnología ha ampliado las posibilidades de estas evaluaciones al permitir su administración a gran escala, registro objetivo y análisis sistemático. Los exámenes clínicos objetivos estructurados (OSCE) con soporte tecnológico incluyen grabación de video, aplicaciones móviles para calificación en tiempo real y sistemas de gestión que consolidan calificaciones y generan informes de rendimiento. La digitalización del OSCE aumenta la objetividad y eficiencia del proceso sin sacrificar su autenticidad.

Los sistemas de observación directa del desempeño clínico (mini-CEX, DOPS) en formato digital, accesibles por aplicaciones móviles como miniCEX App y OSCE World, permiten a los supervisores registrar observaciones del estudiante en el momento de la actuación clínica, con formularios que orientan la observación hacia los componentes de competencia más relevantes y generan retroalimentación inmediata. La disponibilidad de estas herramientas en móviles es crucial en hospitales, donde los supervisores tienen poco tiempo para registrar observaciones en un ordenador y donde la retroalimentación inmediata tiene mayor impacto formativo que el registro diferido (Boud y Molloy, 2012; van der Vleuten y Schuwirth, 2016).

7.3.4 Bancos de ítems y gestión de evaluaciones

La gestión de bancos de ítems de evaluación en programas de formación sanitaria es un proceso complejo que requiere sistemas tecnológicos específicos para garantizar la calidad, seguridad y equidad de los procesos evaluativos. Un banco de ítems incluye cientos o miles de preguntas clasificadas por tema, dificultad, competencia y tipo, con metadatos psicométricos (dificultad,

discriminación, análisis de distractores) actualizados tras cada aplicación. Los sistemas de gestión de bancos de ítems como Questionmark, TAO y los módulos de Moodle y Canvas permiten gestionar bancos con funcionalidades como control de versiones, gestión de derechos de autor, exportación en formatos estándar (QTI, SCORM) e integración con sistemas de generación de exámenes.

La seguridad del banco de ítems es crucial en la formación sanitaria, ya que los exámenes afectan la progresión académica de los estudiantes. La exposición de preguntas de un banco de ítems reduce su valor psicométrico y compromete la validez de evaluaciones futuras. Los sistemas de gestión de ítems modernos incluyen herramientas para detectar filtración de preguntas (identificación de respuestas idénticas que sugieren compartición no autorizada), rotación sistemática de ítems en cada cohorte y análisis de patrones de respuesta para detectar compromisos de la integridad del banco. La incorporación regular de nuevos ítems al banco es la estrategia más efectiva para mantener la vigencia y seguridad del sistema de evaluación.

7.4 Integración de herramientas tecnológicas

La integración de herramientas tecnológicas en un ecosistema de aprendizaje centrado en el estudiante es uno de los desafíos más complejos del diseño instruccional en programas de formación sanitaria. La proliferación de plataformas especializadas (LMS, simuladores, herramientas de evaluación, repositorios, sistemas de portafolio) ha creado entornos de aprendizaje fragmentados donde el estudiante debe gestionar múltiples accesos e interfaces para completar sus actividades. La fragmentación tecnológica genera carga cognitiva, aumenta la probabilidad de pérdida de datos o actividades incompletas, y dificulta la visión integrada del progreso formativo que necesitan estudiantes y docentes para decisiones pedagógicas informadas (Mayer, 2002; Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

El diseño de un ecosistema de herramientas tecnológicas para un programa de formación sanitaria requiere decisiones estratégicas sobre la arquitectura del sistema de aprendizaje: cuál es la plataforma central (hub), qué herramientas se integran en el LMS mediante LTI o APIs, cuáles operan de manera independiente,

cómo fluyen los datos de aprendizaje entre plataformas y dónde se consolidan para el seguimiento del progreso, y cómo se asegura una experiencia del estudiante cohesiva y sin fricciones.

7.4.1 Modelo TPACK en la integración tecnológica

El modelo TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*), propuesto por Mishra y Koehler (2006) basado en el PCK de Shulman, ofrece un marco para entender las competencias que el docente requiere para integrar la tecnología en la enseñanza de su disciplina. El TPACK describe la intersección de tres tipos de conocimiento: contenido disciplinar (CK), pedagógico general (PK) y tecnológico (TK). La integración tecnológica efectiva requiere no solo poseer los tres tipos de conocimiento de manera aislada, sino comprender sus intersecciones: el conocimiento pedagógico del contenido (PCK), el conocimiento tecnológico del contenido (TCK), el conocimiento tecnológico pedagógico (TPK) y, en el centro, el TPACK.

En la formación sanitaria, el TPACK del docente de medicina interna se refleja en la capacidad de identificar que el aprendizaje del diagnóstico diferencial de la disnea se desarrolla mejor mediante un caso clínico interactivo en la plataforma de pacientes virtuales del LMS, que permite al estudiante explorar las consecuencias de decisiones diagnósticas en tiempo real, cuyos resultados se analizan en una sesión de debriefing guiada por el docente. La articulación de los cuatro dominios del TPACK en decisiones de diseño instruccional distingue al docente con alta competencia en integración tecnológica del que elige herramientas digitales aleatoriamente o por modas sin reflexión pedagógica (Mishra y Koehler, 2006, citado en Selwyn, 2011).

7.4.2 Arquitectura de un ecosistema de aprendizaje cohesivo

El diseño del ecosistema de aprendizaje de un programa de formación sanitaria debe comenzar por establecer una plataforma central (hub) como punto de entrada unificado para estudiantes y docentes. El LMS institucional es el candidato natural para este rol, ya que concentra funciones de gestión de cursos, evaluación y comunicación. El LMS central se articula con herramientas especializadas a través de integraciones LTI (simuladores, evaluación, portafolio)

y APIs (sincronización de datos y calificaciones). El estudiante accede a todas las herramientas del ecosistema desde el LMS con inicio de sesión único, sin gestionar credenciales separadas.

La coherencia pedagógica del ecosistema exige que las herramientas del LMS apoyen los mismos objetivos de aprendizaje de manera complementaria, no como recursos independientes. Un módulo de farmacología bien diseñado puede integrar: un video del mecanismo de acción de un grupo farmacológico, un cuestionario de comprensión, un caso clínico interactivo, una simulación de decisión terapéutica con retroalimentación y una actividad de reflexión sobre errores de medicación. Esta secuencia de actividades produce un aprendizaje más profundo y duradero que las actividades por separado.

7.4.3 Gestión de carga cognitiva en entornos complejos

La teoría de la carga cognitiva, desarrollada por John Sweller en los años 1980, identifica tres tipos de carga que el diseñador de recursos digitales debe gestionar: la carga intrínseca (complejidad del contenido), la carga extrínseca o germana (diseño del material y procesos de información) y la carga extraña (aspectos del diseño que no contribuyen al aprendizaje). El diseño efectivo busca mantener la carga intrínseca adecuada al nivel del estudiante (ni baja, que genera aburrimiento, ni alta, que genera sobrecarga), minimizar la carga extraña (simplificando la navegación, reduciendo elementos decorativos y haciendo los procesos tecnológicos intuitivos) y maximizar la carga germana (diseñando actividades que fomenten el procesamiento activo para un aprendizaje profundo) (Sweller, 2020, citado en Mayer, 2002).

La carga extraña se manifiesta en la complejidad de navegar entre plataformas: cada transición requiere que el estudiante recuerde un proceso técnico, una contraseña o una lógica de navegación específica, consumiendo recursos cognitivos que deberían destinarse al aprendizaje del contenido clínico. Las estrategias para reducir la carga extraña en ecosistemas multi-herramienta incluyen: unificación del acceso con inicio de sesión único, tutoriales de onboarding breves para cada nueva herramienta, consistencia en terminología y

navegación entre herramientas, y reducción del número de herramientas al mínimo necesario para los objetivos pedagógicos.

7.4.4 Estándares de interoperabilidad en ecosistemas de aprendizaje

Los estándares de interoperabilidad técnica son protocolos y formatos que permiten a herramientas de diferentes proveedores comunicarse e intercambiar datos en el ecosistema de aprendizaje. El estándar LTI 1.3 de IMS Global es el mecanismo de integración más adoptado, que permite lanzar herramientas externas desde el LMS con transferencia segura de datos del usuario y sincronización de calificaciones. Los estándares xAPI y SCORM 2004 definen cómo los recursos de aprendizaje reportan datos al LMS o LRS. El estándar OpenID Connect gestiona la autenticación federada para el inicio de sesión único entre plataformas (Zawacki-Richter y Latchem, 2018).

La adopción de estos estándares en la selección de herramientas del ecosistema de aprendizaje del programa protege la inversión tecnológica a largo plazo. Una herramienta sin LTI 1.3 no se integra en el LMS sin desarrollos costosos; una herramienta sin xAPI no reporta datos al LRS centralizado; una herramienta sin OpenID Connect no se incorpora al inicio de sesión único del ecosistema. La verificación del cumplimiento de estos estándares debe ser un criterio en la contratación de nuevas herramientas tecnológicas, negociable con los proveedores si la herramienta tiene méritos pedagógicos excepcionales que justifican la inversión.

7.5 Simulaciones en la enseñanza clínica

El uso pedagógico de la simulación en la enseñanza clínica va más allá de la simple exposición del estudiante a recursos de simulación: requiere un diseño curricular que integre las experiencias de simulación en la secuencia del programa con propósitos pedagógicos, estándares de competencia definidos y sistemas de retroalimentación que maximicen el aprendizaje de cada sesión. La investigación sobre la efectividad de la simulación clínica muestra que los programas estructurados con práctica deliberada, estándares de maestría y *debriefing* de alta calidad producen resultados de competencia superiores a la exposición no estructurada a recursos de simulación (McGaghie et al., 2014).

El diseño pedagógico de las simulaciones en formación sanitaria debe responder a preguntas clave sobre el propósito, contenido, estructura y evaluación de cada sesión: ¿qué competencias debe desarrollar el estudiante?, ¿cuál es el nivel de fidelidad adecuado?, ¿cómo se integra con actividades del curriculum?, ¿qué estándares de desempeño deben alcanzarse antes de la práctica clínica?, y ¿cómo se evaluará el aprendizaje? Las respuestas a estas preguntas forman el diseño pedagógico que transforma la simulación de una actividad tecnológica en una herramienta de desarrollo de competencias clínicas efectivas.

7.5.1 Diseño de escenarios de simulación efectivos

El diseño de escenarios de simulación clínica efectivos comienza con la definición de los objetivos de aprendizaje específicos. Los mejores escenarios de simulación abordan competencias clínicas de alto impacto (urgencias, errores graves, habilidades de comunicación) con un nivel de fidelidad adecuado al estudiante (ni demasiado simple ni demasiado complejo) y diseñados para generar errores típicos, que son el material más valioso del *debriefing* posterior.

Los escenarios de simulación deben incluir un guión detallado que especifique: la presentación inicial del caso (información del paciente), los estados del simulador programados (respuestas a intervenciones), los puntos de evaluación predefinidos (momentos para observar y calificar comportamientos del estudiante), los actores necesarios (familiar, enfermero, médico), el equipamiento disponible en la sala de simulación y los criterios de terminación (logro de objetivos clínicos o deterioro irrecuperable). Este nivel de especificación garantiza la reproducibilidad del escenario entre instructores y facilita la comparación de resultados de grupos de estudiantes.

7.5.2 Integración de simulación presencial y virtual en el currículo

La integración de la simulación presencial y virtual en el curriculum de formación sanitaria sigue el principio de complementariedad pedagógica: cada modalidad se usa para competencias donde es más efectiva, y ambas se articulan progresivamente en el curriculum. La simulación virtual (pacientes digitales, realidad virtual, casos interactivos) es adecuada para el desarrollo del razonamiento clínico, el conocimiento de algoritmos diagnósticos y terapéuticos,

y la familiarización con patologías antes de la práctica en simuladores físicos o pacientes reales. La simulación presencial de alta fidelidad es esencial para desarrollar habilidades procedimentales, entrenar el trabajo en equipo bajo presión y practicar la comunicación en situaciones clínicas emocionales.

El modelo de simulación pre-bríefing utiliza pacientes virtuales y casos digitales como preparación teórica antes de las sesiones de simulación presencial. Así, el tiempo en el simulador físico de alta fidelidad, costoso y limitado, se dedica a practicar competencias clínicas específicas, tras haber comprendido los protocolos y algoritmos mediante herramientas digitales. Esta organización del curriculum optimiza el uso del tiempo y recursos de simulación de alta fidelidad, que rara vez son suficientes para cubrir la demanda de formación práctica en programas de ciencias de la salud con cohortes numerosas.

7.5.3 Estándares de competencia en simulación: enfoque de maestría

El aprendizaje basado en simulación (*mastery learning*), según McGaghie et al. (2014), establece que todos los estudiantes deben alcanzar un estándar mínimo de competencia antes de avanzar al siguiente nivel, sin importar el tiempo requerido. Este enfoque contrasta con el modelo temporal convencional (todos los estudiantes tienen el mismo tiempo de entrenamiento en simulación) y ha demostrado generar resultados de competencia clínica más uniformes y altos en varios estudios comparativos. Los estándares de maestría deben definirse para cada procedimiento o competencia según evidencias de desempeño seguro (tasas de éxito, tiempos de ejecución, tasas de complicaciones) aceptables en la práctica clínica.

La implementación del enfoque de maestría en simulación clínica requiere sistemas de evaluación objetiva del desempeño que determinen si el estudiante ha alcanzado el estándar: listas de verificación de pasos con criterios de correctitud, métricas objetivas del simulador (tiempo de ejecución, errores técnicos, variables fisiológicas del paciente simulado) y escalas de evaluación global del desempeño validadas para el procedimiento. Los estudiantes que no alcanzan el estándar en la primera evaluación reciben práctica adicional enfocada en los aspectos específicos donde tienen déficits y son re-evaluados hasta

alcanzarlo. Este proceso de práctica hasta la maestría implica tiempo y recursos que deben planificarse en el diseño del curriculum de simulación.

7.5.4 Simulación de baja fidelidad y recursos económicos

La simulación de baja fidelidad, con modelos anatómicos simples y materiales adaptados, puede ofrecer experiencias de aprendizaje efectivas si se diseña rigurosamente y se respalda con un *debriefing* estructurado, incluso sin simuladores de alta fidelidad de hospitales universitarios. La investigación sobre fidelidad de la simulación y efectividad del aprendizaje muestra que la fidelidad psicológica (implicación cognitiva y emocional del estudiante) es más determinante que la fidelidad física (simulador similar al paciente real) para el desarrollo de competencias de razonamiento clínico y toma de decisiones. Simuladores de baja fidelidad bien diseñados pueden generar alta fidelidad psicológica mediante narrativas clínicas y presiones situacionales auténticas (Barteit et al., 2021).

Los recursos de simulación de bajo costo para programas de formación sanitaria con presupuesto limitado incluyen: modelos de suturas artesanales, phantoms de venopunción, escenarios de simulación de baja tecnología con tarjetas de caso y actores-pacientes entre estudiantes, y aplicaciones móviles gratuitas de anatomía, farmacología y diagnóstico clínico que complementan la práctica en simuladores físicos básicos. Los programas de simulación interprofesional de bajo costo, que usan escenarios de comunicación y coordinación en equipo sin simuladores de alta fidelidad, pueden desarrollar competencias de trabajo en equipo relevantes para la seguridad del paciente con mínima inversión tecnológica y efectividad documentada en contextos de formación sanitaria con recursos limitados.

7.6 Adaptación de contenidos a niveles educativos

La adaptación de contenidos y actividades educativas digitales a los niveles de conocimiento y necesidades de los estudiantes es un principio pedagógico fundamental que la tecnología permite personalizar a gran escala. Los programas de formación en ciencias de la salud presentan alta diversidad: estudiantes con distintas bases de conocimiento, experiencias clínicas, estilos de aprendizaje y

necesidades de apoyo. Un curriculum estandarizado que ignora la diversidad provoca que algunos estudiantes encuentren los contenidos básicos y otros, complejos, reduciendo la efectividad del proceso formativo (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011; Mayer, 2002).

La adaptación de contenidos digitales se puede implementar en varios niveles: ritmo (los estudiantes avanzan a su propio ritmo), dificultad (recursos y actividades ajustados al nivel del estudiante), formatos de presentación (múltiples representaciones del mismo contenido para diferentes estilos de aprendizaje) e itinerarios (rutas alternativas para estudiantes con distintos perfiles de conocimiento previo). El Diseño Universal para el Aprendizaje (DUA) del capítulo 1 ofrece un marco para planificar contenidos adaptables a la diversidad estudiantil.

7.6.1 Diferenciación instruccional en entornos digitales

La diferenciación instruccional adapta contenido, proceso, producto y entorno de aprendizaje a las necesidades individuales de cada estudiante. En entornos digitales de formación sanitaria, la diferenciación se implementa mediante estrategias como la oferta de recursos en niveles de complejidad (básico, intermedio, avanzado) que los estudiantes eligen según su conocimiento previo, el diseño de actividades con andamiaje variable (más apoyo para principiantes, mayor autonomía para avanzados) y la creación de caminos de aprendizaje alternativos que permiten a estudiantes con conocimientos sólidos omitir actividades introductorias y acceder a materiales avanzados (Cope y Kalantzis, 2017).

Las evaluaciones diagnósticas al inicio del módulo son efectivas para implementar la diferenciación instruccional en entornos digitales, ya que identifican el nivel de conocimiento previo de cada estudiante y personalizan el itinerario de aprendizaje. Los sistemas de gestión del aprendizaje modernos (Moodle, Canvas, D2L Brightspace) ofrecen acceso condicional para mostrar u ocultar recursos y actividades según la evaluación diagnóstica, implementando un nivel básico de diferenciación instruccional en el LMS institucional sin requerir sistemas de aprendizaje adaptativo específicos.

7.6.2 Andamiaje digital y aprendizaje progresivo

El *scaffolding* (andamiaje pedagógico), basado en la teoría *vygotskiana* de la Zona de Desarrollo Próximo, se refiere a los apoyos temporales que el docente o el entorno de aprendizaje brinda al estudiante para realizar tareas ligeramente por encima de su nivel de competencia autónoma. En entornos digitales, el *scaffolding* se implementa mediante: instrucciones paso a paso que guían al estudiante en nuevas actividades, plantillas y organizadores gráficos para documentos clínicos, ejemplos resueltos de casos similares, pistas disponibles a petición del estudiante y sesiones de modelado en video donde el docente demuestra el razonamiento clínico.

El diseño del *scaffolding* en recursos digitales debe incluir un plan de desvanecimiento progresivo: a medida que el estudiante adquiere competencia, los apoyos se reducen o se hacen opcionales, aumentando el nivel de autonomía. Esta progresión del andamiaje hacia la autonomía se alinea con el objetivo de la formación sanitaria: producir profesionales competentes e independientes en su práctica clínica. Un currículo digital con el mismo nivel de andamiaje puede generar dependencia del apoyo tecnológico, dificultando la transferencia de competencias a entornos clínicos reales donde no hay andamiaje (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

7.6.3 Recursos para estilos y preferencias de aprendizaje

La evidencia sobre estilos de aprendizaje fijos (visual, auditivo, kinestésico) ha sido cuestionada por la neurociencia cognitiva. Sin embargo, la investigación sobre preferencias de procesamiento y aprendizaje multimodal respalda que ofrecer múltiples representaciones del mismo contenido mejora el aprendizaje, no por un "estilo" específico, sino porque activa más conexiones en la memoria y produce una comprensión más robusta y transferible (Mayer, 2002). Desde esta perspectiva, el DUA no adapta recursos al estilo de aprendizaje individual, sino que ofrece múltiples representaciones que enriquecen el aprendizaje de todos.

En el diseño de recursos para ciencias de la salud, la oferta multimodal incluye: conceptos de fisiopatología en texto y animaciones interactivas, guías de procedimientos clínicos en texto y videos, podcasts de revisión conceptual e

infografías, y actividades de práctica individual (cuestionarios) y colaborativa (resolución de casos en equipo). Esta variedad de formatos de aprendizaje aumenta las posibilidades de que cada estudiante encuentre una representación del contenido que conecte con su conocimiento previo y sus estrategias de procesamiento de información.

7.6.4 Adaptación de contenidos para posgrado y especialización

Los programas de posgrado, especialización médica y residencia en ciencias de la salud requieren adaptación de contenidos específicos, debido a la mayor especialización del conocimiento, la experiencia clínica previa de los participantes y la orientación hacia la aplicación práctica inmediata en la clínica. Los recursos digitales más efectivos en el posgrado son aquellos que abordan problemas clínicos que enfrentan los residentes: guías clínicas interactivas accesibles en el punto de atención, casos de revisión clínica sobre patologías prevalentes en su servicio y herramientas de apoyo a la decisión clínica que integran la evidencia actualizada con el contexto específico del caso.

Las plataformas de microlearning médico, diseñadas para sesiones de 3-7 minutos adaptadas a la disponibilidad de residentes y especialistas, son relevantes para la formación de posgrado. Plataformas como Osmosis, Aquifer Clerkships y Daily USMLE ofrecen contenido clínico de alta calidad en formatos breves, accesibles desde dispositivos móviles y adaptados a los exámenes de especialización y certificación que los residentes deben superar al final de su formación. La integración de recursos de microlearning con programas de residencia mediante acuerdos de licencia y orientaciones pedagógicas de coordinadores puede maximizar su impacto.

7.7 Implementación virtual

La implementación de recursos y actividades educativas digitales en entornos virtuales de programas de formación sanitaria convierte el diseño instruccional en experiencia de aprendizaje real para los estudiantes. Una implementación planificada maximiza el impacto pedagógico de recursos bien diseñados; una deficiente compromete la efectividad de recursos de alta calidad. Los aspectos de la implementación que determinan la calidad de la experiencia de

aprendizaje son: claridad de instrucciones, organización y navegabilidad del entorno virtual, gestión de la comunicación entre estudiantes y docentes, y acompañamiento docente que retroalimenta el trabajo en tiempo real (Garrison, 2017; Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011).

Este epígrafe examina las dimensiones críticas de la implementación de recursos en entornos virtuales, enfocándose en prácticas que distinguen implementaciones de alta calidad en programas de formación sanitaria: comunicación clara de expectativas pedagógicas, gestión del trabajo colaborativo en línea, acompañamiento docente en entornos asincrónicos y sincrónicos, evaluación formativa y mecanismos de mejora continúa basados en datos del entorno.

7.7.1 Diseño del entorno virtual: organización y comunicación pedagógica

La organización visual y estructural del entorno virtual del curso en el LMS es la primera dimensión de la implementación que el estudiante experimenta y determina su primera impresión sobre la calidad del programa. Un entorno virtual organizado comunica claramente: los objetivos del curso, las competencias a desarrollar, la estructura y secuencia de módulos, los criterios de evaluación y pesos de actividades, plazos de entrega, calendario de actividades sincrónicas, recursos de apoyo (tutorías, foros, oficina virtual) y normas de comportamiento. Esta información debe estar en la página de inicio del curso, en una guía descargable y en los anuncios.

El diseño de las instrucciones de actividades merece atención especial que a menudo no recibe. Las instrucciones de baja calidad (ambiguas, incompletas, inconsistentes) frustran a los estudiantes en entornos virtuales y generan muchas consultas al docente, consumiendo tiempo y energía. Las instrucciones de alta calidad especifican: qué debe hacer el estudiante (tarea clara), cómo hacerlo (criterios de formato y presentación), para cuándo (plazos explícitos con fecha y hora), cómo se evaluará (rúbrica o criterios de evaluación disponibles) y dónde se entrega (enlace directo al punto de entrega en el LMS). Invertir en instrucciones claras desde el inicio es más eficiente que gestionar dudas y malentendidos por instrucciones imprecisas.

7.7.2 Gestión de participación y colaboración en línea

La gestión de la participación estudiantil en entornos virtuales de aprendizaje es un desafío clave en programas de formación sanitaria en línea e híbrida. La participación en foros, actividades colaborativas y sesiones sincrónicas predice el rendimiento académico y la retención en programas en línea. Su promoción por parte del docente impacta los resultados de aprendizaje. Las estrategias de gestión de la participación en entornos virtuales incluyen: diseño de actividades colaborativas con roles asignados, configuración de parámetros de participación mínima en foros (número de contribuciones y respuestas requeridas por semana), reconocimiento de contribuciones de calidad de los estudiantes, e intervención temprana del docente ante baja participación.

El diseño de actividades colaborativas en línea para estudiantes de ciencias de la salud debe considerar sus contextos de formación: los estudiantes en rotaciones clínicas tienen horarios fragmentados que dificultan la coordinación sincrónica; la presión del tiempo en entornos clínicos reduce la disponibilidad para la reflexión profunda; y la diversidad de contextos clínicos puede ser una riqueza pedagógica y un desafío logístico para la coordinación. El diseño de actividades colaborativas asincrónicas con plazos flexibles es más adecuado para programas de formación sanitaria en rotación que los proyectos con alta demanda de coordinación sincrónica.

7.7.3 Acompañamiento docente en entornos digitales

La presencia docente en entornos virtuales es clave para la calidad de la educación en línea e híbrida. La investigación sobre la comunidad de indagación (CoI) de Garrison et al. (2000) identifica tres tipos de presencia que mejoran el aprendizaje en entornos digitales: la presencia social (los participantes se ven como personas reales y desarrollan relaciones que sustentan el aprendizaje colaborativo), la presencia cognitiva (el entorno promueve el pensamiento de orden superior y la construcción reflexiva del conocimiento) y la presencia docente (el diseño y la facilitación del docente guían el aprendizaje). La presencia docente en entornos virtuales abarca el diseño (organización y calidad de recursos y

actividades) y la facilitación (participación en foros, acompañamiento en procesos colaborativos y retroalimentación sobre el trabajo de los estudiantes).

Las prácticas de acompañamiento docente más efectivas en entornos virtuales de formación sanitaria son: la publicación de anuncios semanales que contextualizan actividades y orientan el estudio; la participación activa del docente en foros de discusión para hacer preguntas que estimulen el pensamiento crítico; la revisión y retroalimentación de entregas en plazos coherentes con el aprendizaje; y la disponibilidad en un horario de oficina virtual predecible para resolver dudas que el foro asíncrono no aborda con urgencia.

7.7.4 Sostenibilidad y actualización de recursos virtuales

La sostenibilidad de los recursos educativos digitales a menudo no recibe la atención necesaria en el diseño. Los recursos digitales en ciencias de la salud tienen una vida útil limitada por la rápida actualización del conocimiento clínico: los casos clínicos, protocolos y guías pueden quedar desactualizados en 3-5 años, y en áreas de cambio rápido como oncología o infectología, este plazo es aún menor. La actualización periódica de recursos educativos digitales en la gestión curricular, con asignación de tiempo y responsabilidades, es una práctica sostenible que las instituciones de formación sanitaria deben institucionalizar.

El diseño de recursos digitales con actualización en mente reduce significativamente el costo de mantenimiento. Los recursos modulares, con componentes actualizables (datos epidemiológicos, recomendaciones terapéuticas, evidencia bibliográfica) separados de componentes estables (principios fisiopatológicos, fundamentos anatómicos, habilidades de comunicación), permiten actualizaciones parciales sin rediseñar el recurso completo. Los recursos que referencian fuentes externas de alta calidad (guías clínicas, bases de datos actualizadas, repositorios de casos clínicos verificados) reducen la necesidad de actualización manual al trasladar la responsabilidad de actualización al productor de la fuente primaria, que suele tener los sistemas y la motivación para mantener sus contenidos actualizados.

Tabla 7.1.

Principios de diseño instruccional aplicados a recursos y actividades educativas

Principio o marco	Fundamento teorico	Aplicacion practica en formacion sanitaria
Diseno inverso (Wiggins y McTighe, 2005)	Planificar desde los resultados de comprension esperados hacia las actividades	Definir competencias clinicas objetivo antes de seleccionar recursos o herramientas digitales
Alineación constructiva (Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011)	Coherencia entre resultados de aprendizaje, actividades y evaluación	Evaluar lo que se ensena; actividades digitales alineadas con los instrumentos de evaluación del programa
Aprendizaje multimedia (Mayer, 2002)	Principios empíricos de diseño de materiales con texto e imagen	Videos segmentados, sin redundancia texto-audio, con señales visuales y contigüidad espacial-temporal
Carga cognitiva (Sweller, 2020)	Gestionar la carga intrínseca, extraña y germana del material	Reducir fricción tecnológica; eliminar elementos decorativos; maximizar el procesamiento activo del contenido clínico
DUA (CAST)	Múltiples medios de representación, expresión e implicación	Ofrecer contenido en video, audio, texto e imagen; actividades individuales y colaborativas; evaluaciones multimodales
TPACK (Mishra y Koehler, 2006)	Integración de conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico	Seleccionar herramientas digitales basándose en como potencian el aprendizaje clínico específico del modulo
Mastery learning (McGaghie et al., 2014)	Todos los estudiantes deben alcanzar el estándar de competencia	Definir criterios de maestría para cada procedimiento simulado; practica adicional para quienes no los alcanzan

Nota. Marcos teóricos y diseño instruccional en salud. Fuente: Elaboración propia a partir de Mayer (2002), Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. 2011), McGaghie et al. (2014) y Mishra y Koehler (2006).

REFERENCIAS

Barteit, S., Lanfermann, L., Bärnighausen, T., Neuhann, F., & Beiersmann, C. (2021). Augmented, mixed, and virtual reality-based head-mounted devices for medical education: Systematic review. *JMIR Serious Games, 9*(3), e29080. https://doi.org/10.2196/29080

Biggs, J. B., Tang, C. S. K., & Kennedy, G. (2011). *Teaching for quality learning at university* (Vol. 4, No. 5). Maidenhead: Open University Press.

Boud, D., & Molloy, E. (2012). What is the problem with feedback? In *Feedback in higher and professional education* (pp. 1–10). Routledge.

Brown, P. C., Roediger, H. L., III, & McDaniel, M. A. (2014). *Make it stick: The science of successful learning*. The Belknap Press of Harvard University Press.

Cope, B., & Kalantzis, M. (Eds.). (2017). *E-learning ecologies: Principles for new learning and assessment*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315639215

Dent, J. A., Harden, R. M., & Hunt, D. (Eds.). (2021). *A practical guide for medical teachers* (6th ed.). Elsevier.

Frank, J. R., Snell, L., & Sherbino, J. (Eds.). (2015). *CanMEDS 2015 physician competency framework*. Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. https://canmeds.royalcollege.ca/en/framework

Garrison, D. R. (2017). *E-learning in the 21st century: A community of inquiry framework for research and practice* (3rd ed.). Routledge.

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher, 38*(5), 365–379. https://doi.org/10.3102/0013189X09339057

Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical Teacher, 41*(9), 976–980. https://doi.org/10.1080/0142159X.2019.1595557

Mayer, R. E. (2002). Multimedia learning. In Psychology of learning and motivation (Vol. 41, pp. 85-139). Academic Press.

McGaghie, W. C., Issenberg, S. B., Barsuk, J. H., & Wayne, D. B. (2014). A critical review of simulation-based mastery learning with translational outcomes. *Medical Education, 48*(4), 375–385. https://doi.org/10.1111/medu.12391

Norcini, J., Anderson, M. B., Bollela, V., Burch, V., Costa, M. J., Duvivier, R., Hays, R., Palacios Mackay, M. F., Roberts, T., & Swanson, D. (2018). 2018 consensus framework for good assessment. *Medical Teacher, 40*(11), 1102–1109. https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1500016

Selwyn, N. (2011). *Education and technology: Key issues and debates*. A&C Black.

UNESCO. (2022). *Recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

UNESCO. (2023). *Global education monitoring report 2023: Technology in education—A tool on whose terms?* https://doi.org/10.54676/UZQV8501

van der Vleuten, C. P. M. (2016). Revisiting "Assessing professional competence: From methods to programmes." *Medical Education, 50*(9), 885–888. https://doi.org/10.1111/medu.12632

Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (Expanded 2nd ed.). Association for Supervision and Curriculum Development.

Zawacki-Richter, O., & Latchem, C. (2018). Exploring four decades of research in Computers & Education. *Computers & Education, 122*, 136–152. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.04.001

Derechos de Autor (Copyright) 2026 © Julio Johnny Regalado Jalca

Este texto está protegido por una licencia Creative Commons 4.0.



Usted es libre de compartir, copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, así como de adaptarlo, remezclarlo, transformarlo y crear a partir de él para cualquier propósito, incluso con fines comerciales. Sin embargo, debe cumplir con la condición de atribución, lo que significa que debe otorgar el crédito correspondiente a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia e indicar si se han realizado modificaciones. Puede hacerlo en cualquier formato razonable, pero no de manera que sugiera que cuenta con el respaldo del licenciante o que recibe algún beneficio por el uso de la obra.

Resumen de licencia – Texto completo de la licencia

ISBN: 978-628-97750-1-3
DOI: 10.69821/ 978-628-97750-1-3