

Uso de simuladores hápticos en la carrera de odontología

Use of Haptic Simulators in Dentistry Education

Erick Sebastián Guillén Santana¹ <https://orcid.org/0009-0008-9099-151X>

Erick Leonardo Romero Cedeño¹ <https://orcid.org/0009-0002-7171-4951>

Eugenio Radamés Borroto Cruz¹ <https://orcid.org/0000-0002-7266-9884>

Cindy Giselle Díaz Contino^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6949-406X>

¹Universidad San Gregorio de Portoviejo. Manabí, Ecuador.

*Autor para la correspondencia: cgdiaz@sangregorio.edu.ec

RESUMEN

Introducción: La simulación háptica en odontología constituye una tecnología de alta fidelidad, que permite reproducir sensaciones táctiles durante procedimientos clínicos simulados, lo cual facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje sin riesgo para pacientes.

Objetivo: Analizar la evidencia científica reciente sobre las ventajas, las limitaciones y el impacto del uso de simuladores hápticos en el desarrollo de habilidades clínicas y psicomotoras de los estudiantes de odontología.

Metodología: Se realizó una revisión sistemática siguiendo los lineamientos PRISMA 2020. Se consultaron las bases de datos Scopus y Web of Science para artículos publicados entre 2020 y 2025 en inglés y español. La estrategia de búsqueda incluyó términos relacionados con simulación háptica y educación odontológica. De 104 estudios identificados, se seleccionaron 26 tras aplicar criterios de inclusión y exclusión. Se analizaron variables como desempeño clínico, autoeficacia, aceptación tecnológica y desafíos de implementación.

Resultados: Los simuladores hápticos se asociaron con mejoras en destreza manual, coordinación, precisión clínica, autoeficacia, motivación y confianza. Su uso fue reportado en áreas como operatoria dental, endodoncia, anestesia local, prostodoncia, odontopediatría y ortodoncia. No obstante, se identificaron limitaciones relacionadas con costos, mantenimiento, capacitación docente, integración curricular, estandarización y evidencia aún limitada sobre transferencia al desempeño clínico real.

Conclusiones: Los simuladores hápticos representan un recurso formativo promotor para complementar la enseñanza odontológica tradicional en etapas preclínicas. Su implementación requiere planificación institucional, validación pedagógica y estudios futuros que evalúen su efectividad en contextos latinoamericanos y en combinación con tecnologías de realidad extendida.

Palabras clave: simulación háptica; educación odontológica; simulación clínica; realidad virtual; habilidades psicomotoras; formación preclínica.

ABSTRACT

Introduction: Haptic simulation in dentistry constitutes a high-fidelity technology capable of reproducing tactile sensations during simulated clinical procedures, thereby facilitating the teaching-learning process without risk to patients.

Objective: To analyze recent scientific evidence regarding the advantages, limitations, and impact of haptic simulators on the development of clinical and psychomotor skills in dental students.

Methodology: A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 guidelines. Scopus and Web of Science databases were consulted for articles published between 2020 and 2025 in English and Spanish. The search strategy included terms related to haptic simulation and dental education. Of the 104 studies initially identified, 26 were selected after applying inclusion and exclusion criteria. Variables such as clinical performance, self-efficacy, technology acceptance, and implementation challenges were analyzed.

Results: Haptic simulators were associated with improvements in manual dexterity, coordination, clinical precision, self-efficacy, motivation, and confidence. Their use was reported in areas such as operative dentistry, endodontics, local anesthesia, prosthodontics, pediatric dentistry, and orthodontics. However, limitations related to costs, maintenance, faculty training, curricular integration, standardization, and still limited evidence regarding transfer to real clinical performance were also identified.

Conclusions: Haptic simulators represent a promising educational resource to complement traditional dental teaching during preclinical stages. Their implementation requires institutional planning, pedagogical validation, and future studies assessing their effectiveness in Latin American contexts and in combination with extended reality technologies.

Keywords: haptic simulation; dental education; clinical simulation; virtual reality; psychomotor skills; preclinical training.

Recibido: 18/05/2026

Aceptado: 19/07/2026

Introducción

La práctica clínica en odontología, al igual que en todas las áreas de la salud, es fundamental para la adquisición de conocimientos teóricos y habilidades prácticas, que serán esenciales en el ejercicio profesional de los estudiantes. En este contexto, los métodos tradicionales de enseñanza preclínica están siendo complementados progresivamente por tecnologías de simulación háptica, porque estas herramientas tecnológicas permiten superar diversas limitaciones propias de la formación preclínica convencional.

Daud y otros⁽¹⁾ destacan que la educación odontológica ha experimentado una rápida evolución durante la última década, en la cual los métodos tradicionales, como las prácticas en dientes artificiales, han comenzado a ser desplazados por avances tecnológicos de vanguardia. Asimismo, señalan que estas tecnologías se emplean como herramientas pedagógicas en las prácticas clínicas de los estudiantes de odontología y son consideradas por los docentes como ergonómicas y precisas, lo que respalda su fiabilidad y su capacidad para mejorar las experiencias de aprendizaje práctico.

Los simuladores hápticos permiten recrear percepciones táctiles mediante el uso de visualización indirecta y la simulación de la rigidez de los distintos tejidos dentales. El primer simulador de este tipo, desarrollado en la década de 2010 por la marca Simodont, marcó el inicio de una tecnología orientada a la formación

clínica.⁽³⁾ Desde entonces, estos dispositivos han tenido como finalidad que el estudiante experimente, en un entorno simulado, la manipulación de instrumentos y tejidos bucales. Con ello, es posible ejecutar técnicas clínicas como empujar, traccionar o cortar tejido con una retroalimentación de fuerza realista, para aproximarse de manera segura a la sensación propia de un procedimiento dental invasivo.

En este contexto, las universidades que imparten la carrera de odontología han comenzado a incorporar de manera progresiva herramientas tecnológicas que fortalezcan sus procesos educativos. No obstante, esta integración también ha implicado desafíos importantes, como la necesidad de inversión en infraestructura, de adaptabilidad e innovación en el cuerpo docente, y de creación de protocolos claros de estandarización y cumplimiento normativo.⁽⁴⁾

Aunque la simulación háptica ha ganado presencia en la educación odontológica, la evidencia sobre su impacto formativo, sus ventajas, limitaciones y posibilidades reales de integración curricular aún se encuentran dispersas.

En este proceso de investigación se tuvo en cuenta el esquema PICO:⁽⁵⁾

- P: estudiantes y docentes de la carrera enfermería
- I: desarrollo de competencias emocionales
- C: bajo nivel de competencias emocionales
- O: desempeño académico y calidad del proceso enseñanza-aprendizaje

El objetivo del estudio fue analizar la evidencia científica reciente sobre las ventajas, las limitaciones y el impacto del uso de simuladores hápticos en el desarrollo de habilidades clínicas y psicomotoras de los estudiantes de odontología. Con ello se busca aportar al fortalecimiento de la calidad educativa en las facultades de odontología, mediante la síntesis de evidencia que sustente la incorporación de simuladores hápticos como herramientas alineadas con los estándares formativos actuales y con el desarrollo de competencias técnicas, analíticas y críticas en los futuros profesionales.

Métodos

Se realizó una revisión sistemática de literatura bajo los lineamientos PRISMA 2020,⁽⁶⁾ que incluyó la búsqueda, el análisis y la síntesis de la evidencia de estudios que mostraran como resultados la importancia de los simuladores hápticos en la carrera de odontología.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos Scopus y Web of Science, y se incluyeron publicaciones en idiomas inglés y español. La estrategia de búsqueda se estructuró mediante el uso de descriptores y términos libres, combinados con operadores booleanos. La ecuación de búsqueda fue la siguiente: ("haptic simulators" OR "haptic simulation" OR "virtual reality") AND ("dental education" OR "dental simulation").

Criterios de elegibilidad

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios originales con enfoque cuantitativo, cualitativo o mixto
- Investigaciones relacionadas con el uso de simuladores hápticos en educación odontológica
- Artículos publicados entre 2020 y 2025

Se excluyeron los siguientes:

- Notas editoriales, cartas al editor y revisiones narrativas
- Tesis no publicadas
- Estudios sin acceso a texto completo
- Investigaciones con deficiencias metodológicas evidentes o información insuficiente para el análisis

Proceso de selección de estudios

El proceso de selección se desarrolló en cuatro fases, conforme con el diagrama de flujo PRISMA (fig. 1): identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. Inicialmente, se identificaron 104 registros. Luego, tras la eliminación de duplicados y la revisión de títulos y resúmenes, se procedió a la evaluación de textos completos, según los criterios de elegibilidad. Al final se incluyeron 26 estudios para el análisis cualitativo.

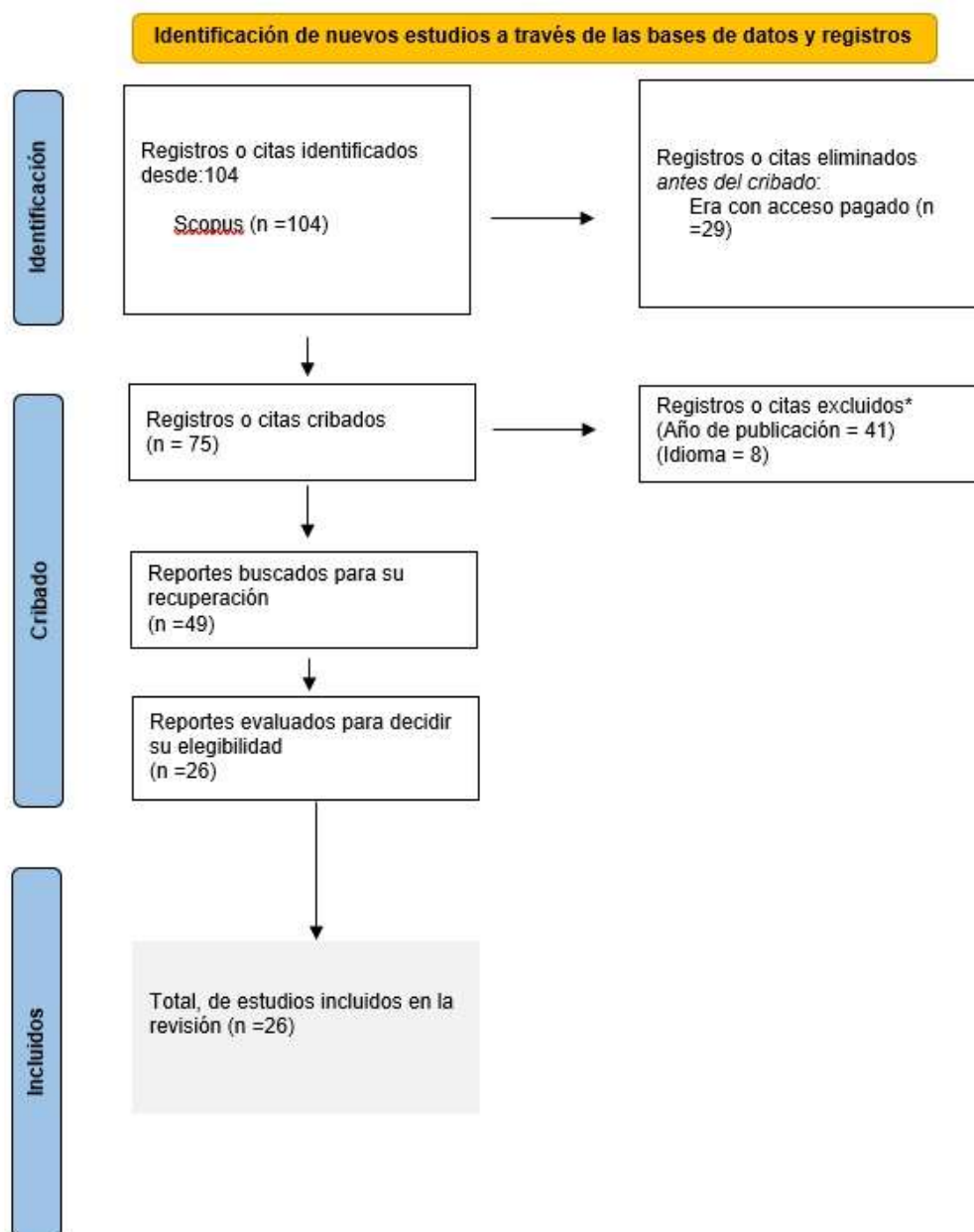


Fig. 1 - Diagrama de flujo PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas.

Extracción de datos

Se diseñó una matriz de extracción de datos para sistematizar la información relevante de los estudios incluidos. Las variables consideradas fueron: autores, año de publicación, idioma, objetivo del estudio, relación con las preguntas de investigación (ventajas/desventajas e impacto clínico) y principales hallazgos.

Síntesis de la información

Los resultados se organizaron mediante un análisis cualitativo temático, estructurado de manera que permitiera dar respuesta directa a las preguntas de investigación planteadas. En este sentido, la evidencia fue agrupada en categorías previamente definidas:

- Ventajas y desventajas del uso de simuladores hápticos en la formación clínica (P1)
- Impacto de estos simuladores en el desempeño clínico y en las distintas especialidades odontológicas (P2)

Adicionalmente, se identificaron subcategorías emergentes como: mejora del desempeño y habilidades clínicas, impacto en la autoeficacia y el aprendizaje autónomo, percepción y aceptación tecnológica, desafíos en la implementación y consolidación de la evidencia.

Evaluación del riesgo de sesgo

El riesgo de sesgo de los estudios incluidos se evaluó de manera cualitativa, mediante una revisión crítica de aspectos metodológicos como el diseño del estudio, la claridad en la definición de la muestra, la coherencia entre objetivos y resultados, y la transparencia en la presentación de los datos. Asimismo, se consideraron posibles fuentes de sesgo, como el tamaño muestral reducido, la ausencia de grupos de comparación y las limitaciones en la reproducibilidad de los resultados.

Resultados

El cuadro 1 muestra una producción científica reciente y metodológicamente diversa sobre el uso de simuladores hápticos, realidad virtual (VR) y tecnologías inmersivas en la educación odontológica. Predominan los estudios publicados entre 2023 y 2025, que confirman que se trata de un tema en expansión, impulsado por la digitalización de la enseñanza clínica y la necesidad de entornos seguros de entrenamiento preclínico. En cuanto al contexto geográfico, la evidencia se concentra principalmente en Europa, Asia y Norteamérica, mientras que América Latina aparece representada de forma limitada, en especial por estudios realizados en Chile y Ecuador.

Cuadro 1 - Características generales de los estudios incluidos

Autor/año	Objetivo del estudio	Diseño	Muestra / contexto	País
<i>Murbay y otros</i> ⁽⁷⁾	Evaluar el efecto del simulador dental virtual en el desempeño preclínico de estudiantes de odontología	Experimental comparativo	32 estudiantes de segundo año	Hong Kong
<i>Fernández-Sagredo y otros</i> ⁽⁸⁾	Determinar la percepción sobre la utilidad de simuladores virtuales hápticos en odontología	Observacional descriptivo cuantitativo	127 estudiantes, odontólogos y académicos	Chile
<i>González y otros</i> ⁽⁹⁾	Validar el modelo UTAUT para medir aceptación de simuladores hápticos	Transversal psicométrico	265 estudiantes de odontología	Chile
<i>Lee-Muñoz y otros</i> ⁽¹⁰⁾	Evaluar el efecto de la simulación háptica en la autoeficacia académica	Cuantitativo evaluativo	134 estudiantes	Chile
<i>Serrano y otros</i> ⁽¹¹⁾	Proponer una taxonomía uniforme para la simulación XR en educación odontológica	Scoping review	141 artículos	Países Bajos
<i>Bandiaky y otros</i> ⁽¹²⁾	Determinar el efecto de simuladores hápticos en habilidades motoras,	Revisión sistemática	23 estudios, 1303 participantes	Francia

	percepción y diferenciación de destrezas			
<i>Algarni y otros⁽¹³⁾</i>	Analizar el impacto de simuladores VR en resultados de aprendizaje y compromiso estudiantil	Revisión sistemática	16 estudios	Internacional
<i>Mendoza y Pico⁽¹⁴⁾</i>	Analizar el impacto de simuladores clínicos en el desarrollo de habilidades profesionales	Revisión sistemática	16 estudios	Ecuador
<i>Usta y otros⁽¹⁵⁾</i>	Evaluar el efecto de simuladores VR hápticos en destreza manual, confianza y estrés en endodoncia	Experimental aleatorizado	40 estudiantes	Turquía / Finlandia
<i>Huang y otros⁽¹⁶⁾</i>	Revisar la aplicación del sistema Simodont en la educación odontológica china	Scoping review	12 estudios	China
<i>Felszeghy y otros⁽¹⁷⁾</i>	Resumir aplicaciones, beneficios y desafíos de la VR háptica en currículos odontológicos	Revisión de literatura + encuesta	42 artículos	Internacional
<i>Bandiaky y otros⁽¹⁸⁾</i>	Evaluar el uso de VirTeaSy Dental® con visor VR en cavidades de acceso endodóntico	Comparativo cruzado	90 estudiantes	Francia
<i>Lu y otros⁽¹⁹⁾</i>	Describir la construcción y aplicación de un sistema docente de simulación virtual dental	Descriptivo institucional	Experiencia institucional	China
<i>Joseph y otros⁽²⁰⁾</i>	Validar si la simulación háptica permite diferenciar niveles de habilidad en restauradora	Observacional comparativo longitudinal	224 estudiantes	Francia
<i>Mai y otros⁽²¹⁾</i>	Evaluar la efectividad de la simulación interactiva VR en prostodoncia	Revisión sistemática y metaanálisis	21 estudios	Internacional
<i>Aura-Tormos y otros⁽²²⁾</i>	Evaluar la percepción estudiantil sobre HVRS para entrenamiento en pulpotomía	Piloto comparativo aleatorizado	24 estudiantes	España

Serrano y otros ⁽²³⁾	Evaluar la implementación educativa y satisfacción institucional con entrenadores VR hápticos	Descriptivo institucional	27 escuelas de odontología	Internacional
Haas-Stroede y otros ⁽²⁴⁾	Determinar validez y transferencia de VRIAN para bloqueo del nervio alveolar inferior	Experimental aleatorizado	44 estudiantes	Estados Unidos
Sohlin y otros ⁽²⁵⁾	Explorar barreras, facilitadores y estrategias de <i>debriefing</i> en VR inmersiva	Cualitativo	10 expertos	Dinamarca / internacional
Foxton y otros ⁽²⁶⁾	Diseñar un currículo de simulación basado en competencias mediante andamiaje progresivo	Diseño curricular / taller colaborativo	8 profesores clínicos y 4 pedagogos-tecnólogos del aprendizaje	Reino Unido
Tsuruta ⁽²⁷⁾	Describir la situación de la educación con simuladores en odontología japonesa	Revisión descriptiva / perspectiva	No aplica	Japón
Ranaut y otros ⁽²⁸⁾	Describir la integración del entrenamiento háptico en el currículo dental de QMUL	Comentario institucional	Experiencia curricular	Reino Unido
Dzyuba y otros ⁽²⁹⁾	Revisar el uso, impacto y limitaciones de VR/AR en educación odontológica	Revisión sistemática	14 estudios	Reino Unido / internacional
Pasqualini y otros ⁽³⁰⁾	Presentar una prueba de concepto de VR háptica en microcirugía endodóntica	Reporte de caso	1 residente y 1 paciente	Italia / Estados Unidos
Chen y otros ⁽³¹⁾	Comparar VR y análisis tradicional por <i>PowerPoint</i> en enseñanza de ortodoncia	Aleatorizado cruzado	140 estudiantes de cuarto año	China
McAlpin y otros ⁽³²⁾	Evaluar VR frente a maniquí plástico en educación preclínica de anestesia local	Experimental aleatorizado	58 estudiantes	Estados Unidos

Nota: VR = realidad virtual; XR = realidad extendida; AR = realidad aumentada; UTAUT = *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*; HVRS = *Haptic Virtual Reality Simulator*; VRIAN = *Virtual Reality Inferior Alveolar Nerve*; VRIS = *Virtual Reality Interactive Simulation*; QMUL = *Queen Mary University of London*.

Según la información analizada en el cuadro 2, se ha demostrado en la literatura que los simuladores hápticos ofrecen beneficios formativos relevantes, especialmente

en el desarrollo psicomotor, la retroalimentación inmediata y la práctica segura antes del contacto con pacientes (cuadro 3). Sin embargo, estos beneficios no son automáticos: dependen del tipo de procedimiento, el nivel del estudiante, el tiempo de exposición y la forma en que la tecnología se integra al currículo.

Las principales ventajas se concentran en el plano pedagógico y preclínico, mientras que las limitaciones aparecen con más fuerza en la transferencia clínica, la validación de los sistemas, los costos y la implementación institucional. La efectividad de estas tecnologías requiere planificación curricular, capacitación docente y criterios claros de evaluación. Todavía necesita mayor estandarización, validación y evidencia sobre su transferencia efectiva al desempeño clínico en pacientes reales.

Cuadro 2 - Ventajas y limitaciones del uso de simuladores hápticos en la formación odontológica

Dimensión	Ventajas identificadas	Limitaciones o condiciones de implementación	Estudios relacionados
Desarrollo psicomotor	Mejora de destreza manual, coordinación, precisión y control motor	La mejora puede depender del tipo de tarea, nivel del estudiante y tiempo de exposición	<i>Murbay y otros,⁽⁷⁾ Bandiaky y otros,⁽¹⁸⁾ Usta y otros,⁽¹⁵⁾ Joseph y otros⁽²⁰⁾</i>
Retroalimentación	Permite corrección inmediata, autoevaluación y seguimiento del desempeño	Requiere sistemas validados y criterios claros de evaluación	<i>Felszeghy y otros,⁽¹⁷⁾ Mai y otros,⁽²¹⁾ Joseph y otros⁽²⁰⁾</i>
Motivación y confianza	Incrementa compromiso, autoconfianza y percepción positiva del aprendizaje	La novedad tecnológica puede influir en la percepción inicial	<i>Fernández-Sagredo y otros,⁽⁸⁾ Chen y otros,⁽³¹⁾ Algarni y otros,⁽¹³⁾ Aura-Tormos y otros⁽²²⁾</i>
Seguridad preclínica	Permite repetir procedimientos sin riesgo para pacientes	No sustituye completamente la experiencia clínica real	<i>Pasqualini y otros,⁽³⁰⁾ Haas-Stroede y otros,⁽²⁴⁾ McAlpin y otros⁽³²⁾</i>
Integración curricular	Puede complementar cabeza fantasma, maniqués y enseñanza tradicional	Exige rediseño curricular, capacitación docente y planificación institucional	<i>Serrano y otros,⁽²³⁾ Huang y otros,⁽¹⁶⁾ Foxton y otros,⁽²⁶⁾ Ranauta y otros⁽²⁸⁾</i>

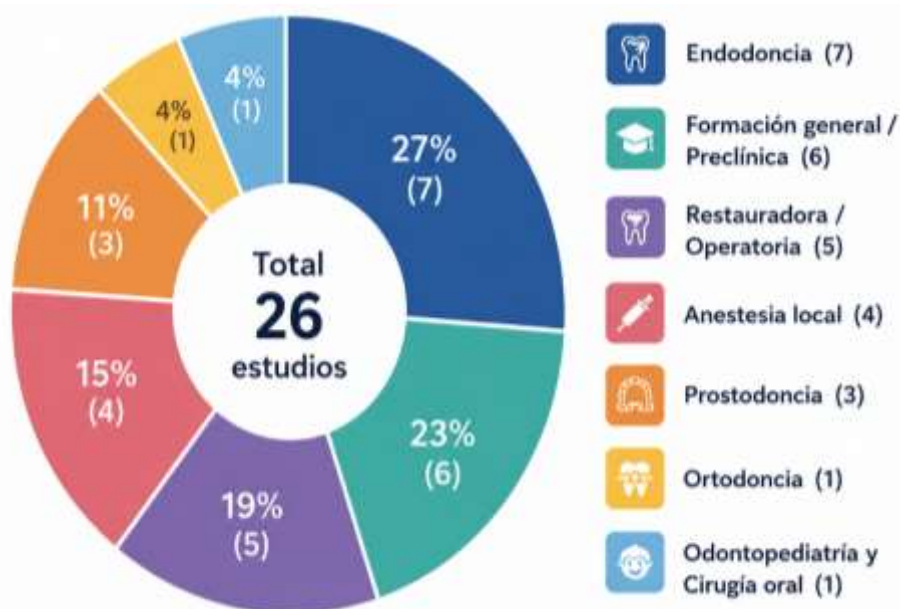
Implementación institucional	Favorece innovación educativa y estandarización de prácticas	Costos elevados, mantenimiento, infraestructura y disponibilidad limitada	<i>Tsuruta,⁽²⁷⁾ Serrano y otros⁽¹¹⁾</i>
Transferencia clínica	Algunos estudios muestran transferencia de habilidades al entorno real	La evidencia aún es heterogénea; en algunos casos el método tradicional supera a VR	<i>Felszeghy y otros,⁽¹⁷⁾ McAlpin y otros,⁽³²⁾ Bandiaky y otros⁽¹⁸⁾</i>
Usabilidad e inmersión	La VR inmersiva puede enriquecer la experiencia de aprendizaje	El visor puede producir mareos, fatiga o reducción del desempeño en tareas complejas	<i>Bandiaky y otros,⁽¹⁸⁾ Sohlin y otros,⁽²⁵⁾ Dzyuba y otros⁽²⁹⁾</i>

Cuadro 3 - Impacto de los simuladores hápticos en habilidades clínicas y psicomotoras

Estudio	Área clínica	Variable evaluada	Resultado principal	Tipo de impacto
<i>Murbay y otros⁽⁷⁾</i>	Operatoria	Preparación Clase I	Mejor desempeño preclínico	Positivo
<i>Usta y otros⁽¹⁵⁾</i>	Endodoncia	Destreza manual y estrés	Mayor precisión y menor ansiedad	Positivo
<i>Joseph y otros⁽²⁰⁾</i>	Restauradora	Diferenciación de habilidades	Discriminó niveles de competencia	Positivo
<i>Haas-Stroede y otros⁽²⁴⁾</i>	Anestesia	Precisión de inyección	Mejoró posicionamiento y confianza	Positivo
<i>McAlpin y otros⁽³²⁾</i>	Anestesia	Transferencia clínica	Maniquí superó VR	Mixto
<i>Bandiaky y otros⁽¹⁸⁾</i>	Endodoncia	Preparación cavitaria	Peor rendimiento con visor VR	Negativo
<i>Pasqualini y otros⁽³⁰⁾</i>	Microcirugía endodóntica	Transferencia quirúrgica	Mejor preparación prequirúrgica	Positivo

La figura 2 muestra que la mayor concentración de estudios se encuentra en el área de endodoncia, seguida por la formación general/preclínica y la odontología restauradora/operatoria. Se evidencia que las tecnologías hápticas y de realidad virtual han sido priorizadas en disciplinas donde el desarrollo de habilidades psicomotoras finas, la precisión manual y la repetición controlada de procedimientos poseen un papel crítico en el proceso formativo.

La predominancia de estudios en endodoncia puede relacionarse con la complejidad técnica de procedimientos como cavidades de acceso, microcirugía y localización anatómica, los cuales requieren entrenamiento seguro antes de la práctica clínica real. Del mismo modo, la importante presencia de investigaciones en formación preclínica evidencia que la simulación VR/háptica se está utilizando principalmente como estrategia de transición entre el aprendizaje teórico y la práctica clínica supervisada.



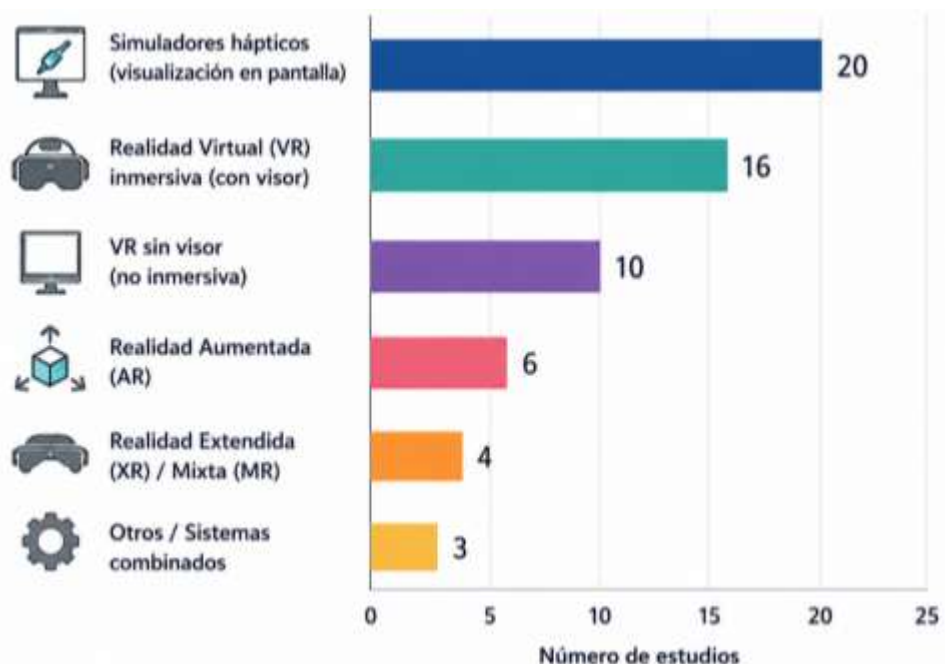
Nota: Los porcentajes se redondearon al número entero más cercano.

Fig. 2 - Distribución de estudios por área odontológica (n = 26).

La figura 3 demuestra un predominio de los simuladores hápticos con visualización en pantalla y de las modalidades de realidad virtual inmersiva dentro de los estudios analizados. La investigación en educación odontológica se ha orientado principalmente hacia tecnologías enfocadas en la práctica manual y la interacción tridimensional, lo que ha dado prioridad a la simulación de procedimientos clínicos complejos y el entrenamiento psicomotor.

La coexistencia de múltiples tecnologías dentro de un mismo estudio indica que las estrategias formativas actuales tienden a combinar recursos inmersivos y no inmersivos, más que a reemplazar completamente los métodos tradicionales. La distribución observada también indica que el interés científico actual se concentra en tecnologías capaces de proporcionar retroalimentación háptica y repetición

segura de procedimientos, aspectos considerados fundamentales para el entrenamiento preclínico. Sin embargo, la diversidad tecnológica identificada evidencia que el campo aún se encuentra en evolución y sin un consenso definitivo con respecto a cuál modalidad ofrece mejores resultados educativos y clínicos.



Nota: Pueden coexistir más de una en un estudio.

Fig. 3 - Tecnologías utilizadas en los estudios incluidos (n = 26).

Alcances y desafíos de los simuladores hápticos en la formación odontológica

Los simuladores hápticos están transformando de forma notoria las prácticas clínicas, incluso diversos desafíos educativos que no eran de fácil resolución. La terminología “háptico” quiere decir relacionado con el sentido del tacto. *Serrano y otros*⁽¹¹⁾ mencionan que estos simuladores transmiten sensaciones táctiles al estudiante, lo que le va a permitir palpar objetos digitales proyectados con algoritmos volumétricos, donde se requiere de un instrumento de manejo para otorgar retroalimentación de fuerza. Asimismo, estos autores coinciden en que estos simuladores son importantes en las prácticas clínicas de odontología, porque brindan interacción de diferentes escenarios simulados con su respectiva retroalimentación de fuerza. Esto permitirá al estudiante palpar los diferentes

tejidos dentales, eliminar una caries, luxar un diente, realizar un raspado y sondaje periodontal, etcétera.

Es importante recalcar que la tecnología háptica se puede complementar con un simulador XR, es decir, una herramienta que utiliza realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA) y realidad mixta (RM). En este entorno el estudiante puede recrear el mundo real. *McAlpin* y otros⁽³²⁾ plantean que la unión de un simulador XR con la tecnología háptica, es un factor importante para considerar, dado que esto proporcionará un adiestramiento de destrezas por medio de la relación mano-ojo, la retroalimentación directa, y el sentido de resistencia y el tacto.

Otros autores coinciden en que la simulación háptica con retroalimentación aumentada puede ser eficaz en la adquisición de habilidades en las primeras etapas de prácticas clínicas.^(10,11,29) Esto constituye un apoyo importante para la adquisición efectiva de destrezas manuales básicas, porque son autoguiadas, lo que permite a los estudiantes ensayar sin miedo a cometer una mala praxis y les fomenta una experiencia de aprendizaje positiva.

Ante la evidencia que muestran estos estudios, se enfatiza que los simuladores hápticos son instrumentos tecnológicos novedosos, y su utilidad se ve reflejada, sobre todo, en las primeras etapas clínicas, donde el estudiante se encuentra con falta de destrezas manuales; por ende, estos simuladores son beneficiosos, dado que proporcionan retroalimentación altamente realista de sus acciones.

Sohlin y otros⁽²⁵⁾ señalan que en las prácticas clínicas los estudiantes pueden sentirse intimidados al trabajar con simulación basada en maniqués, situación que no se observa con el uso de simuladores hápticos. Este planteamiento coincide con lo reportado por *Mendoza y Pico*,⁽¹⁴⁾ quienes destacan que estas herramientas han adquirido creciente relevancia en la formación odontológica. Asimismo, subrayan que su uso genera experiencias positivas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que incrementa la motivación intrínseca de los estudiantes y favorece su participación activa.

Bandiaky y otros,⁽¹²⁾ en su estudio, coinciden en que los simuladores hápticos están ocupando cada vez más espacio en el desarrollo de habilidades técnicas en el área de odontología, ya que mejora indudablemente la adquisición, retención y transferencia de destrezas motoras en las diferentes especialidades odontológicas. *Fernández-Sagredo* y otros⁽⁸⁾ también corroboran que estas herramientas permiten a los estudiantes un entrenamiento personalizado, seguro, con retroalimentación y aprendizaje a su propio ritmo; a su vez, ayuda a los docentes a optimizar tiempo de

trabajo, recursos y evaluar con mayor objetividad el desempeño clínico de los estudiantes.

En relación con las especialidades odontológicas, el uso de simuladores hápticos ha mostrado resultados relevantes. Se señala que en el área de operatoria dental estos dispositivos permiten la realización de cavidades y restauraciones de clases I, II, III, IV y V, favorecen la visualización indirecta y el desarrollo de la destreza manual. Asimismo, cuando se integran con entornos de realidad virtual, los resultados en la práctica clínica tienden a ser aún más favorables.^(7,19)

En el área de endodoncia, otros estudios señalan que los simuladores hápticos integrados con realidad virtual inmersiva permiten a los estudiantes realizar preparaciones de cavidades de acceso endodóntico, comprender la anatomía interna del diente y enfrentar posibles complicaciones durante el procedimiento.^(15,18) Asimismo, *Pasqualini* y otros⁽³⁰⁾ muestran cómo un estudiante de posgrado logró ejecutar procedimientos como osteotomía, resección apical y retropreparación ultrasónica durante la fase de entrenamiento, y alcanzó niveles adecuados de destreza mediante el uso de simuladores hápticos combinados con realidad virtual.

En el área de cirugía, se plantea que los estudiantes pueden practicar técnicas de anestesia bucal mediante simuladores, y realizar múltiples repeticiones con retroalimentación continua hasta alcanzar una ejecución adecuada.^(24,31) En ortodoncia, estas herramientas permiten simular pacientes con maloclusiones de Angle clase I, II y III, lo que facilita la comprensión del proceso de tratamiento clínico. Por su parte, en prostodoncia, *Mai* y otros⁽²¹⁾ destacan que la enseñanza de la elaboración de prótesis dentales mediante simulación mejora los resultados de aprendizaje.

Por tanto, la literatura muestra de manera consistente que los simuladores hápticos fomentan en los estudiantes de odontología la motivación, el esfuerzo y la superación personal, al permitirles establecer y alcanzar metas mediante prácticas con distintos niveles de complejidad en diversas especialidades clínicas. No obstante, se identifica un punto de inflexión en su adopción con la pandemia por COVID-19, período en el que las restricciones asociadas a la generación de aerosoles en la atención clínica limitaron la práctica con pacientes. En este contexto, los simuladores hápticos se consolidaron como una alternativa formativa para la enseñanza práctica en odontología.

También existen algunas desventajas que impiden la implementación completa de los simuladores hápticos. *Tsuruta*⁽²⁷⁾ subraya en su investigación que uno de los

principales inconvenientes serían problemas presupuestarios, pues los altos costos de compra y mantenimiento causan dudas en su implementación, dado que toca evaluar si, acorde a la relación costo-beneficio de los simuladores hápticos, se debe o no proceder a utilizar estas herramientas tecnológicas.

Otra desventaja es que las instituciones de educación superior no han podido integrar del todo a los simuladores dentales hápticos en su currículo, y esto se debe a las dificultades para implementar cambios curriculares, la disponibilidad de un espacio amplio para la instalación de laboratorios y, un aspecto importante, la predisposición del cuerpo docente hacia el cambio de la implementación de nuevas herramientas tecnológicas; además de que puede generar insatisfacción, porque se necesita capacitaciones exhaustivas para el correcto uso de los simuladores.^(16,23)

Por tanto, estos son obstáculos que dificultan la implementación de simuladores hápticos en las prácticas clínicas de odontología, sobre todo en el contexto Sudamericano, donde en muchos de los países no se cuenta con los recursos económicos, de infraestructura y de personal humano capacitado para la debida implementación y el mantenimiento; además, no existe la suficiente evidencia que demuestre la eficacia de estas herramientas tecnológicas.

Se han realizado pocos estudios sobre los simuladores hápticos en el contexto Sudamericano. Ante esto, *Lee-Muñoz* y otros,⁽¹⁰⁾ corroboran que gran parte de las investigaciones existentes proceden de Asia, Europa y Estados Unidos, con escasa representación de países sudamericanos, lo que restringe la obtención de evidencia científica para la implementación de los simuladores en este contexto. Esta problemática también se constata en el presente estudio.

En definitiva, las universidades que ofertan la carrera de odontología deben diseñar currículos de simulación háptica, que integren ambientes clínicos completos, tareas de aprendizaje con complejidad progresiva y evaluaciones orientadas a la praxis clínica simulada. De este modo, estas tecnologías pueden contribuir al desarrollo de competencias prácticas como complemento de los métodos tradicionales, y alcanzar una mejora tangible en la calidad del aprendizaje.⁽³¹⁾

Como línea futura de investigación se recomienda desarrollar estudios empíricos y observacionales que evalúen con mayor solidez la efectividad de los simuladores hápticos integrados con tecnologías XR en la formación odontológica. Estas investigaciones deberían aportar evidencia sobre su impacto en la adquisición de competencias clínicas, su transferencia a contextos reales de atención y su viabilidad de incorporación al currículo, con el fin de consolidarlos como herramientas útiles y eficaces en la formación de nuevos odontólogos.

Entre las limitaciones del estudio se encuentra la heterogeneidad metodológica de las investigaciones incluidas, tanto en los diseños empleados como en las tecnologías evaluadas, las muestras analizadas y las variables de resultado consideradas. Asimismo, gran parte de la evidencia disponible se concentra en contextos internacionales, con limitada representación latinoamericana, lo que dificulta extrapolar los resultados a otros entornos educativos. También se identificó una variabilidad importante en los criterios de evaluación y en los niveles de integración curricular reportados, aspecto que limita la comparación directa entre estudios y la posibilidad de establecer conclusiones definitivas sobre la superioridad de una tecnología específica.

Conclusiones

Los resultados evidencian que los simuladores hápticos constituyen una herramienta de alto potencial para la formación odontológica, como complemento de la enseñanza preclínica tradicional. Su empleo ha demostrado mejoras en el desarrollo de habilidades psicomotoras y la precisión clínica de los estudiantes. Además, ofrece ventajas de retroalimentación inmediata, la repetición segura de procedimientos y el fortalecimiento de la motivación, la autoconfianza y la autoeficacia académica en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Asimismo, se identifican limitaciones relevantes para su implementación; entre ellas, los altos costos de adquisición y mantenimiento, la necesidad de capacitación docente, la disponibilidad de infraestructura tecnológica y las dificultades de integración curricular. El impacto de estas tecnologías se observa en diversas áreas de la odontología, donde favorecen la adquisición progresiva de destrezas técnicas en entornos controlados y sin riesgo para los pacientes. Sin embargo, la evidencia disponible aún es heterogénea y no permite afirmar de manera concluyente que los simuladores hápticos sustituyan los métodos tradicionales ni que garanticen, por sí solos, una transferencia efectiva al desempeño clínico real.

Referencias bibliográficas

1. Daud A, Matoug-Elwerfelli M, Khalid A, Ali K. The impact of virtual reality haptic simulators in pre-clinical restorative dentistry: A qualitative enquiry into dental

- students' perceptions. BMC Oral Health. 2024;24(1):988. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-024-04704-w>
2. Daud A, Matoug-Elwerfelli M, Daas H, Zahra D, Ali K. Enhancing learning experiences in pre-clinical restorative dentistry: The impact of virtual reality haptic simulators. BMC Med Educ. 2023;23(1):948. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12909-023-04904-y>
3. Patil S, Bhandi S, Awan KH, Licari FW, Di Blasio M, Ronsivalle V, *et al.* Effectiveness of haptic feedback devices in preclinical training of dental students-A systematic review. BMC Oral Health. 2023;23(1):739. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12903-023-03410-3>
4. Ohyama H, Duong ML, Yancoskie AE, Smiley AB, Syed AZ, Reddy MS, *et al.* Challenges and Opportunities in Implementing Digital Technology in Dental Curriculum: A Review and Perspective. Cureus. 2025;17(1):e83272. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.83272>
5. Santos CMC, Pimenta CAM, Nobre MRC. The PICO strategy for the research question construction and evidence search. Rev Lat Am Enfermagem. 2007;15(3):508-511. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300023>
6. Page MJ, Moher D, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, *et al.* PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. BMJ. 2021;372:n160. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>
7. Murbay S, Chang JWW, Yeung S, Neelakantan P. Evaluation of the introduction of a dental virtual simulator on the performance of undergraduate dental students in the pre-clinical operative dentistry course. Eur J Dent Educ. 2020;24(1):5-16. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12453>
8. Fernández-Sagredo M, Barrios-Penna C, Torres-Martínez P, Sáez-Espinoza R, Fonseca-Molina J. Percepción de la utilidad de los simuladores virtuales hápticos en educación odontológica por estudiantes, profesionales y académicos: Estudio descriptivo observacional. FEM (Ed. impresa). 2020;23(2):89-95. DOI: <https://doi.org/10.33588/fem.232.1045>
9. González Bravo L, Fernández Sagredo M, Torres Martínez P, Barrios Penna C, Fonseca Molina J, Stanciu ID, *et al.* Psychometric analysis of a measure of acceptance of new technologies (UTAUT), applied to the use of haptic virtual simulators in dental students. Eur J Dent Educ. 2020;24(4):706-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12559>

10. Lee-Muñoz X, Vergara-Núñez C, Mejía-Díaz V, Garrido-Varela S, Álvarez-Bustamante S, Díaz-Pollak S. Efecto de la simulación háptica en la autoeficacia académica de odontólogos en formación. *Int J Interdiscip Dent*. 2023;16(1):30-33. DOI: <https://doi.org/10.4067/s2452-55882023000100030>
11. Serrano CM, Atenas MJ, Rodriguez PJ, Vervoorn JM. From Virtual Reality to Reality: Fine-Tuning the Taxonomy for Extended Reality Simulation in Dental Education. *Eur J Dent Educ*. 2025;29(3):486-96. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.13064>
12. Bandiaky ON, Lopez S, Hamon L, Clouet R, Soueidan A, Le Guehennec L. Impact of haptic simulators in preclinical dental education: A systematic review. *J Dent Educ*. 2024;88(3):366-79. DOI: <https://doi.org/10.1002/jdd.13426>
13. Algarni YA, Saini RS, Vaddamanu SK, Quadri SA, Gurumurthy V, Vyas R, et al. The impact of virtual reality simulation on dental education: A systematic review of learning outcomes and student engagement. *J Dent Educ*. 2024;88(11):1549-62. DOI: <https://doi.org/10.1002/jdd.13619>
14. Mendoza Macías KC, Pico Coronel JN. Use of clinical simulators and development of professional skills in dental students: Systematic review. *Salud Cienc Tecnol*. 2024;4:554. DOI: <https://doi.org/10.56294/saludcyt2024.554>
15. Usta SN, Silva EJNL, Keskin C, Tekkanat H, Liukkonen M, Felszeghy S. A comparison of traditional and virtual reality haptic simulator approaches in preclinical endodontic training: Impacts on skill acquisition, confidence and stress. *Int Endod J*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.14236>
16. Huang Y, Huang S, Liu Y, Lin Z, Hong Y, Li X. Application of virtual reality and haptics system Simodont in Chinese dental education: A scoping review. *Eur J Dent Educ*. 2025;29(3):585-93. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12984>
17. Felszeghy S, Mutluay M, Liukkonen M, Flacco N, Bakr MM, Rampf S, et al. Benefits and challenges of the integration of haptics-enhanced virtual reality training within dental curricula. *J Dent Educ*. 2025;89(7):1070-83. DOI: <https://doi.org/10.1002/jdd.13800>
18. Bandiaky ON, Loison V, Volteau C, Crétin-Pirolli R, George S, Soueidan A, et al. Benefits of using immersive virtual reality in haptic dental simulation for endodontic access cavity training: A comparative crossover study. *Int Endod J*. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.14252>

19. Lu J, Zhang L, Ye L. Construction and application of dental virtual reality simulation teaching system in China: Necessity and strategies. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):570-5. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12952>
20. Joseph D, Davril J, Mortier É, Martrette J, Tran N, Corne P, *et al.* Distinguishing skill levels with haptic simulation in restorative dentistry: Myth or reality? *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):535-41. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12939>
21. Mai H, Ngo HC, Cho S, Duong CP, Mai HY, Lee D. Effectiveness of virtual reality interactive simulation practice in prosthodontic education: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):594-607. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12997>
22. Aura-Tormos JI, Vello-Ribes MA, Frechina-Borras N, Casaña-Ruiz MD, Catalá-Pizarro M. Evaluating Haptic Virtual Reality Simulator for Pulpotomy Training in Primary Teeth: A Pilot Study on Dental Student Perspectives. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):613-21. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.70013>
23. Serrano CM, Bakker DR, Zamani M, De Boer IR, Koopman P, Wesselink PR, *et al.* Virtual reality and haptics in dental education: Implementation progress and lessons learned after a decade. *Eur J Dent Educ.* 2023;27(4):833-40. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12873>
24. Haas-Stroede M, Van Tubergen E, Ramaswamy V, Lee D, Baek DY, Kim J, *et al.* Immersive Virtual Reality and Deliberate Practice for Complex Skills Acquisition During Inferior Alveolar Nerve Block Training. *J Dent Educ.* 2025. DOI: <https://doi.org/10.1002/jdd.13910>
25. Sohlin AM, Kjærgaard J, Hoffman IM, Chang TP, Poulsen A, Lee JY, *et al.* Immersive virtual reality training: Addressing challenges and unlocking potentials. *Med Educ.* 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/medu.15748>
26. Foxton R, San Diego JP, Lu E, Rajadurai S, Bartlett A, McIlwane C, *et al.* Scaffolding competence-based learning design in the dental simulation curriculum. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):516-26. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12985>
27. Tsuruta J. Simulator education in Japanese dental education. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):628-31. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12983>
28. Ranauta A, Audsley B, Coulthard P. The integration of haptic training into the QMUL dental curriculum. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):622-7. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12963>

29. Dzyuba N, Jandu J, Yates J, Kushnerev E. Virtual and augmented reality in dental education: The good, the bad and the better. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):497-515. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12871>
30. Pasqualini D, Carpegna G, Alovise M, Berutti E, Chogle S. Virtual reality and haptic simulation in modern microsurgical endodontics: Case report and proof of concept. *Int Endod J.* 2025. DOI: <https://doi.org/10.1111/iej.14239>
31. Chen D, Liu X, Liu Y, Wang X, Zheng J, Wu L. Virtual reality used in undergraduate orthodontic education. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):576-84. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12968>
32. McAlpin E, Levine M, Brenner C, Opazo C, Bathini S, Choi SJ, *et al.* Evaluating the effectiveness of a virtual reality simulation for preclinical local anaesthesia dental education. *Eur J Dent Educ.* 2025;29(3):542-53. DOI: <https://doi.org/10.1111/eje.12854>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.