



ESCUELA DE DOCTORADO
INTERNACIONAL DE LA USC

Carlos
Rodríguez Abad

Tesis doctoral

Impacto de la realidad
aumentada en la adquisición
de competencias del grado
en Enfermería

Santiago de Compostela, 2024



ESCOLA DE DOUTORAMENTO
INTERNACIONAL DA USC

TESIS DOCTORAL

**IMPACTO DE LA REALIDAD
AUMENTADA EN LA ADQUISICIÓN
DE COMPETENCIAS DEL GRADO
EN ENFERMERÍA**

Carlos Rodríguez Abad

Directoras:

Raquel Rodríguez González
Josefa del Carmen Fernández de la Iglesia

Tutora:

Raquel Rodríguez González

PROGRAMA DE DOUTORAMENTO EN INVESTIGACIÓN CLÍNICA EN MEDICINA

SANTIAGO DE COMPOSTELA

2023



DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

El doctorando Carlos Rodríguez Abad

Declara no tener ningún conflicto de interés en relación con su tesis doctoral, **“Impacto de la realidad aumentada en la adquisición de competencias del grado en Enfermería”**,

En **Santiago de Compostela, 31 de Enero de 2024**

Firma electrónica

Financiación

Esta tesis doctoral por compendio de publicaciones contó con la financiación de las siguientes instituciones:

- Organización Colegial de Enfermería. Colegio Oficial de Enfermería de A Coruña, mediante la concesión de la beca para la publicación de revistas científicas de acceso abierto (edición 2021). *Resolución 3/20 por la que se regula la concesión de becas desde el 01/10/2020* que permitió la publicación del siguiente artículo:
 - *A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education. International journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>
- Universidad de Santiago de Compostela (USC) a través del acuerdo transformativo de la editorial Elsevier con el Consorcio CRUE-CSIC permitiendo la difusión de resultados en revistas de carácter híbrido de los artículos:
 - Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Martínez-Santos, A. E., & Fernández-de-la-Iglesia, J. C. (2022). Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students. *Nurse Education Today* 119, 105565. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105565>

- Rodríguez-Abad, C., Martínez-Santos, A. E., Fernández de la Iglesia, J. C., & Rodríguez-González, R. (2023). Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: two quasi-experimental studies. *Nurse Education in Practice*, 71, 103715. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103715>
- Conferencia Nacional de Decanas/os de Enfermería (CNDE), a través del proyecto codificado PID_02CNDE2020 premiado en la 4ª *Convocatoria de Proyectos de la CNDE*. La financiación obtenida se utilizó para el desarrollo de actividades relacionadas directamente con la presente tesis doctoral.
- Convocatoria Competitiva Erasmus + docentes (KA103) a través de fondos de la Comisión Europea. Obtención de dos ayudas a la movilidad internacional de docentes de la USC a otras instituciones del Espacio Europeo de Educación Superior (cursos 2020/21 y 2022/2023) donde se compartieron y replicaron las experiencias realizadas en el contexto de la presente tesis doctoral.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su invaluable apoyo, orientación y disposición a las mejores directoras de tesis que he podido tener. Raquel y Carmen, vuestro compromiso, dedicación y guía han sido esenciales para sortear las desafiantes aguas de la investigación académica y orientarme en el vasto océano del conocimiento, trazando un rumbo claro y bien definido hacia la culminación de mi desarrollo académico. A lo largo de estos años no sólo he experimentado vuestro respaldo, sino también vuestro aliento constante y vuestra comprensión. Sin duda, la paciencia que habéis mostrado ha sido determinante para alcanzar los objetivos propuestos en las diferentes etapas del proceso de investigación.

Espero sinceramente que mi desempeño como alumno haya estado a la altura de vuestras expectativas. Vuestra influencia positiva ha calado hondo en mi formación académica, y estoy profundamente agradecido por la oportunidad de poder aprender bajo vuestra tutela. Siempre valoraré el impacto que habéis tenido en mi desarrollo académico y personal.

A Alba, por tu apoyo constante. Tu colaboración en este viaje académico ha sido invaluable, y me siento muy afortunado por haber tenido la oportunidad de aprender de una persona tan comprometida y talentosa. Tu disposición, sabiduría y tenacidad me permitieron superar las múltiples dificultades presentadas, haciendo la travesía académica más llevadera y enriquecedora.

A las tres, Raquel, Carmen y Alba espero poder devolveros la amabilidad y contribuir al éxito de futuros proyectos juntos.

A Mercedes, por haber fomentado mi interés en la docencia y haberme animado a embarcarme en esta apasionante travesía que, al fin, ha llegado a buen puerto con éxito. Estoy sinceramente agradecido por haberme mostrado el camino y por ser una inspiración en mi desarrollo académico.

A mis colegas de la facultad de Enfermería de la USC, especialmente a Manuel y a Marcos por su disposición constante, recomendaciones y asistencia en los momentos de incertidumbre en esta etapa de desarrollo de la tesis doctoral.

Al personal de administración y servicios de la Facultad de Enfermería de la USC, que a lo largo de estos años de dedicación han mostrado disposición para atender las diversas solicitudes realizadas.

Al alumnado de la Facultad de Enfermería de la USC, por su participación activa y compromiso en las experiencias docentes que han permitido desarrollar las investigaciones que componen esta tesis doctoral.

A mis compañeros compañeras, supervisores y supervisoras de atención continuada del Hospital Clínico Universitario de Santiago de Compostela, por vuestra comprensión, por haberme facilitado mil y un cambios de turno para asistir a las múltiples jornadas, cursos y compromisos que han surgido a lo largo de estos años de estudio. Gracias por vuestras constantes muestra de ánimo y por vuestro respaldo.

Por supuesto, y no por figurar en último lugar menos importante, mi más profundo agradecimiento a mi familia y amigos, en especial a Luz, por haberme apoyado de un modo incondicional. Tu comprensión ante mis ausencias ha sido esencial para mi tranquilidad y progreso. Gracias por ser un pilar en mi vida académica y personal.

Resumen

Las úlceras de extremidad inferior (UEI) son el tipo más común de heridas crónicas y constituyen un grave problema de salud a nivel mundial. Además, se espera un marcado incremento de la prevalencia en los próximos años que puede constituir una amenaza para la salud pública y tensionar los sistemas de salud que tendrán que asumir un sobrecoste importante derivado de la atención a los pacientes que las presentan.

Las UEI generan una elevada morbilidad, ya que afectan a todas las esferas del individuo, mermando considerablemente su calidad de vida. De este modo, un manejo adecuado implica actividades de promoción, prevención, diagnóstico y tratamiento.

Dadas las graves repercusiones que producen en el individuo, sociedad y sistemas sanitarios, existe un gran interés por avanzar en su abordaje. Las enfermeras desempeñan un papel fundamental en el cuidado de las UEI, realizando intervenciones preventivas y terapéuticas conforme a la última evidencia científica disponible.

Por estas razones, resulta obvio que las enfermeras deben recibir una formación basada en la excelencia en el abordaje del paciente con UEI. Es crucial que esta formación se inicie durante los estudios de grado. A pesar de ello, estudios recientes en nuestro país destacaron una gran variabilidad en la administración de cuidados al paciente con UEI relacionada con déficits formativos y conllevan una falta de competencia de las enfermeras

en este campo. Esto provoca consecuencias negativas para el paciente, sociedad y sistemas sanitarios.

Ante este escenario, la implementación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en los planes de estudios han facilitado al alumnado la adquisición de competencias relacionadas con contenidos prácticos en Ciencias de la Salud, entre otros. Entre las TIC, la realidad aumentada (RA) se ha perfilado como una herramienta tecnológica prometedora en aquellos casos donde se necesite una visión tridimensional o inmersión en la práctica. Sin embargo, existen escasas experiencias que analicen la utilidad real de la RA en contenidos específicos de Enfermería.

Consecuentemente, en la presente tesis doctoral se desarrollan y presentan tres artículos científicos que pretenden contribuir a aportar evidencia sobre el impacto que el empleo de la RA podría suponer en la educación superior en Enfermería.

Así, el primero de ellos consiste en una revisión sistemática sobre las experiencias educativas realizadas con RA en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud. Los dos restantes describen la influencia del uso de la RA en determinantes clave del aprendizaje de los estudiantes de Enfermería hacia contenidos curriculares relacionados con los cuidados de las UEI desarrollados en diferentes escenarios.

Palabras clave: Realidad Aumentada, TIC, Educación, Enfermería.

Resumo

As úlceras de extremidade inferior (UEI) son o tipo máis común de feridas crónicas e constitúen un grave problema de saúde a nivel mundial. Ademais, espérase un marcado incremento da prevalencia nos próximos anos que pode constituír unha ameaza para a saúde pública e tensionar os sistemas de saúde que terán que asumir un sobrecusto importante derivado da atención aos pacientes que as presentan.

As UEI xeran unha elevada morbilidade, xa que afectan a todas as esferas do individuo, minguando considerablemente a súa calidade de vida. Deste xeito, un manexo adecuado implica actividades de promoción, prevención, diagnóstico e tratamento.

Dadas as graves repercusións que producen no individuo, sociedade e sistemas sanitarios, existe un gran interese por avanzar na súa abordaxe. As enfermeiras desempeñan un papel fundamental no coidado das UEI, realizando intervencións preventivas e terapéuticas conforme á última evidencia científica dispoñible.

Por todo iso, resulta obvio que as enfermeiras deben recibir unha formación baseada na excelencia na abordaxe do paciente con UEI. Para iso, é imprescindible que esta formación comece durante o grao. A pesar diso, estudos recentes no noso país destacaron unha gran variabilidade na administración de coidados ao paciente con UEI relacionada con déficits formativos e conlevan unha falta de competencia das enfermeiras neste

campo. Isto provoca consecuencias negativas para o paciente, sociedade e sistemas sanitarios.

Ante este escenario, a implementación de tecnoloxías da información e comunicación (TIC) nos plans de estudos facilitaron ao alumnado a adquisición de competencias relacionadas con contidos prácticos en Ciencias da Saúde, entre outros. Entre as TIC, a realidade aumentada (RA) perfilouse como unha ferramenta tecnolóxica prometedora naqueles casos onde se necesite unha visión tridimensional ou inmersión na práctica. Con todo, existen escasas experiencias que analicen a utilidade real da RA en contidos específicos de Enfermería.

Consecuentemente, na presente tese doutoral desenvólvense e presentan tres artigos científicos que pretenden contribuír a achegar evidencia sobre o impacto que o emprego da RA podería supoñer na educación superior en Enfermería.

Así, o primeiro deles consiste nunha revisión sistemática sobre as experiencias educativas realizadas con RA no ámbito da educación superior en Ciencias da Saúde. Os dous restantes describen a influencia do uso da RA en determinantes clave da aprendizaxe dos estudantes de Enfermería cara contidos curriculares relacionados cos coidados das UEI desenvolto en diferentes escenarios.

Palabras chave: Realidade Aumentada, TIC, Educación, Enfermería.

Abstract

Lower limb ulcers (LLU) are the most common type of chronic wounds and constitute a serious health problem worldwide. Moreover, a large increase in prevalence is expected in the coming years, which may constitute a threat to public health and strain health systems that will have to assume a significant cost overrun in the care of patients who suffer from them.

LLU generate high morbidity, since they affect all spheres of the individual, considerably reducing his or her quality of life. Thus, appropriate management involves promotion, prevention, diagnosis and treatment activities.

Given the serious repercussions they have on the individual, society and healthcare systems, there is great interest in advancing in their approach. Nurses play a fundamental role in the care of LLU, performing preventive and therapeutic interventions according to the latest scientific evidence available.

It is therefore obvious that nurses should receive training based on excellence in the management of the LLU patient. To this end, it is essential that this training begins during undergraduate studies. In spite of this, recent studies in our country have highlighted a great variability in the administration of care to the patient with LLU related to training deficits and lead to a lack of competence of nurses in this field. This has negative consequences for the patient, society and healthcare systems.

Given this scenario, the implementation of information and communication technologies (ICT) in the curricula has made it easier for students to acquire competencies related to practical content in Health Sciences, among others. Among ICT, augmented reality (AR) has emerged as a promising technological tool in cases where a three-dimensional vision or immersion in practice is required. However, there are few experiences that analyze the real usefulness of AR in specific nursing contents.

Consequently, this doctoral thesis develops and presents three scientific articles that aim to contribute evidence on the impact that the use of AR could have on higher education in Nursing.

Thus, the first of them consists of a systematic review of educational experiences carried out with AR in the field of higher education in Health Sciences. The remaining two describe the influence of AR use on key determinants of nursing students' learning toward curricular content related to LLU care developed in different settings.

Keywords: Augmented Reality, ICT, Education, Nursing.

Índice

1. INTRODUCCIÓN	23
1.1. Antecedentes y estado actual de la atención de la enfermería a las heridas crónicas.....	23
1.2. Definición y clasificación.....	26
1.3. Datos epidemiológicos y costes socio-sanitarios de las UEI.....	27
1.4. Etiología de las UEI.....	29
1.5. Abordaje de las UEI.....	39
1.6. Marco legislativo en la educación superior enfermera.....	42
1.6.1. Competencia como objetivo del proceso de enseñanza-aprendizaje y carga lectiva.....	44
1.6.2. Competencias de Enfermería en el abordaje de las UEI.45	
1.6.3. Grado en Enfermería de la Universidad de Santiago de Compostela.....	48
1.7. Enseñanza-aprendizaje del cuidado de las UEI en el Grado en Enfermería.....	52
1.8. Realidad Aumentada en Ciencias de la Salud.....	54
2. JUSTIFICACIÓN	61
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	65
4. METODOLOGÍA.....	71
4.1. Estudio 1	72

4.2. Estudio 2	73
4.2.1. Diseño	73
4.2.2. Población de estudio.....	73
4.2.3. Variables.....	74
4.2.4. Instrumentos de evaluación	76
4.2.5. Análisis de datos	78
4.2.6. Descripción de la experiencia educativa basada en RA desarrollada de modo presencial.....	79
4.3. Estudio 3	87
4.3.1. Muestra de estudio	88
4.3.2. Variables.....	89
4.3.3. Instrumentos de evaluación.	90
4.3.4. Análisis de datos	92
4.3.5. Descripción de la intervención educativa <i>online</i> basada en RA	92
4.4. Consideraciones ético-legales	96
5. RESULTADOS (Publicaciones)	101
5.1. Artículo 1. <i>A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education.</i>	101
5.1.1. Evidencias de calidad.	101
5.1.2. Cita completa del manuscrito	101
5.1.3. Contribuciones a la publicación	102
5.1.4. Citas obtenidas hasta enero de 2024	102
5.1.5. Resumen y palabras clave	106
5.2. Artículo 2. <i>Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students.</i>	125

5.2.1. Evidencias de calidad.....	125
5.2.2. Cita completa del manuscrito.....	125
5.2.3. Contribuciones a la publicación.....	125
5.2.4. Citas obtenidas hasta enero de 2024	126
5.2.5. Resumen y palabras clave	127
5.3. Artículo 3. <i>Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies</i>	139
5.2.1. Evidencias de calidad.....	139
5.2.2. Cita completa del manuscrito.....	139
5.2.3. Contribuciones a la publicación.....	140
5.2.4. Citas obtenidas hasta enero de 2024	140
5.2.5. Resumen y palabras clave	141
5.4. Otras actividades de transferencia y divulgación desarrolladas durante el periodo formativo predoctoral	154
5.4.1. Estancias docentes	154
5.4.2. Capítulos de libro.....	155
5.4.3. Presentaciones en congresos científicos.....	156
5.4.4. Ponencias invitadas.	157
5.4.5. Registro de la propiedad intelectual.	157
5.4.6. Premios recibidos.	158
6. DISCUSIÓN.....	161
6.1. Beneficios de la RA en educación superior.....	162
6.2. Rendimiento académico	164
6.2.1. En el primer estudio de campo	164
6.2.2. El segundo estudio de campo.....	167

6.3. Motivación como determinante del proceso de enseñanza-aprendizaje.	168
6.3.1. El cuestionario validado por Ferrer-Torregrosa et al. (2016)	170
6.3.2. El cuestionario IMMS	173
7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS	185
8. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN	193
9. CONCLUSIONES.....	197
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	203
11. ANEXOS	239
Anexo 1. Cuestionario de conocimientos inicial y final	239
Anexo 2. Cuestionario de percepción acerca de la metodología docente basada en Realidad Aumentada.	241
Anexo 3. Cuestionario Instructional Material Motivational Survey (IMMS).....	243
Anexo 4. Casos reales sobre contenidos docentes relacionados con las úlceras de extremidad inferior.	247
Anexo 5. Rúbrica empleada para la evaluación de los casos reales.	255
Anexo 6. Cuestionario de conocimientos inicial y final empleado en el estudio 3.....	257
Anexo 7. Consentimiento informado solicitado al alumnado.	261
Anexo 8. Resolución favorable del comité de bioética de la USC.	263
Anexo 9. Permiso de reproducción. Capturas de pantalla del texto completo libre o permiso de reproducción.....	265
Anexo 10. Índice Figuras y Tablas	267

1

Introducción

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA ATENCIÓN DE LA ENFERMERÍA A LAS HERIDAS CRÓNICAS

Las heridas crónicas (HC) constituyen un grave problema de salud en todo el mundo, siendo las úlceras de extremidad inferior (UEI) el tipo más común (Martinengo et al., 2019; Rueda-López et al., 2004). Se espera un drástico aumento de la prevalencia de las HC debido, entre otros, a una mejor calidad de la asistencia sanitaria y a una mayor esperanza de vida de las personas que, a menudo, viven con múltiples comorbilidades y procesos crónicos (Gething et al., 2020; Milne et al., 2016). De hecho, algunos autores ya consideran hace tiempo la prevalencia de esta patología como una epidemia silente y una gran amenaza para la salud pública (Sen et al., 2009).

Las UEI causan una elevada morbilidad al afectar a todas las esferas del individuo, física, psíquica y social. Así, producen una importante merma en la calidad de vida, propiciada por síntomas incapacitantes como dolor, picor, insomnio, autopercepción de rechazo social y dependencia. Además, suponen un elevado coste para los sistemas de salud (Atkin et al., 2019; Gething et al., 2020; González de la Torre et al., 2017).

Dadas las importantes repercusiones que las UEI causan tanto en el individuo como en la sociedad y en los sistemas de salud, existe una gran preocupación por avanzar en la prevención y tratamiento de esta patología. De este modo, a finales de los años ochenta ve la luz una importante iniciativa: se crea la Asociación Española de Enfermería Vasculare y Heridas.

El fin de dicha asociación consistía en promover la excelencia de los cuidados enfermeros y la educación para la salud, lo que supuso un avance en el liderazgo enfermero de estas lesiones en nuestro país. Asimismo, se comienzan a elaborar guías, protocolos y documentos de consenso con recomendaciones basadas en la evidencia científica y la experiencia acumulada. En este sentido, a nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS) también presta especial atención a la incidencia de ciertas situaciones de salud relacionadas con las HC como un importante indicador para evaluar la calidad asistencial, en definitiva, relacionándolo estrechamente con la calidad de los cuidados que se prestan (Instituto de Información Sanitaria, 2010).

Hasta el año 2004 no se había estimado el impacto real de las UEI en la población española, cuando el Grupo Nacional para el Estudio y Asesoramiento de Ulceras por Presión y Heridas Crónicas (GNEAUPP) realizó el primer Estudio Nacional (Rueda-López et al., 2004). Con todo, el cuidado de las UEI es un fenómeno complejo que, en algunos casos, sigue sin conocerse totalmente. Además, se necesitan competencias específicas y un equipo de trabajo interdisciplinar para abarcar todos los aspectos a tratar (Martínez-Santos et al., 2019; Solís et al., 2022).

Los conocimientos de las enfermeras¹ como parte del equipo interdisciplinar garantizan un abordaje integral del paciente, que necesariamente ha de partir de la identificación de los factores de riesgo y causa subyacente, hasta llegar a la promoción de autocuidados a los propios pacientes o cuidadores, en caso de tenerlos (Pérez et al., 2011; Sussman, 2014). La actual tendencia a descentralizar las prestaciones

¹ Según el Consejo Internacional de Enfermeras el término *enfermera* se utiliza en sentido genérico y se refiere a profesionales de ambos sexos.

sanitarias incrementa la carga asistencial en el ámbito de la comunidad, en el que los profesionales de Enfermería (PE) son responsables del abordaje del paciente que sufre UEI (Heaslip, 2013). El cuidado de las heridas crónicas puede suponer más de la mitad de la carga de trabajo de las enfermeras comunitarias (Probs et al., 2014).

Por todo lo descrito anteriormente, resulta evidente que los PE juegan un papel clave en el manejo de heridas crónicas. Sus conocimientos teóricos resultan básicos e influyen en la calidad de la terapia de manera determinante, sobre todo en la prevención, que resulta ser la estrategia principal en el manejo de las UEI (Beaskoetxea et al., 2013; Zarchi et al., 2014). Así, la publicación en el Boletín Oficial del Estado (BOE) de la *Resolución de 20 de octubre de 2020, de la Dirección General de Salud Pública, por la que se valida la «Guía para la indicación, uso y autorización de dispensación de medicamentos sujetos a prescripción médica por parte de las/los enfermeras/os de: Heridas»* dota a las enfermeras de un marco legal que le permita optimizar sus competencias profesionales y el desarrollo de sus actuaciones (Ministerio de Sanidad, 2020). Su fin fue el de definir los medicamentos sujetos a prescripción médica que los PE pueden indicar, usar y autorizar a su dispensación en determinadas situaciones y de forma protocolizada, con el objetivo de ofrecer una respuesta adecuada y eficiente a las necesidades sociales a través de la atención sanitaria que se deriva de los cuidados de Enfermería (Ministerio de Sanidad, 2020). Este nuevo contexto obliga implícitamente a que las enfermeras estén más formadas y sean más competentes al respecto (Martínez-Santos et al., 2022).

También es destacable la reciente creación de un grupo de trabajo por parte del Consejo General de Enfermería y de la GNEAUPP con el fin de abordar y definir el marco de actuación de los PE en el ámbito de las heridas crónicas. Así, se pretende dotar a estos profesionales de una mayor autonomía para realizar múltiples acciones preventivas y terapéuticas con

el soporte de la evidencia científica (Casals-Zorita et al., 2023; Rumbo-Prieto, 2022). En este sentido, en la actualidad la atención sanitaria se centra en la calidad del tiempo de vida y no únicamente en la cantidad de vida. Teniendo en cuenta el impacto de las UEI en el bienestar, es importante que las enfermeras no solamente manejen apropiadamente los casos de úlceras existentes, sino que presten atención a la evolución de las enfermedades que constituyen un factor de riesgo para su aparición, con el fin de minimizar el sufrimiento de estos pacientes y mejorar, de este modo, su calidad de vida (Días et al., 2014; González-Consuegra et al., 2010).

1.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.

Aunque con cierta frecuencia en la bibliografía se pueden apreciar ciertos sesgos en relación con el concepto de UEI, se puede definir como una *"lesión en la extremidad inferior, espontánea o accidental, cuya etiología pueda referirse a un proceso patológico sistémico o de la extremidad, y que no cicatriza en el intervalo temporal esperado"* (Marinel.lo Roura y Verdú Soriano, 2018).

La clasificación de la herida crónica de miembro inferior no se debe centrar exclusivamente en su etiología, sino que se debe tener en cuenta la estructura morfológica, centrada en la profundidad de la lesión, así como la estructura tisular, que hace referencia a la histología de la base de la úlcera (tabla 1). La estructuras morfológica y tisular de la herida constituyen datos esenciales que se deben considerar en la valoración inicial de las UEI, así como en sucesivas evaluaciones, ya que permite a los profesionales sanitarios centrar el diagnóstico, el pronóstico y tomar decisiones basadas en la evidencia científica con el fin de planificar la mejor estrategia terapéutica (Marinel.lo Roura y Verdú Soriano, 2018; Palomar-Llatas et al., 2018).

Tabla 1

Clasificación morfológica y tisular de las UEI. Principales mecanismos fisiopatológicos desencadenantes de UEI

Grado de afección	Clasificación según profundidad de la lesión	Clasificación según estado de la base de la úlcera	Principales mecanismos fisiopatológicos implicados
Grado I	úlceras que afectan a la epidermis y dermis	base de la úlcera ocupada en su totalidad por tejido de granulación	Hipertensión venosa
Grado II	úlceras que afectan al tejido celular subcutáneo o hipodermis	base de la úlcera ocupada en más de la mitad por tejido de granulación y en proporción inferior por el tejido necrótico	
Grado III	úlceras que afectan a la fascia y al músculo	base de la úlcera presenta en más de la mitad tejido de necrótico y tejido de granulación en proporción inferior	Isquemia arterial
Grado IV	úlceras que afectan al hueso	tejido necrótico ocupa la totalidad de la base de la úlcera	Neuropatía

Elaboración propia. Fuente: Marinelo Roura y Verdú Soriano (2018); Díaz-Herrera et al., (2018). (UEI: úlcera de extremidad inferior).

1.3. DATOS EPIDEMIOLÓGICOS Y COSTES SOCIO-SANITARIOS DE LAS UEI.

En la bibliografía existe cierta discrepancia sobre los datos epidemiológicos de las UEI, estimándose su prevalencia en torno al 0,1-0,3% y su incidencia entre 3 y 5 casos nuevos por mil personas y año. Estas cifras se duplican cuando la población objeto de estudio supera los 65 años (Marinel. lo Roura y Verdú Soriano, 2018; Roldán et al., 2017). Sin embargo, sí existe acuerdo en considerar las úlceras de miembro inferior como las HC más prevalentes (Martinengo et al., 2019; Rueda-López et al., 2004).

La literatura coincide también en el hecho del importante lastre tanto humano como social que suponen. Así, la calidad de vida del individuo se ve muy mermada, ya que las UEI afectan a todas las esferas de la persona (Atkin et al., 2019; Gething et al., 2020). Desde un punto de vista social, se relacionan con importantes costes, directos derivados de la asistencia sanitaria e indirectos originados por pérdidas de productividad debido a incapacidades temporales y permanentes (Frykberg, 2015; Phillips et al., 2016).

Aunque existe un consenso al afirmar que los sistemas de salud dedican una parte importante de su presupuesto al tratamiento de las heridas crónicas, no hay acuerdo al precisar un valor concreto (Olsson et al., 2019). Así, el gasto en los países desarrollados se estima en torno al 1-3% (Phillips et al., 2016). Sin embargo, algunas investigaciones refieren costes más elevados. En Gales, el presupuesto destinado al tratamiento de las heridas crónicas supuso el 5,5 % del gasto sanitario en el año 2013 (Frykberg, 2015), mientras que en todo el Reino Unido supuso el 4% de presupuesto del Sistema Nacional Salud, lo que representa un gasto efectivo de 5.3 billones de libras (Guest et al., 2017). Por otro lado, en los Estados Unidos se estimó un gasto superior a los 50 billones de dólares (Gale et al., 2014).

Si partimos de la base de que las UEI presentan, entre otros, una elevada prevalencia que se espera que aumente en los próximos años, merman significativamente la calidad de vida del individuo que las padecen y menoscaba drásticamente el presupuesto de los sistemas de salud, resulta obvio que estas HC constituyen un asunto prioritario que debe ser abordado desde un punto de vista sociosanitario y por un equipo interdisciplinar, en el que las competencias y rol de las enfermeras desempeñan un aspecto determinante (Dias et al., 2014; Martínez-Santos et al., 2019; Martínez-Santos et al., 2022).

1.4. ETIOLOGÍA DE LAS UEI

Realizado ya un recorrido sobre los aspectos fundamentales relacionados con el impacto a nivel personal, económico, social y de salud de las UEI, se pasa a concretar la etiología de las principales úlceras de miembro inferior. En esta línea, se ahondará en su prevalencia, fisiopatología, características clínicas y abordaje en el cuidado.

Las heridas crónicas que se presentan en la extremidad inferior se pueden atribuir a tres etiologías principales: venosa, arterial y neuropática, entre otras bastante menos frecuentes. Estas tres principales etiologías representan entorno al 95% de las UEI (Herraiz-Adillo et al., 2021; Marinelo Roura y Verdú Soriano, 2018). Aunque existen casos muy excepcionales donde se aceptan dos o más etiologías, referenciar las UEI a una única etiología constituye una prioridad, ya que, identificar erróneamente el origen de la úlcera implica, entre otros, mayor cronicidad y probabilidad de recidiva, lo que redundaría en una menor calidad de vida y en un incremento de los costes sanitarios (Marinel.º Roura y Verdú Soriano, 2018; Mooij y Huisman, 2016).

La mayor parte de estas HC presentan un origen venoso. A pesar de disponer de abundante información sobre esta cuestión, hasta donde sabemos, la bibliografía consultada no ofrece un dato preciso acerca de su prevalencia, estimándose en torno al 80% del total de casos (Marinel.º Roura y Verdú Soriano, 2018; Rodríguez y Gamboa, 2020; Roldán et al., 2017).

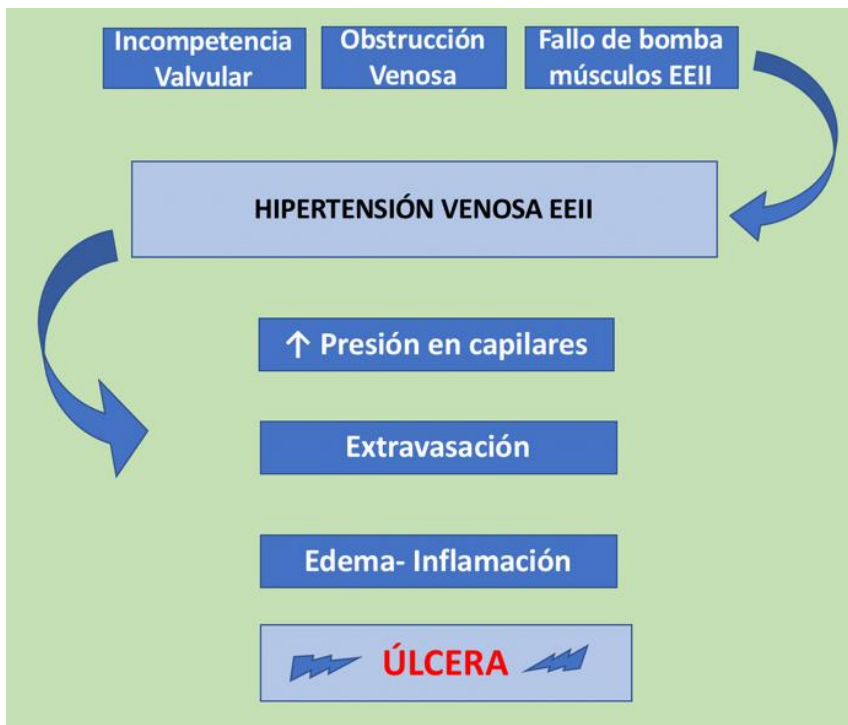
Su evento fisiopatológico principal se basa en un déficit de aporte de oxígeno a los tejidos derivado de una hipertensión venosa en miembros inferiores de larga evolución. La causa principal es el reflujo sanguíneo debido, fundamentalmente, a una incompetencia valvular, a la obstrucción

de las venas y/o a un fallo de bomba de los músculos de las extremidades inferiores. En estadios avanzados, esta hipertensión venosa causa insuficiencia venosa crónica, que se debe considerar un signo de alarma porque constituye la antesala de la úlcera venosa (Marinello Roura y Verdú Soriano, 2018; Roldán et al., 2017).

La figura 1 sintetiza los aspectos fisiopatológicos de la insuficiencia venosa crónica, que como se ha visto, constituye la principal causa de UEI de origen venoso.

Figura 1

Fisiopatología de la úlcera de extremidad inferior de etiología venosa



Elaboración propia. Fuente: Roldán et al., 2017. EEII: Extremidades inferiores.

Se describieron múltiples factores de riesgo que facilitan el desarrollo de hipertensión venosa en miembro inferior, como el sexo femenino, la raza blanca, determinados tratamientos hormonales o los traumatismos previos en miembros inferiores (Folguera-Álvarez, 2017). Sin embargo, la edad, la obesidad y la inmovilidad son los principales factores de riesgo implicados en el desarrollo de insuficiencia venosa crónica (Castillo de la Cadena, 2022).

Al referirnos a la fisiopatología se puede afirmar que, independientemente de la etiología, las UEI siempre están precedidas de un déficit de aporte de oxígeno a los tejidos y, por tanto, se puede concluir que existe isquemia. Sin embargo, la fisiopatología de esta isquemia es radicalmente diferente (Marinel.lo Roura y Verdú Soriano, 2018).

En cuanto a la prevalencia de UEI de etiología arterial, aunque tampoco existe un dato preciso, se estima que representan entre 0,2 y 2% de las UEI (Marinel.lo Roura y Verdú Soriano, 2018).

De este modo, en las UEI de origen arterial o isquémico, el factor desencadenante de la isquemia consiste en el estrechamiento u obstrucción del eje arterial de los miembros inferiores, que se conoce como enfermedad arterial periférica (EAP). La principal causa de EAP es la aterosclerosis. Como consecuencia de este estrechamiento progresivo de la luz arterial que reduce el aporte de sangre a los tejidos, se produce una hipoxia que causa un infarto tisular que habitualmente degenera en una úlcera en el miembro afectado (Krishna et al., 2015).

La enfermedad arterial periférica constituye una de las principales causas de morbilidad por el elevado grado de incapacidad y el gran número de amputaciones que produce. Además, es un predictor significativo de

episodios cardiovasculares y de mortalidad (Knowles et al., 2007). La mayor parte de los pacientes que la padecen presentan factores de riesgo como dislipemia, diabetes, hipertensión arterial, hábito tabáquico o edad avanzada. Todos ellos se han considerado factores de riesgo mayores, siendo la edad el principal factor no modificable y el tabaquismo el más determinante entre los modificables (Serrano Hernando & Martín Conejero, 2007). En relación con el sexo, la prevalencia es mayor en hombres jóvenes que en mujeres jóvenes, pero a medida que se avanza en edad, las diferencias disminuyen. Sin embargo, la raza negra presenta el doble de posibilidades de desarrollar enfermedad arterial periférica (Nogren et al., 2007).

Por su parte, la úlcera de extremidad inferior neuropática, en el marco de la Diabetes Mellitus (DM), se engloba en el concepto clínico de pie diabético (PD) (Marinel.lo Roura y Verdú Soriano, 2018).

El síndrome de PD se define por la OMS como *la presencia de ulceración, infección y/o gangrena del pie asociada a la neuropatía diabética y diferentes grados de enfermedad vascular periférica, resultados de la interacción compleja de diferentes factores inducidos por una hiperglicemia mantenida.*

El Grupo de Trabajo Internacional de Pie Diabético defiende PD del siguiente modo: *se considera PD a la infección, ulceración o destrucción de los tejidos del pie asociados a neuropatía y/o a enfermedad arterial periférica de la extremidad inferior en una persona con DM* (Scharper, et al., 2019).

Existe una gran preocupación por el cuidado del pie del paciente diabético ya que, las complicaciones derivadas de ello representan la

primera causa de ingreso hospitalario en esta enfermedad. Además, la úlcera de etiología neuropática en el PD representa la principal causa de amputación no traumática de miembro inferior en el mundo. Incluso, se puede afirmar que la mortalidad a corto-medio plazo tras una amputación es superior a la de muchos cánceres (Armstrong et al., 2020; Marinello Roura y Verdú Soriano, 2018; Scharper et al., 2019).

Todo ello, incide directamente en la calidad de vida del paciente y supone una importante sobrecarga para los sistemas sanitarios y la sociedad. Por tanto, es ineludible que los gobiernos diseñen estrategias orientadas a disminuir el impacto de esta patología. De este modo, en nuestro país el Ministerio de Sanidad publicó recientemente la guía *Abordaje del Pie Diabético. Estrategia de Diabetes del Sistema Nacional de Salud*, que pretende ofrecer una serie de recomendaciones orientadas a dos objetivos principales: facilitar la detección precoz del PD y disminuir la mortalidad asociada a las complicaciones de la DM (Álvarez et al., 2022).

Para realizar un adecuado abordaje de la úlcera de PD es preciso conocer su fisiopatología, ya que ello permitirá establecer un diagnóstico acertado y establecer la mejor estrategia terapéutica posible de modo precoz (Mooij y Huisman, 2016).

Así, en el desarrollo de este tipo de úlcera intervienen, de modo secuencial, factores predisponentes, desencadenantes y agravantes. (Marinello Roura y Verdú Soriano, 2018). El principal factor predisponente es la neuropatía diabética periférica, normalmente asociada a enfermedad arterial periférica. La neuropatía produce insensibilidad y alteraciones morfológicas (deformidad) en el pie (Scharper et al., 2019). Ambos factores favorecen la actuación de eventos traumáticos, extrínsecos o intrínsecos, que actúan como factores desencadenantes:

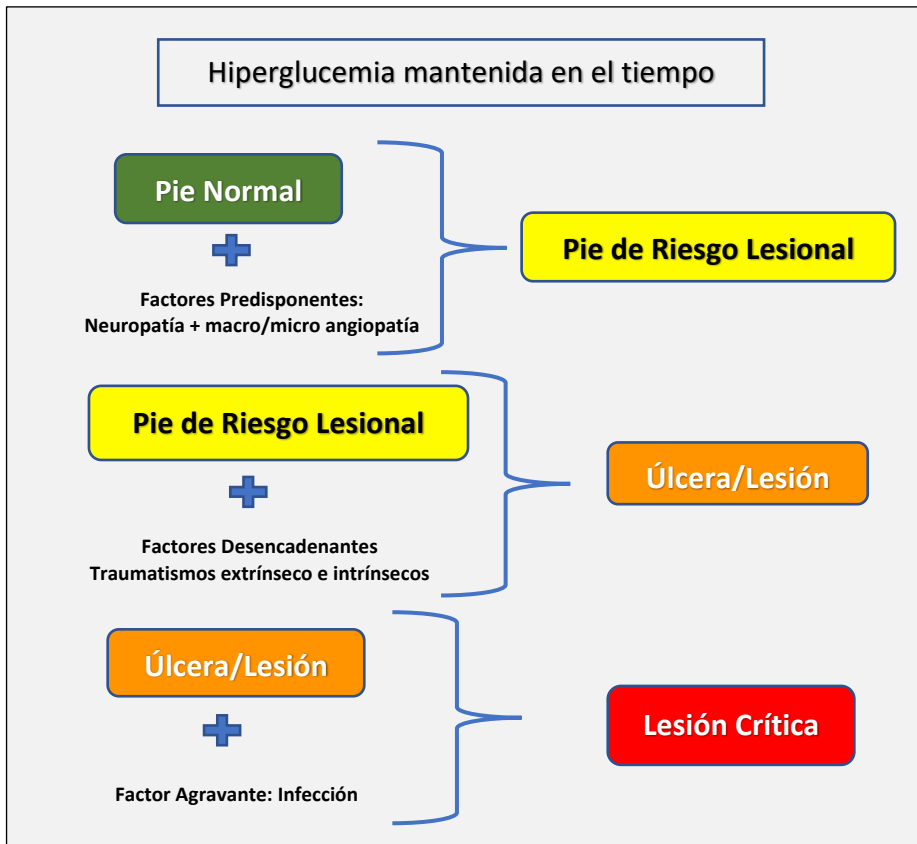
- Entre los extrínsecos figuran los traumatismos mecánicos, térmicos y químicos, mientras que los intrínsecos están condicionados por las deformidades del pie, la pérdida de sensibilidad protectora y la limitación de la movilidad articular. Todos ellos aumentan la presión en la planta del pie generando un elevado estrés mecánico que eventualmente desencadena una pérdida de la integridad cutánea. (Neira-Arisméndiz et al., 2012; Scharper et al., 2019).

Entre los factores agravantes de la úlcera neuropática se encuentra la infección y la isquemia. Ambos influyen en la cronicidad y en las complicaciones. Sin embargo, se debe considerar la infección como el principal factor agravante, debido a su poder necrotizante y capacidad de generar una septicemia (Marinel.lo Roura y Verdú Soriano, 2018). Asimismo, la infección del PD es la principal causa de hospitalización, a la vez que constituye el principal factor de riesgo de amputación en estos pacientes. Por ello, es necesario destacar nuevamente la importancia de la prevención y tratamiento precoces para reducir la tasa de amputación (Aragón-Sánchez et al., 2012).

La figura 2 muestra la evolución del PD en función de su exposición a diferentes factores de riesgo.

Figura 2

Evolución del pie diabético expuesto a factores predisponentes, desencadenantes y agravantes de lesión



Elaboración propia. Fuente: Neira-Arysméndiz et al., 2012.

Por otro lado, también es de vital importancia conocer e identificar las características clínicas de los distintos tipos de UEI. Esto permitirá realizar adecuadamente un diagnóstico de la herida, lo que determinará el tratamiento más adecuado (Otero González et al., 2012). De este modo, la tabla 2 pretende sintetizar las diferencias fundamentales existentes entre las principales etiologías de las UEI.

Tabla 2*Características clínicas de las úlceras de miembro inferior según su etiología*

Características Clínicas	Etiología de la úlcera de miembro inferior		
	Venosa	Arterial	Neuropática
Antecedentes Personales	Hipertensión venosa ambulatoria	Isquemia, procesos obstructivos arteriales	Diabetes Mellitus antigua
Localización	1/3 distal de la extremidad, zona supramaleolar interna	Zona acral (dedos, talón), borde externo del pie, y cara lateral externa de la rodilla	Zona plantar, raras veces dorsal
Tamaño y forma	Tamaño variable y forma ovalada, aunque pueden ser irregulares	Pequeñas, redondeadas y superficiales. Suelen presentar placa necrótica	Tamaño variable. Suelen ser profundas
Bordes	Suaves y bien delimitados. Color rojo violáceo y brillante	Lisos, redondeados e hiperémicos	Engrosados (bordes hiperqueratósicos)
Piel perilesional	Suele presentarse hiperpigmentada y con escamas	Pálida, brillante, fina y sin vello,	Engrosada, con fisuras y grietas
Dolor	Poco dolorosas, excepto si infección	Profundo e intenso, muy invalidante	Poco o ninguno
Pulsos	Presentes	Ausentes	Presentes
Fondo	Depende de la evolución. Necrótico, amarillo o rojo	Necrótico, presencia de esfacelos	Suele ser rosáceo, rodeado de heloma.

Elaboración propia. Fuente: Roldán et al., 2017

La figura 3 muestra una UEI de etiología venosa. En ella se aprecian ciertas características clínicas propias de este tipo de heridas crónicas, como la morfología irregular con bordes suaves y bien delimitados o la localización, en el tercio distal de la extremidad (Roldán et al., 2017).

Figura 3

Úlcera de extremidad inferior de etiología venosa.



Fuente: Rodríguez-Abad et al., (2021)

Por su parte, la UEI de origen arterial se relaciona con un proceso de obstrucción arterial del miembro inferior afectado. La figura 4 muestra algunas de sus principales características, como la localización las zonas más distales del miembro inferior o la presencia de placa necrótica (Roldán et al., 2017).

Figura 4

Lesión necrótica distal de etiología arterial.



Fuente: Rodríguez-Abad et al., (2021)

Una de las principales características de la UEI de etiología neuropática es la localización, en la región plantar. Aunque el tamaño de la úlcera es variable, suele ser profunda, con bordes hiperqueratósicos y fondo rosado. En la figura 5 se pueden observar estas características.

Figura 5

Úlcera de extremidad inferior de origen neuropático.



Fuente: Rodríguez-Abad et al., (2021)

1.5. ABORDAJE DE LAS UEI.

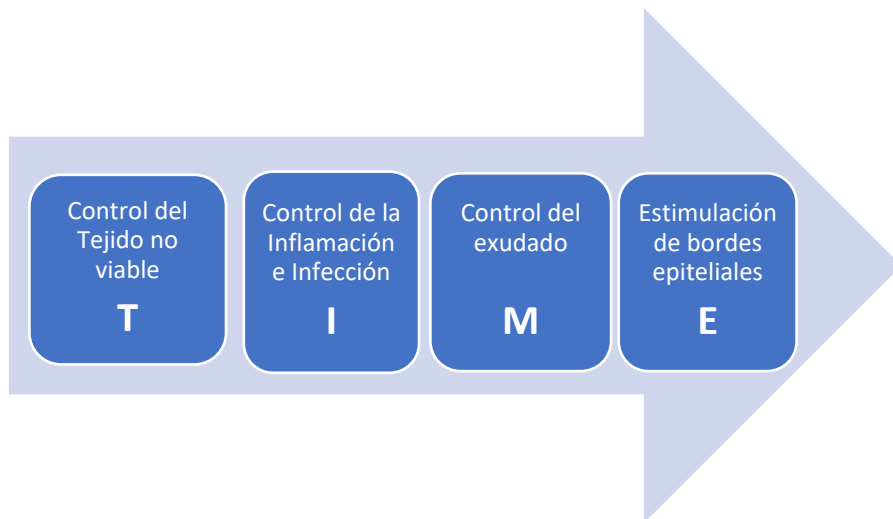
En primer lugar, cabe señalar que lo que se indica a continuación podría ser aplicable al tratamiento de cualquier tipo de herida crónica, no siendo, por lo tanto, exclusivo de las UEI. De este modo, en el abordaje de las heridas crónicas resulta habitual utilizar herramientas estandarizadas,

consistentes y basadas en evidencia (Scharper et al., 2019). Muchas de ellas se nombran a partir de un acrónimo que ayuda a describir la pauta y hace más fácil la memorización de los pasos a seguir, pretendiendo todas ellas conseguir la cicatrización de la herida.

En esta línea, ya en el año 2006 la *European Wound Management Association* definió la disciplina de abordaje dinámica *TIME* (figura 6). Este acrónimo resulta ser el más empleado en el abordaje de la herida crónica y consta de cuatro componentes, tejido (*tissue* en inglés), infección/inflamación (*infection/inflammation*), exudado (*moisture*) y bordes (*edges*), enfocados a las distintas alteraciones que surgen en las heridas crónicas. *TIME* ayuda al profesional sanitario a tratar la herida de un modo sistemático con el fin de conseguir su curación, al tiempo que disminuyen los costes sanitarios derivados de su tratamiento (Agúndez et al., 2016).

Figura 6

Resumen de los cuatro conceptos clave del acrónimo TIME



Elaboración propia. Fuente: Agúndez et al., 2016

Basándose en esta misma idea, unos años después, en los Estados Unidos Gale et al. (2014) desarrollan un sistema de gestión del cuidado de heridas crónicas que responde al acrónimo *DOMINATE*. Al igual que *TIME*, se aplica a la mayoría de las heridas, rutinarias o complejas, y se debe de utilizar como *checklist* para asegurar un abordaje sistemático de la herida que conduzca a su resolución (Gale et al., 2104). *DOMINATE* evalúa doce parámetros: *debridement* (desbridamiento), *offloading* (descarga), *moisture* (exudado), *malignant* (malignidad), *medication* (medicación), *mental health* (salud mental), *infection/inflammation* (infección/inflamación), *nutrition* (nutrición), *arterial insufficiency* (insuficiencia arterial), *technical advance* (técnicas avanzadas), *edema* (edema), *education* (educación) (Gale et al., 2104).

Mientras *TIME* se centra en la valoración tisular de la lesión, *DOMINATE* pone el énfasis en la etiología de la herida como factor determinante en la planificación de cuidados. Además, destaca la educación del paciente, como aspecto imprescindible para la adherencia al tratamiento que redundará en una mayor tasa de cicatrización de la herida (Agúndez et al., 2016; Gale et al., 2014).

La administración de los cuidados de Enfermería debe buscar la curación o cicatrización de la úlcera (Powers et al., 2016), aunque hay situaciones clínicas en las que el cierre total de la herida no constituye el objetivo final, como por ejemplo en pacientes terminales, donde el objetivo terapéutico debe dirigirse a mejorar la calidad de vida incrementando el confort y la dignidad (Chrisman et al., 2010).

De este modo, el plan de cuidados para el abordaje de la úlcera estará condicionado, tanto por la etiología, (la estrategia terapéutica es

diferente según la etiología) como por la evolución clínica (proceso dinámico) (Roldán et al., 2017).

Como se ha visto, resulta obvio que los PE pueden jugar un papel destacado en el cuidado de las heridas crónicas en general, y de las UEI en particular, dentro de un equipo interdisciplinar. Por ello, deben poseer la competencia suficiente para suministrar unos cuidados basados en la evidencia que maximicen los resultados (Probst et al., 2014; Powers et al., 2016; Martínez-Santos et al., 2022).

1.6. MARCO LEGISLATIVO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR ENFERMERA.

Los estudios universitarios en nuestro país se enmarcan en el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) y se rigen por normas comunitarias, estatales, autonómicas, así como de las propias Universidades, que tienen personalidad jurídica propia dotada de autonomía por el artículo 27 de la Constitución Española y la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

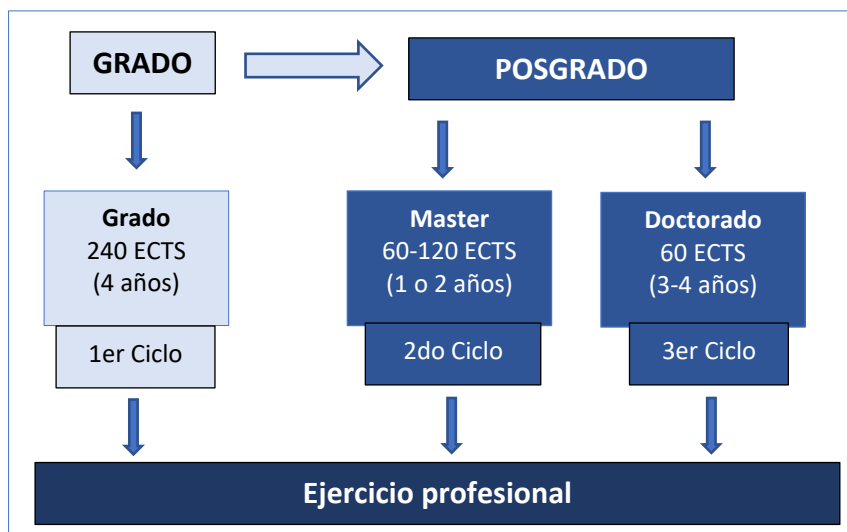
El EEES representa un proyecto desarrollado por la mayoría de los países europeos que se inicia en el año 1998 en la Sorbona (Francia), donde varios ministros de educación de diferentes países europeos ratifican un acuerdo que modificará la educación superior en Europa. En el año 1999 se firma la “Declaración de Bolonia”, que pretende homogeneizar la educación superior en el ámbito de la Unión Europea realizando cambios profundos en el sistema universitario de los países que lo integran, actualmente 49 (Amezcuza, 2008; European Higher Education Area and Bologna Process. (s.f.); Montero, 2010). Los principales objetivos de este

proyecto consisten en: (European Higher Education Area and Bologna Process. (s.f.); Gascóns, 2007; Montero, 2010).

- Estructurar la enseñanza superior en dos niveles -grado y postgrado- y en tres ciclos -grado, master y doctorado- (Figura 7), dejando atrás el anterior sistema estructurado en licenciaturas, diplomaturas e ingenierías, técnicas y superiores.
- Establecer un sistema de créditos común, el “Sistema Europeo de Transferencia de Créditos” (ECTS) que permita homogeneizar las calificaciones, facilitar la libre circulación de estudiantes, personal docente, investigador y de administración, entre los países miembros a través de la creación de programas de movilidad.
- Mejorar la metodología docente, fomentando el aprendizaje a lo largo de la vida y el aprendizaje basado en competencias.

Figura 7

Estructura de la enseñanza superior en Enfermería en España



Elaboración propia. Fuente: Gascóns, 2007. ECTS: European Credit Transfer System.

El proceso de adaptación de las enseñanzas universitarias al modelo propuesto por el EEES comienza en España en el año 2007, cuando se aprueba el Real Decreto 1393/2007, que tiene por objeto establecer la estructura de las enseñanzas universitarias oficiales, de acuerdo con las exigencias del proceso de construcción del EEES, de acuerdo con lo expuesto en el artículo 37 de la Ley Orgánica 6/2001 de Universidades y conforme a la Ley Orgánica 4/2007, que modifica la norma anterior.

1.6.1. Competencia como objetivo del proceso de enseñanza-aprendizaje y carga lectiva.

La Real Academia de la Lengua Española (2022) define el término competencia como la *pericia, aptitud o idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado*.

Por su parte, el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015) lo define como *una combinación de conocimientos, habilidades (intelectuales, manuales, sociales, etc.), actitudes y valores que capacitarán a un titulado para afrontar con garantías la resolución de problemas o la intervención en un asunto en un contexto académico, profesional o social determinado*. La competencia, entendida como un objetivo que el alumno alcanzará durante su etapa universitaria, se enmarca en dos grandes grupos. Por un lado, las competencias genéricas o transversales, comunes a todos los grados. Por otro, las competencias específicas, propias de cada titulación (Montero, 2010).

Este nuevo paradigma educativo, centrado en el aprendizaje y en la adquisición de competencias, sitúa al estudiante en un lugar preferente con respecto al modelo anterior, centrado en la enseñanza, en el que el docente constituía la pieza fundamental del conjunto. En este nuevo modelo, el

alumnado será el motor que promueva su propio aprendizaje (Montero, 2010). Además, la relación entre el docente y el discente es bidireccional y promueve el trabajo cooperativo del alumnado como medio para adquirir las competencias, que se espera sean para toda la vida (Altbach, 2007). Así, estas competencias capacitarán al alumno para desarrollar de un modo efectivo su actividad profesional (García-Majón y Pérez-Lopez, 2008).

Los créditos ECTS determinan la carga de trabajo o dedicación del estudiantado necesaria para adquirir las competencias fijadas en el plan de estudios de cada titulación. Así, la carga lectiva de un curso académico equivale a 60 créditos ECTS (Gascóns, 2007). En nuestro país, el número mínimo de horas de cada crédito es de 25 y el máximo de 30 (RD 1125/2003). Este tiempo que el alumnado debe dedicar a la adquisición de las competencias se distribuye en trabajo presencial (asistencia a clases, prácticas clínicas, seminarios, laboratorios, tutorías, exámenes), que representa aproximadamente 1/3 de del tiempo total de cada crédito ECTS, y trabajo no presencial o autónomo, que constituye los 2/3 restantes (Arias, 2012; Ferrer-Torregrosa et al., 2016; Gascóns, 2007).

1.6.2 Competencias de Enfermería en el abordaje de las UEI.

De acuerdo con lo estipulado en el anexo da orden ministerial que regula la titulación del grado en Enfermería, la ORDEN CIN /2134/2008, las/os estudiantes de Enfermería durante su formación deben adquirir ciertas competencias especialmente relevantes a la hora de administrar cuidados de enfermería al paciente con UEI:

- *Ser capaz, en el ámbito de la enfermería, de prestar una atención sanitaria técnica y profesional adecuada a las necesidades de salud de las personas que atienden, de acuerdo con el estado de*

desarrollo de los conocimientos científicos de cada momento y con los niveles de calidad y seguridad que se establecen en las normas legales y deontológicas aplicables.

- *Planificar y prestar cuidados de enfermería dirigidos a las personas, familia o grupos, orientados a los resultados en salud evaluando su impacto, a través de guías de práctica clínica y asistencial, que describen los procesos por los cuales se diagnostica, trata o cuida un problema de salud.*
- *Basar las intervenciones de la enfermería en la evidencia científica y en los medios disponibles.*
- *Realizar los cuidados de Enfermería basándose en la atención integral de salud, que supone la cooperación multiprofesional, la integración de los procesos y la continuidad asistencial.*

A nivel internacional, los organismos profesionales de Enfermería definen el término competencia como una combinación de conocimientos, capacidades, habilidades, actitudes y aptitudes para la toma de decisiones (American Nurses Association, 2010; Nursing and Midwifery Board of Ireland, 2016), situándose en la línea argumental de EEES donde el término competencia resulta fundamental para entender este modelo educativo.

Basado en su rol y competencias profesionales, las enfermeras deberían recibir una excelente formación en el manejo del paciente que presenta una herida crónica en la extremidad inferior, incluyendo diagnóstico, prevención y tratamiento, ya que desempeñan cuidados dentro del equipo interdisciplinar y, por tanto, deben realizar un abordaje de excelencia y basado en la última evidencia científica (Bobbink et al., 2022; Kielo et al., 2019; Wang et al., 2018). Para ello, es imprescindible que la adquisición de estos conocimientos y habilidades comience durante la

formación de grado (Redmond et al. 2020), siendo relevante que se incorporen al mercado de trabajo con las suficientes capacidades.

Sin embargo, a nivel internacional existe una creciente preocupación en relación con la escasa competencia del alumnado de Enfermería en este campo. Esta inquietud se fundamenta en que se administran cuidados basados en la costumbre y en mitos, en lugar de fundamentar estos cuidados con la evidencia científica (Welsh, 2018). Además, se detectó un déficit en las habilidades de razonamiento clínico y una falta de sistematización en la evaluación de la herida (Kielo et al., 2018; Missen et al., 2016; Welsh, 2018). A esto se suma que las competencias profesionales en relación a esta temática no son homogéneas en toda Europa y los currículos contemplan objetivos y metodologías docentes diferentes en este campo de estudio (Lindahl et al., 2021).

Algunas soluciones a estos problemas pasan por mejorar la investigación educativa en este campo (Dougall y Watson, 2009), o revisar los planes de estudios de contenidos relacionados con el cuidado de las UEI (Mccluskey & Mccarthy, 2012).

A nivel nacional, no constituimos una excepción a esta tendencia, ya que se detectaron déficits formativos en bastantes programas de estudios relacionados con el abordaje y/o prevención de las UEI. Además, se informó una enorme variabilidad en relación con sus contenidos y tiempo de dedicación (Romero-Collado et al., 2015; Rumbo-Prieto, 2022). Debemos de tener presente que el objetivo de los planes de estudios es proporcionar al alumnado las habilidades teóricas y prácticas para la adecuada toma de decisiones y, por tanto, estos deberían revisarse y homogeneizarse. Con ello, se lograría un doble objetivo. Por un lado, adquirir unas competencias básicas que contribuyan a reducir la brecha teórico-práctica y, por otro,

normalizar la formación en este campo (Goudy-Egger y Dunn, 2018; Lindahl et al., 2021; Romero-Collado et al., 2015).

La variabilidad en la administración de cuidados de Enfermería a los pacientes con UEI se relaciona con un déficit de formación en la enfermera que presta los cuidados y esto, a su vez, contribuye a una mala evolución de la herida, lo que genera nefastas repercusiones tanto para el paciente como para el sistema sanitario (Heaslip, 2013; Martínez-Santos et al., 2019; Martínez-Santos et al., 2022). Todo ello destaca la importancia de contar con una guía docente en la que se plasmen las competencias básicas en el abordaje de las UEI (Rumbo-Prieto, 2022). Así, en el año 2021 se publica el documento *Wound management curriculum for student nurses: European Qualification Framework Level 4*. Éste constituye el plan de estudios marco donde se presentan los principales contenidos sobre heridas crónicas y sus cuidados que se recomienda incluir en las guías docentes de los estudiantes del grado en Enfermería. El objetivo no es otro que unificar criterios en cuanto a las competencias de las enfermeras europeas en el manejo de heridas crónicas (Lindahl et al., 2021).

1.6.3 Grado en Enfermería de la Universidad de Santiago de Compostela.

Según se establece en la resolución de 16 de febrero de 2010, de la USC y de acuerdo con la ORDEN CIN/2134/2008 de 3 de julio, anteriormente mencionada, el grado en Enfermería tiene una carga lectiva de 240 créditos ECTS, distribuidos del modo que se muestra en la tabla 3.

Tabla 3

Distribución de créditos en el grado de Enfermería de la USC.

Créditos totales	Créditos de formación básica	Créditos en prácticas externas
240	60	84
Créditos optativos	Créditos obligatorios	Créditos trabajo Fin de Grado
9	81	6

Elaboración propia. Fuente: resolución de 16 de febrero de 2010, de la USC. USC: Universidad de Santiago de Compostela.

Los 240 créditos ECTS se completan a lo largo de 4 cursos académicos que tiene una carga lectiva de 60 créditos ECTS cada uno. A lo largo del periodo formativo, el alumnado debe adquirir las competencias básicas, generales, transversales y específicas.

Nuestra investigación está relacionada con contenidos docentes relativos al cuidado de las heridas crónicas de miembro inferior, que se imparten en la materia Enfermería Clínica I, correspondiente al segundo curso de la 2ª edición del grado en Enfermería de la USC, actualmente en proceso de extinción.

La asignatura Enfermería Clínica I tiene carácter obligatorio, una carga lectiva de 12 créditos ECTS y se enmarca en el módulo de las Ciencias de la Enfermería. El alumnado que curse esta materia deberá adquirir las competencias específicas y transversales reflejadas en las tablas 4 y 5.

Tabla 4

Competencias específicas de la materia Enfermería Clínica I

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE LA MATERIA ENFERMERÍA CLÍNICA I
1. Conocer las alteraciones de salud del adulto, identificando las manifestaciones que aparecen en sus distintas fases. Identificar las necesidades de cuidado derivadas de los problemas de salud. Analizar los datos recogidos en la valoración, priorizar los problemas del paciente adulto, establecer y ejecutar el plan de cuidados y realizar su evaluación. Realizar las técnicas y procedimientos de cuidados de enfermería, estableciendo una relación terapéutica con los enfermos y familiares. Seleccionar las intervenciones encaminadas a tratar o prevenir los problemas derivados de las desviaciones de salud. Tener una actitud cooperativa con los diferentes miembros del equipo*.
2. Capacidad para trabajar de una manera holística, tolerante, sin enjuiciamientos, cuidadosa y sensible, asegurando que los derechos, creencias y deseos de los diferentes individuos o grupos no se vean comprometidos.
3. Capacidad para ajustar su papel con el objeto de responder efectivamente a las necesidades de la población o los pacientes. Cuando sea necesario y apropiado, ser capaz de desafiar los sistemas vigentes para cubrir las necesidades.
4. Capacidad para emprender valoraciones exhaustivas y sistemáticas utilizando las herramientas y marcos adecuados para el paciente, teniendo en cuenta los factores físicos, sociales, culturales, psicológicos, espirituales y ambientales relevantes.
5. Capacidad para reconocer e interpretar signos normales o cambiantes de salud / mala salud, sufrimiento, incapacidad de la persona (valoración y diagnóstico).
6. Capacidad para responder a las necesidades del paciente planificando, prestando servicios y evaluando los programas individualizados más apropiados de atención junto al paciente, sus cuidadores y familias y otros trabajadores sanitarios o sociales.
7. Capacidad para cuestionar, evaluar, interpretar y sintetizar críticamente un abanico de información y fuentes de datos que faciliten la decisión del paciente
8. Capacidad de hacer valer los juicios clínicos para asegurar que se alcanzan los estándares de calidad y que la práctica está basada en la evidencia.

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2008.

Tabla 5*Competencias transversales de la materia Enfermería Clínica I*

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DE LA MATERIA ENFERMERÍA CLÍNICA I
CT01 - Capacidad de análisis y síntesis.
CT04 - Capacidad de gestión de la información.
CT05 - Resolución de problemas.
CT08 - Trabajo en un equipo multidisciplinar y multilingüe.
CT10 - Razonamiento crítico.
CT12 - Aprendizaje autónoma.
CT14 - Creatividad.
CT16 - Motivación por la calidad.

Fuente: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2008. (CT: competencia transversal).

En síntesis, uno de los retos actuales en los cuidados de Enfermería es el de asegurar una atención de calidad y basada en la evidencia que pueda garantizar la seguridad del paciente mientras se minimizan las consecuencias negativas de un mal abordaje. Sin embargo, hasta donde sabemos, es necesario seguir investigando en torno al nivel de entrenamiento y competencias de las enfermeras en cuanto al cuidado de las heridas crónicas. Por ello, es relevante realizar una contextualización sobre la formación de estos profesionales en relación con este tema.

1.7 ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL CUIDADO DE LAS UEI EN EL GRADO EN ENFERMERÍA.

La competencia de los PE en el cuidado de heridas se construye durante sus estudios de grado. Sin embargo, los programas docentes relacionados con el cuidado de heridas en la formación los/as estudiantes de Enfermería son heterogéneos (Kielo-Viljamaa et al., 2022; Redmon et al., 2020; Ruiz-Rojo et al., 2022). Por otro lado, en muchas ocasiones, la formación sobre el abordaje del paciente que presenta una UEI se imparte en materias amplias en las que el alumnado debe adquirir otras muchas competencias clínicas (Kielo-Viljamaa et al., 2022), por lo que el tiempo empleado en la enseñanza-aprendizaje de estos contenidos muchas veces es insuficiente e inadecuado para lograr los objetivos docentes (Abuleal, 2018; Kielo 2018).

Es complicado conocer los créditos ECTS que las facultades y escuelas de Enfermería españolas dedican al aprendizaje de cuidados de heridas crónicas. Sin embargo, Durán-Sáenz et al. (2022) han podido constatar que la mayoría dedican menos de dos créditos ECTS en asignaturas de carácter obligatorio, y que aquellas que emplean más tiempo (3 o más créditos ECTS) lo hacen a través de asignaturas optativas. De este modo, la enorme variabilidad detectada en los contenidos de los programas docentes, así como en el tiempo que se ha dedicado a la enseñanza-aprendizaje, genera deficiencias formativas que determinan la insuficiente competencia que poseen los estudiantes de Enfermería en este campo (Kielo-Viljamaa et al., 2022; Martínez Santos et al., 2019; Welsh, 2018). Además, los recién graduados perciben que, durante sus estudios, no reciben una formación suficiente respecto al cuidado de las heridas crónicas y manifiestan sentimientos de falta de capacitación en este campo (Kielo et al., 2019).

En el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos que conducen a la adquisición de competencias relacionadas con el cuidado de heridas crónicas, mayoritariamente, se emplea una metodología docente tradicional basada en clases magistrales presenciales (88%) y clases prácticas (52%). Resulta muy poco habitual el uso de otras metodologías docentes más innovadoras e interactivas (Moore y Clake, 2011; Ruiz-Rojo et al., 2022).

Las sesiones magistrales se postulan como una opción eficaz y rentable, ya que permite formar a muchos estudiantes a la vez. Sin embargo, favorecen un aprendizaje pasivo y son poco interactivas (Fendt et al., 2015). Frente a esto, la innovación educativa constituye un aspecto capital del nuevo paradigma educativo propuesto por el EEES cuyo eje central gira en torno a las necesidades del alumnado, potenciando, entre otros, la creatividad, la interactividad, el pensamiento crítico, el aprendizaje autónomo o la capacidad de aplicar el conocimiento a la práctica (Altbach, 2007; Esteve, 2009).

El objetivo último de la innovación educativa no es otro que mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje a través de la implementación de nuevas metodologías docentes que incluyan experiencias de aprendizaje más pertinentes y creativas (Okoye et al., 2020; Rikkerink et al., 2016).

Ante este nuevo reto, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se perfilan como la herramienta imprescindible de la innovación educativa. Las TIC deben desempeñar un papel crucial en la práctica docente actual, apoyándose en la amplia experiencia de los estudiantes en el uso de estas tecnologías (Adarkwah, 2021; Aguilar et al., 2019). Su implementación en la educación superior permite la transferencia de información en poco tiempo de un modo ameno y diferente. Además, debido a su carácter interactivo, optimiza la experiencia de aprendizaje (Zambrano-Quiroz y Zambrano-Quiroz, 2020), aumenta la motivación del

alumnado (Ramírez y Barragán, 2018), facilita la adaptación del proceso de enseñanza-aprendizaje a diferentes ritmos, según los intereses o características personales (Del Rio et al., 2013; Zhu et al., 2014), permite la comunicación y cooperación ante situaciones en las que es imposible un contacto físico y síncrono (Alarcia y Arco, 2012; Ridaó, 2016).

El empleo de TIC para la adquisición de competencias, en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud, ha supuesto un avance pedagógico muy importante (Vaskivska et al., 2021). Su implementación en los planes de estudios de Enfermería contribuye a la adquisición de competencias orientadas a prestar unos cuidados de Enfermería de gran calidad y basados en la evidencia científica (Raman, 2015). Además, debemos tener presente que los sistemas sanitarios son cada vez más dependientes de las TIC, por lo que los planes de estudios deberían incluirlas (Gonen et al., 2016).

De este modo, han comenzado a surgir investigaciones acerca de una herramienta tecnológica que puede facilitar la adquisición de competencias al alumnado de Ciencias de la Salud. No es otra que la Realidad Aumentada (RA).

1.8 REALIDAD AUMENTADA EN CIENCIAS DE LA SALUD.

La RA es una tecnología que ha sido definida de muy diversas formas, a lo largo de su corta existencia, atendiendo a diferentes criterios (Wu et al., 2013). De este modo, ya en el año 1997, Azuma ofrece una de las primeras y más acertadas definiciones de RA: *una tecnología que combina elementos reales y virtuales, que es interactiva en tiempo real y está registrada en tres dimensiones* (Azuma, 1997).

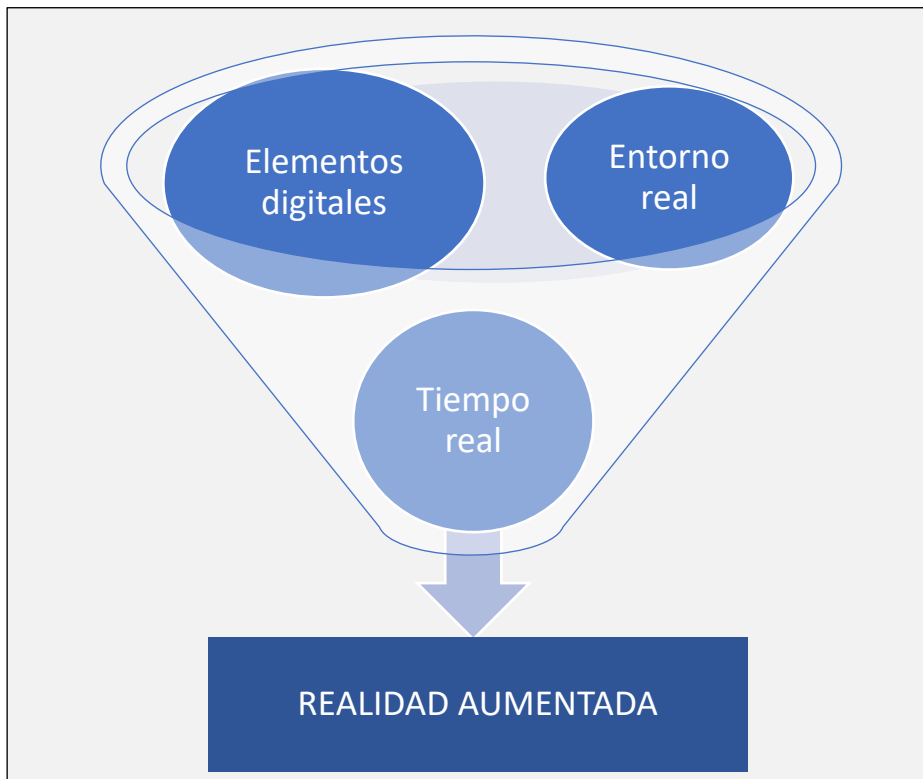
Esta definición se basa en las principales propiedades de esta tecnología (figura 8):

- combina objetos reales y virtuales: permite añadir objetos virtuales al mundo real
- funciona de un modo interactivo y en tiempo real

Alinea objetos reales y virtuales entre sí, es decir, los objetos deben mantener su posición cuando cambia el punto de vista del usuario.

Figura 8

Propiedades de la Realidad Aumentada



Elaboración propia. Fuente: Azuma, 1997

La RA implica la visualización directa o indirecta de elementos del mundo real combinados (o aumentados) con elementos virtuales, lo que genera una realidad mixta (Cobo & Moravec, 2011). Según Martín-Gutiérrez et al. (2015) esta tecnología permite la adición de objetos virtuales en entornos reales para facilitar la interacción en tiempo real, mientras que para Yen et al. (2013) el término RA hace referencia a aquella tecnología que mejora la percepción de la realidad al integrar la información digital en los entornos reales.

De todo lo anterior, se puede deducir que la RA, al combinar el mundo virtual con el mundo real, enriquece o “aumenta” este último, pero no lo sustituye, creando, por tanto, una realidad mejorada y aumentada (Bronack, 2011).

La RA es una tecnología fuertemente adoptada por múltiples sectores de la sociedad, desde la publicidad, ocio, marketing, etc. (Cabero et al., 2018). Casi todas las grandes marcas comerciales emplean esta tecnología para interactuar con los clientes (Uribe, 2015). Por supuesto, la educación en todos sus niveles, y especialmente la educación superior, no pueden ser una excepción a esta tendencia y debe incorporar las bondades educativas de esta tecnología a los procesos de enseñanza-aprendizaje (Alegría-Martín, 2015).

Si se analizan los dispositivos y recursos necesarios para generar una experiencia de RA para su empleo en educación superior, se observará que su uso es muy accesible y no precisa equipos costosos y sumamente sofisticados, ya que las experiencias de RA creadas se pueden ejecutar a través de dispositivos móviles ampliamente extendidos entre la comunidad universitaria (Chuang et al. 2018; Wu et al., 2013).

Tal y como indica Blázquez (2017), para generar una experiencia de RA en el ámbito educativo se necesitan, como mínimo, los siguientes recursos (figura 9), los cuales no resultan muy complejos de obtener:

- Un dispositivo electrónico con cámara, por ejemplo, un *smartphone*, un *smartwatch* o una *tablet*
- Un *software* que permita integrar los contenidos digitales en el mundo real
- Un *trigger* o marcador (que puede ser desde una imagen a un modelo 3D), para ejecutar los contenidos digitales que están vinculados ese marcador
- Un servidor para almacenar la información digital que será ejecutada

Figura 9

Recursos necesarios para generar una experiencia de RA



Elaboración propia. Fuente: Rodríguez-Abad et al., 2021. RA: Realidad Aumentada.

2

Justificación

2. JUSTIFICACIÓN

El nuevo paradigma educativo que propone el EEES implica realizar cambios profundos en las metodologías de enseñanza-aprendizaje, que sitúen al estudiante como eje central del proceso de enseñanza aprendizaje (Altbach, 2007; Esteve, 2009).

En este nuevo contexto, las TIC desempeñan un rol fundamental como base del nuevo modelo educativo (Adarkwah, 2021; Farrés-Tarafa et al., 2021). Entre las TIC, la RA se perfila como una de las más prometedoras. Las investigaciones realizadas sobre el uso de RA en la educación superior en Ciencias de la Salud destacan numerosos beneficios derivados de la implementación de esta herramienta tecnológica en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Algunos de ellos, como la motivación del alumnado, se considera un componente imprescindible del proceso, ya que sin motivación no habrá aprendizaje (Álvarez et al., 2007; Covintong, 2000; Di Serio et al., 2013; Fives et al., 2022). La RA influye positivamente sobre la motivación del alumnado (Cabero et al., 2018; Jamali et al., 2015; Kuguelmann et al., 2018) de un modo multidimensional, al aumentar su satisfacción con la experiencia docente, al incrementar la autoconfianza en el aprendizaje (Kant et al., 2019; Kotcherlacota et al., 2020) o al generar experiencias más reales en las simulaciones clínicas (Vaung et al., 2016).

Las metodologías docentes basadas en RA promueven el aprendizaje activo, mejorando la implicación del alumnado en la experiencia (Barmaki et al., 2019), al tiempo que estimulan el autoaprendizaje y el aprendizaje colaborativo (Küçük et al., 2016; Zhu et al., 2014).

Mediante la RA se crean entornos inmersivos que permiten la visualización de ciertos objetos o fenómenos que de otro modo no sería posible, facilitando, por tanto, su comprensión (Khan et al., 2019). Además, mejora la comprensión espacial, especialmente en quienes poseen bajas capacidades de visualización espacial, lo que resulta especialmente relevante para la enseñanza-aprendizaje de contenidos relacionados con la anatomía humana (Bogomolova et al., 2020; Hoang et al., 2017).

De todo ello se deduce que el uso de RA en educación superior en Ciencias de la Salud y, más concretamente, en el grado de Enfermería, puede tener implicaciones muy positivas, tanto para el alumnado como para el profesorado, en el proceso de adquisición de las competencias que se recopilan en los programas docentes.

Pese a ello, el empleo de RA como herramienta didáctica en la formación de grado en el campo de la Enfermería está infrutilizado, limitándose a alguna experiencia puntual y, además, es poco conocida (Moro et al., 2017). Numerosos investigadores coinciden en que se necesitan más estudios acerca del uso de la RA en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud, que incluyan muestras amplias e instrumentos de medición validados (Cabero et al., 2018; Khan et al., 2019; Moro et al., 2017).

Esta investigación pretende contribuir a mitigar esta escasez de conocimiento, aportando evidencias sobre la influencia de una metodología docente basada en RA para la enseñanza-aprendizaje de contenidos curriculares relacionados con las UEI, averiguando concretamente su influencia sobre determinantes fundamentales del aprendizaje y el rendimiento académico del alumnado del grado en Enfermería.

3

Hipótesis y Objetivos

3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Esta investigación se centró en explorar las posibilidades del uso de la RA en la educación superior en Ciencias de la Salud y, en concreto, en la enseñanza-aprendizaje de contenidos propios de la Enfermería. Para ello, se desarrollaron tres estudios que consistieron en una revisión sistemática de la literatura y dos estudios cuasiexperimentales.

A continuación, se describen las hipótesis planteadas, así como los objetivos, principales y secundarios que se persiguieron en los tres estudios que componen la tesis.

- **Estudio 1**

A systematic review of augmented reality in health science: a guide to decision-making in higher education.

- ✓ **1. Hipótesis**

1.1. Existe literatura científica acerca de experiencias educativas desarrolladas en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud, que utilizan una metodología docente basada en RA para determinar el impacto que su uso produce en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

- ✓ **2. Objetivo principal**

2.1. Identificar, evaluar y resumir las pruebas realizadas utilizando la RA con estudiantes de Ciencias de la salud en la educación superior.

✓ **3. Objetivos secundarios**

3.1. Describir el tipo de intervenciones de RA que se utilizan en la educación superior en Ciencias de la Salud.

3.2. Determinar el impacto que tiene el uso de la RA en los resultados académicos y las competencias de este alumnado.

3.3. Identificar las principales ventajas, desventajas y retos de esta tecnología durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

• **Estudio 2**

Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: a quasi-experimental study in nursing students

✓ **1. Hipótesis**

1.1 El uso de RA como metodología docente, mejora el rendimiento académico del alumnado del grado en Enfermería hacia el aprendizaje de contenidos relacionados con la UEI respecto al empleo de una metodología tradicional, en una experiencia educativa desarrollada de modo presencial.

1.2. El alumnado que emplee una metodología docente basada en RA para el aprendizaje de los contenidos relacionados con la UEI, en una experiencia de aprendizaje desarrollada de modo presencial, mostrará niveles elevados en determinantes del aprendizaje como la atención, la motivación o la satisfacción.

✓ **2. Objetivo principal**

2.1. Comprobar la eficacia de la RA como metodología didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos del plan de estudios de Enfermería (cuidados de úlceras de miembro inferior).

✓ **3. Objetivo secundario**

3.1. Describir la influencia de la RA sobre los determinantes del aprendizaje de estos estudiantes de Enfermería.

• **Estudio 3**

Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: two quasi-experimental studies

✓ **1. Hipótesis**

1.1.- El uso de RA como metodología docente, mejora el rendimiento académico del alumnado del grado en Enfermería hacia el aprendizaje de contenidos relacionados con la UEI, en una experiencia educativa desarrollada de modo online.

1.2.- El alumnado que emplee una metodología docente basada en RA para el aprendizaje de los contenidos relacionados con la UEI, en una experiencia de aprendizaje desarrollada de modo online, mostrará niveles elevados en determinantes del aprendizaje como la atención, la motivación o la satisfacción.

1.3.- Las puntuaciones de las pruebas empleadas para valorar parámetros determinantes del aprendizaje en el alumnado que utilizó una metodología docente basada en RA, serán superiores en la experiencia desarrollada de modo presencial que en la experiencia desarrollada de modo online.

✓ **2. Objetivo principal**

2.1. Describir la influencia de una experiencia educativa *online* basada en RA, sobre el rendimiento académico y determinantes del aprendizaje como la atención, la satisfacción o la motivación de los estudiantes de Enfermería hacia los cuidados de la úlcera de miembro inferior.

✓ **3. Objetivo secundario**

3.1. Contrastar las diferencias entre los determinantes del aprendizaje en la experiencia *online* con los de la misma experiencia desarrollada de modo presencial.

4

Metodología

4. METODOLOGÍA

Esta tesis doctoral sigue la estructura propia de una tesis por compendio de publicaciones, en la que se realizaron tres estudios que presentan diferentes metodologías. De este modo, el estudio 1 consistió en una revisión sistemática de la literatura de métodos mixtos. Por su parte, en el estudio 2 se eligió un diseño cuasiexperimental pre-post con grupo control. El estudio 3 consistió en dos sub-estudios: en el primero de ellos se utilizó un diseño pre-test/post-test en un solo grupo, mientras que en el segundo se eligió un diseño de dos grupos experimentales post-test.

La figura 10 muestra las publicaciones desarrolladas, los objetivos planteados en cada una de ellas, así como el diseño de los estudios realizados.

Figura 10

Publicaciones, objetivos y diseño de los estudios realizados.

	ESTUDIO 1	ESTUDIO 2	ESTUDIO 3
PUBLICACIÓN	<i>A systematic review of augmented reality in health science: a guide to decision-making in higher education</i>	<i>Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: a quasi-experimental study in nursing students</i>	<i>Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: two quasi-experimental studies</i>
OBJETIVO	Identificar, evaluar y resumir las pruebas realizadas utilizando la RA con estudiantes de ciencias de la salud en la educación superior.	Comprobar la eficacia de la RA como metodología didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos del plan de estudios de Enfermería (cuidados de úlceras de miembro inferior).	Describir la influencia de una experiencia educativa <i>online</i> basada en RA, sobre el rendimiento académico y determinantes del aprendizaje de los estudiantes de Enfermería hacia los cuidados de la úlcera de miembro inferior. Contrastar las diferencias entre los determinantes del aprendizaje en la experiencia <i>online</i> con los de la misma experiencia desarrollada de modo presencial.
DISEÑO	Revisión sistemática de métodos mixtos según metodología PRISMA	Estudio cuasiexperimental -Grupo experimental: metodología docente basada en RA -Grupo control: metodología docente tradicional	Estudio cuasiexperimental 1 -Grupo único pre-post -Metodología docente <i>online</i> basada en RA Estudio cuasiexperimental 2 -Dos grupos post-test -Metodología docente: RA presencial vs. RA <i>online</i>

Elaboración propia. RA: realidad aumentada.

A continuación, se detalla la metodología empleada en cada uno de los estudios desarrollados en la tesis:

4.1. ESTUDIO 1

Se realizó una revisión sistemática de métodos mixtos, que sintetiza las evidencias derivadas de estudios cualitativos y cuantitativos, siguiendo la metodología *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2009 (Moher et al., 2009).

La búsqueda de información se realizó en las principales bases de datos del ámbito de las Ciencias de la Salud (Web of Science, Medline, CINAHL y PsycINFO) entre los meses de marzo y mayo de 2020. Las búsquedas se enfocaron a artículos originales escritos en inglés, español o portugués desde el año 2014, dado el desarrollo exponencial de la RA a partir de esa fecha.

Las búsquedas realizadas en las bases de datos mencionadas reportaron 1254 resultados, que se sometieron a un proceso de cribado y elegibilidad siguiendo los criterios indicados en la metodología PRISMA, incluyendo procesos por pares sistematizados para asegurar la reproductividad y rigurosidad de esta. Finalmente, se incluyeron 19 artículos, 13 de ellos cuantitativos y 6 de métodos mixtos. En la síntesis y análisis de datos se empleó un diseño de síntesis convergente basado en datos (Hong, 2017). Esta consiste en integrar resultados de estudios cualitativos y cuantitativos por medio de técnicas de transformación de datos, lo que permite analizar todos los estudios incluidos en la revisión utilizando el mismo método de síntesis (Hong et al, 2020). Su calidad metodológica se sometió a un proceso de valoración crítica mediante *The Mixed Methods Appraisal Tool*, herramienta de evaluación de utilidad comprobada (Hong et al., 2018). Los resultados de los análisis mostraron que la mayoría de los estudios incluidos en la revisión presentaban una alta calidad metodológica.

4.2. ESTUDIO 2

4.2.1. Diseño

Estudio cuasiexperimental.

4.2.2. Población de estudio

Estudiantes de segundo curso del grado en Enfermería de la Facultad de Enfermería de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) matriculados en la asignatura Enfermería Clínica I durante el curso académico

2018-2019. La muestra estuvo formada por 137 alumnos/as. El 53% (n=72) formaron parte del grupo experimental (metodología docente innovadora basada en RA) y el 47% (n=65) formaron parte del grupo control (metodología docente tradicional no basada en RA).

4.2.3. Variables

Variables independientes

Las variables independientes de esta investigación son las siguientes:

- El efecto de la experiencia educativa.
Los dos niveles de esta variable fueron:
 - Previo a la experiencia educativa
 - Posterior a la experiencia educativa
- La metodología docente empleada en la práctica de laboratorio correspondiente al estudio de las UEI.

Los dos niveles de la variable independiente fueron:

- Metodología docente sin RA o tradicional.
- Metodología docente innovadora con RA.

Variables dependientes

- Grado de conocimiento de contenidos relacionados con UEI.
- Variables determinantes del aprendizaje: atención, aprendizaje autónomo, comprensión y motivación.

Variables de control

- Nota media del expediente de cada alumno/a.
- Nota media de la materia Enfermería Clínica I.
- Nota del examen de primera oportunidad de la materia Enfermería Clínica I.
- Nota del caso práctico realizado tras finalizar la experiencia.

La tabla 6 recoge las variables empeladas en el estudio 2

Tabla 6

Variables de la experiencia que componen el estudio 2

Variables estudio 2	
VI	1. Efecto de la experiencia educativa basada en RA Niveles VI a. Previo a la experiencia educativa b. Posterior a la experiencia educativa 2. Metodología docente utilizada en la experiencia educativa Niveles VI a. Previo a la experiencia educativa b. Posterior a la experiencia educativa
VD	1. Grado de conocimiento de contenidos relacionados con UEI. 2. Variables determinantes del aprendizaje: atención, aprendizaje autónomo, comprensión y motivación.
VC	1. Nota media del expediente de cada estudiante. 2. Nota media de la materia Enfermería Clínica I. 3. Nota del examen de primera oportunidad de la materia Enfermería Clínica I 4. Nota del caso práctico realizado tras finalizar la experiencia.

Elaboración propia. (VI: variables independientes; VD: variables dependientes; VC: variables de control; RA: realidad aumentada; UEI: úlceras de extremidad inferior)

4.2.4. Instrumentos de evaluación

- Prueba de conocimientos desarrollada *ad hoc* sobre los cuidados de Enfermería al paciente con UEI.

La prueba consistió en 10 preguntas de múltiple elección que se administró a todos los participantes antes y después de la experiencia educativa realizada durante la docencia interactiva en pequeños grupos (anexo 1). Fue evaluada por un grupo de 5 expertos/as con amplia formación y experiencia asistencial en el cuidado de UEI y 2 pedagogas que actuaron por consenso. Además, se realizó una prueba piloto con alumnado de tercer curso de grado para verificar la adecuación de los ítems del cuestionario.

La codificación de las respuestas fue la siguiente: las respuestas incorrectas se valoraron con 0 puntos y las correctas con 1 punto. Por tanto, los participantes podían obtener una puntuación en un rango de 0 a 10 puntos.

- Cuestionario validado por Ferrer Torregrosa et al. (2016) (anexo 2) adaptado a esta experiencia, para medir la percepción de los miembros del grupo experimental con la experiencia de aprendizaje relacionada con el cuidado de las UEI. El cuestionario constó de 17 ítems que se evaluaron en una escala tipo Likert de 1 -nunca- a 4 -siempre-. Se distribuyeron en 3 dimensiones: atención y motivación (ítems 1 a 8), trabajo autónomo (ítems 9 a 11) y comprensión (ítems 12 a 17). El índice *Alfa de Cronbach* con la muestra de esta investigación reveló un valor de $\alpha = 0,89$, lo que representa una buena consistencia interna del cuestionario. Este instrumento se administró a los miembros del grupo experimental al finalizar la experiencia.

- Cuestionario validado *Instructional Material Motivational Survey* (IMMS) desarrollado por Keller (2010) y adaptado por Barroso et al. (2016) (anexo 3). Este instrumento se utilizó para medir el grado de influencia que la metodología docente basada en RA genera en la motivación del alumnado hacia el aprendizaje. El cuestionario se administró a los miembros del grupo experimental al finalizar la experiencia y constó 36 ítems distribuidos en 4 dimensiones basadas en el modelo motivacional ARCS: atención, relevancia, confianza y satisfacción (Keller, 2010). Este modelo motivacional propuesto por Keller se basa en la existencia de factores personales y ambientales que influyen en la motivación del alumnado hacia el proceso de aprendizaje y el rendimiento. El modelo motivacional ARCS es uno de los más empleados en el campo de la pedagogía debido, entre otras cuestiones, a su aplicación a entornos de tecnología virtual (García-Alarcón et al., 2014).

Los ítems se evaluaron utilizando una escala tipo Likert con 7 opciones de respuesta, desde 1- extremadamente improbable, máximo desacuerdo, hasta 7- extremadamente probable, máximo acuerdo. Las puntuaciones totales de cada una de las dimensiones se obtuvieron realizando la media de los ítems que las componen. Los ítems enunciados en forma negativa fueron codificados de modo inverso, de manera que una puntuación alta indica que el enunciado es improbable o un mayor desacuerdo.

El índice *alfa de Cronbach* mostró un resultado de $\alpha = 0,76$ con la muestra de esta investigación, lo que pone de manifiesto una buena consistencia interna.

- Además de estos instrumentos, se emplearon tres casos reales desarrollados *ad hoc*, sobre contenidos relacionados con los cuidados de Enfermería al paciente con UEI (anexo 4). Todos los

participantes en la investigación resolvieron uno de los casos reales, que fue asignado al azar. En todos ellos, la problemática planteada estaba directamente relacionada con los contenidos impartidos durante la experiencia docente.

Los supuestos prácticos se evaluaron mediante una rúbrica estructurada en 7 indicadores o criterios de evaluación y 3 niveles de desempeño (anexo 5). Se eligió esta herramienta de evaluación ya que las rúbricas representan el instrumento idóneo para la evaluación del grado de adquisición de las competencias que debe adquirir el alumnado en la educación superior, puesto que permite conocer el uso competencial del conocimiento (Pizarroa, 2022; Sabariego, 2015). Las calificaciones obtenidas por el alumnado en los casos reales se emplearon como variable de control.

4.2.5. Análisis de datos

Para describir los resultados obtenidos en las distintas variables dependientes del estudio, se obtuvieron estadísticos descriptivos, incluyendo medidas de posición central (medias, medianas) y no central (primer y tercer cuartil) y medidas de dispersión (desviaciones típicas).

Para contrastar la fiabilidad de los cuestionarios en la muestra del estudio, se obtuvo el índice alfa de Cronbach.

Para contrastar si la efectividad de la experiencia de aprendizaje con RA en los conocimientos sobre cuidados en UEI, y dado que no se cumplía el supuesto de normalidad para los datos obtenidos en las pruebas de conocimiento, se realizó un ANOVA mixto robusto (utilizando el procedimiento de medias truncadas) con dos factores, uno inter-sujeto,

Grupo, con dos niveles (grupo experimental, grupo control) y otro intra-sujeto, Evaluación, con dos niveles (previa a la experiencia, posterior a la experiencia). Para evaluar los resultados significativos, se realizaron comparaciones no paramétricas por pares *a posteriori*, concretamente pruebas U de Mann-Whitney, y se corrigieron los valores de p mediante el método de Holm-Bonferroni.

Además, se realizaron correlaciones bivariadas no paramétricas (rho de Spearman) para establecer si existía relación entre las dimensiones y la puntuación total del cuestionario IMMS y las puntuaciones obtenidas en la evaluación de conocimientos posterior a la experiencia educativa.

4.2.6. Descripción de la experiencia educativa basada en RA desarrollada de modo presencial

La experiencia educativa se desarrolló de modo presencial durante 8 clases prácticas de laboratorio correspondientes a la materia Enfermería Clínica I. La intervención se desarrolló entre los meses de marzo y mayo de 2019. La muestra estuvo formada por 137 estudiantes matriculados en la citada asignatura. Todo el alumnado aceptó participar en la investigación de modo voluntario. Los/as estudiantes se dividieron en dos grupos, seleccionados aleatoriamente según la asignación de grupos de clases realizada previamente por la facultad de Enfermería de la USC:

- Grupo control, formado por 65 miembros que realizaron la práctica de laboratorio mediante una metodología docente tradicional, sin RA.
- Grupo experimental, constituido por 72 miembros que contaron con una metodología docente basada en de RA.

En cada una de las clases prácticas de laboratorio participaron aproximadamente 20 alumnos/as durante un tiempo total de 3 horas. Cada sesión se estructuró en 4 estaciones de aprendizaje, por lo que se formaron 4 equipos de trabajo formados por 5 estudiantes que se distribuyeron entre las 4 estaciones. Se dedicó un tiempo máximo de 40 minutos a cada estación. Durante los 20 minutos restantes, los/las estudiantes cumplimentaron los diferentes cuestionarios que se emplearon como instrumentos de evaluación. Los miembros del grupo experimental utilizaron sus propios dispositivos electrónicos (*smartphones* y *tablets*) para acceder a los contenidos digitales a través de dos aplicaciones (*HP Reveal*® y *Aumentaty Creator*®). Por su parte, los/las integrantes del grupo control utilizaron los clásicos apuntes y anotaciones.

Estación de aprendizaje 1. Introducción a las UEI

El material docente de esta estación consistió en 5 presentaciones multimedia elaboradas por el profesor y en tres casos prácticos. El alumnado del grupo control dispuso de estos contenidos en papel, en forma de anotaciones o apuntes. Por su parte, el grupo experimental accedió a los contenidos a través de sus propios dispositivos móviles. Para ello se generaron diferentes códigos QR que enlazaban a los contenidos docentes almacenados en la plataforma institucional *One Drive* (figura 11). Los casos prácticos se utilizaron como instrumento de evaluación de las competencias adquiridas en el laboratorio y consistieron en una serie de cuestiones acerca de los cuidados de Enfermería al paciente con UEI (anexo 4).

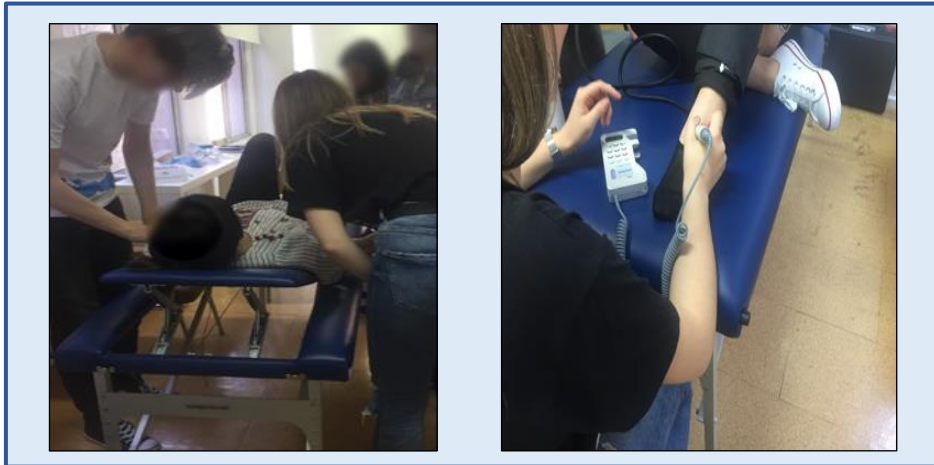
Figura 11*Miembros del grupo experimental en estación 1**Elaboración propia*

Estación de aprendizaje 2. Índice Tobillo-Brazo (ITB)

En esta estación de aprendizaje se realizó la prueba diagnóstica ITB a un miembro del equipo de trabajo (figura 12). Antes de realizar la técnica, los/las integrantes del grupo experimental accedieron a contenidos digitales (infografías y vídeos) relacionados con el procedimiento de realización y la interpretación de los resultados, a través de códigos QR (figura 13). Los miembros del grupo control dispusieron de la información en forma de apuntes.

Figura 12

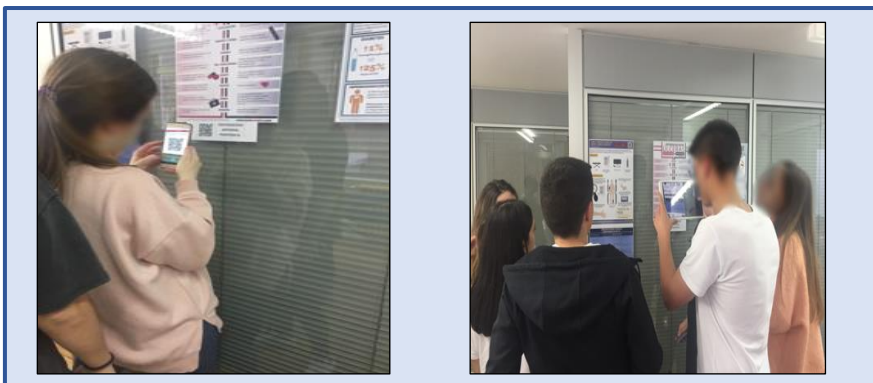
Realización de la prueba diagnóstica Índice Tobillo-Brazo.



Elaboración propia

Figura 13

Alumnado interactuando con contenidos digitales en la estación de aprendizaje 2



Elaboración propia

Estación de aprendizaje 3. Apósitos

En esta estación de aprendizaje se presentaron los principales productos empleados en la cura en ambiente húmedo para la prevención y tratamiento de las heridas crónicas. Los materiales docentes consistieron en un catálogo de productos recomendados y financiados por el *Servizo Galego de Saúde* y una presentación multimedia sobre los productos empleados en la prevención y tratamiento de las UEI elaborada por el profesor. Además, también se contó con muestras de los diferentes apósitos.

El grupo control dispuso de la información de forma impresa. Por su parte, el grupo experimental accedió a la información a través de códigos QR. Además, en este caso los apósitos actuaron como *triggers* de contenidos digitales que estaban vinculados a cada uno de ellos mediante dos plataformas gratuitas de creación de experiencias de RA. Los contenidos virtuales consistieron en imágenes, videos, animaciones, presentaciones multimedia y modelos 3D (figura 14).

Figura 14

Miembros del grupo experimental interactuando con contenidos digitales



Elaboración propia

Estación de aprendizaje 4. Terapia compresiva de miembros inferiores

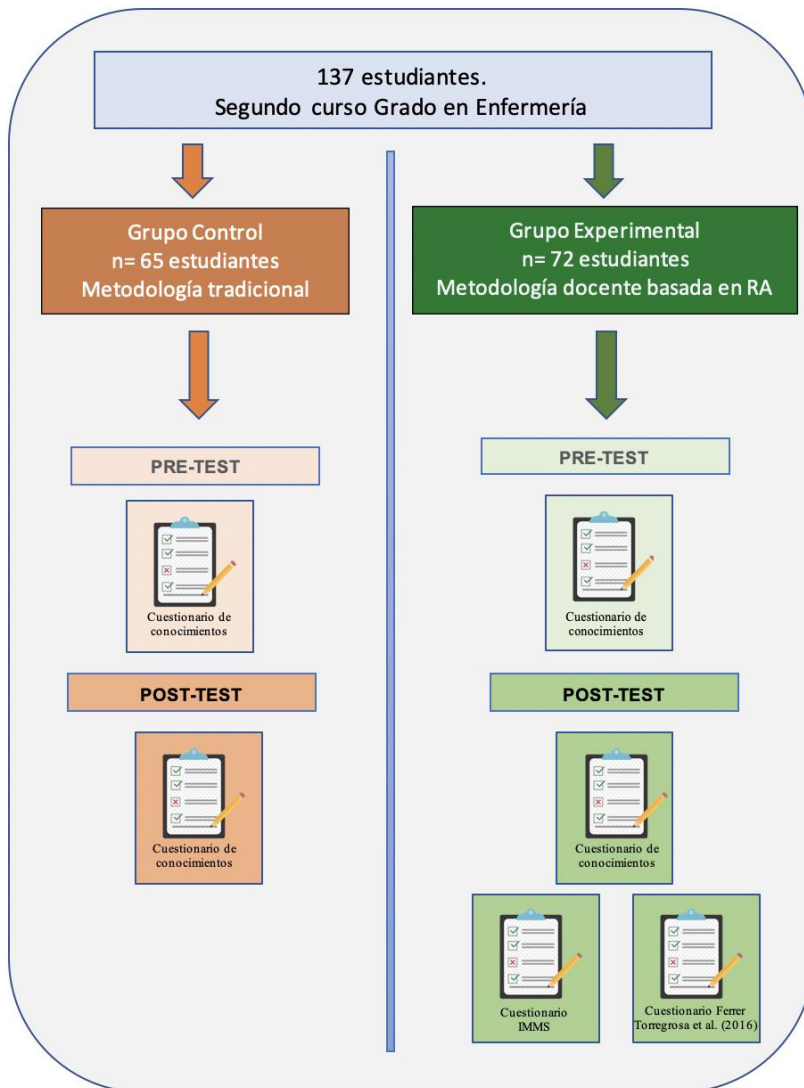
En esta estación de aprendizaje el alumnado realizó un vendaje multicapa después de consultar los materiales docentes. Éstos consistieron en una presentación multimedia y diferentes materiales empleados en el

vendaje de miembros inferiores. El grupo control dispuso de la información en forma de apuntes, mientras que el grupo experimental accedió a los contenidos a través de códigos QR y de marcadores de RA vinculados a las vendas.

Completadas las cuatro estaciones de aprendizaje, se administró a los/las participantes los diferentes cuestionarios que se utilizaron como instrumentos de evaluación (figura 15).

Figura 15

Distribución de los participantes en la investigación e instrumentos de evaluación administrados a grupo control y experimental. RA: Realidad Aumentada. IMMS: Instructional Material Motivational Survey.



Elaboración propia. Fuente: Rodríguez-Abad et al., 2023

4.3. ESTUDIO 3

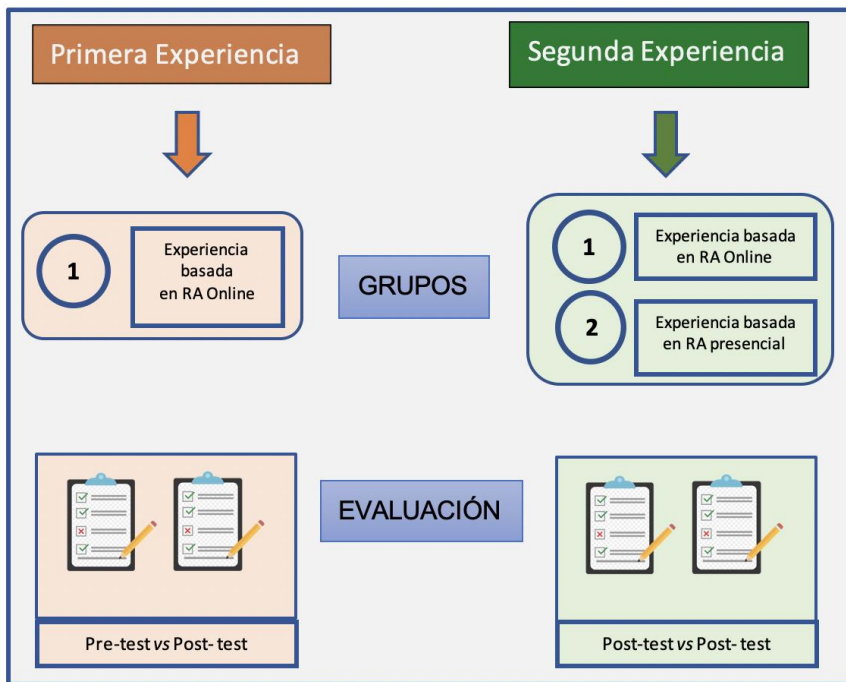
Para alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación se realizó un estudio de diseño cuasiexperimental, en el que se desarrollaron dos sub-estudios.

En el primero de ellos, relacionado con el objetivo principal de la investigación, se utilizó un diseño pre-test/post-test en un solo grupo para determinar si la metodología docente *online* basada en RA influía en el rendimiento académico y en ciertos determinantes del aprendizaje (figura 16).

En el segundo sub-estudio, relacionado con el objetivo secundario de la investigación, se eligió un diseño de dos grupos experimentales post-test. El grupo experimental 1 (alumnado del curso académico 2019-2020) realizó la experiencia educativa basada en RA de modo *online*, mientras que el grupo experimental 2 (alumnado del curso académico 2018-2019) realizó la misma experiencia educativa de modo presencial (figura 16). Con ello, se pretende contrastar diferencias entre los resultados en los determinantes del aprendizaje obtenidos en la experiencia educativa desarrollada de modo *online*, con los resultados obtenidos en la misma experiencia desarrollada de modo presencial.

Figura 16

Diseño de las dos experiencias del estudio 3. RA: Realidad aumentada.



Elaboración propia. Fuente: Rodríguez-Abad et al., 2023

4.3.1. Muestra de estudio

La población estuvo formada por el alumnado de la Facultad de Enfermería de la USC matriculado en la asignatura Enfermería Clínica I, correspondiente al segundo curso de grado, durante el curso académico 2019/2020.

La muestra de estudio de la primera experiencia estuvo formada por 111 alumnos/as que desarrollaron la intervención educativa de modo *online* durante el confinamiento derivado de la pandemia causada por el SARS-COV-2.

Por su parte, la muestra de estudio de la experiencia segunda estuvo formada por el alumnado matriculado en el curso 2019/2020 (n=111), que realizó la intervención educativa de modo *online* y por el alumnado que realizó la intervención educativa de modo presencial durante el curso 2018/2019 (n=72). Las características de este último grupo se han descrito en el estudio 2.

4.3.2. Variables

La tabla 7 muestra las diferentes variables (independientes, dependientes y de control) empleadas en las dos experiencias desarrolladas en el estudio 3.

Tabla 7

Variables de las dos experiencias que componen el estudio 3

Variables	Primera Experiencia	Segunda Experiencia
VI	1. Efecto de la experiencia educativa basada en RA Niveles VI a. Previo a la experiencia educativa b. Posterior a la experiencia educativa	1. Metodología docente basada en RA Niveles VI a. Intervención educativa <i>online</i> b. Intervención educativa presencial
VD	1. Grado de conocimiento de contenidos relacionados con UEI. 2. Variables determinantes del aprendizaje: atención, aprendizaje autónomo, comprensión y motivación.	1. Variables determinantes del aprendizaje: atención, aprendizaje autónomo, comprensión y motivación.
VC	1. Nota media del expediente de cada estudiante. 2. Nota media de la materia Enfermería Clínica I. 3. Nota del examen de primera oportunidad de la materia Enfermería Clínica I. 4. Nota del caso práctico realizado tras finalizar la experiencia.	

Elaboración propia. (VI: variables independientes; VD: variables dependientes; VC: variables de control; RA: realidad aumentada; UEI: úlceras de extremidad inferior)

4.3.3. Instrumentos de evaluación.

En la primera experiencia, con el fin de determinar el efecto de la metodología docente basada en RA sobre el nivel de conocimientos, se empleó un cuestionario de conocimientos desarrollado *ad hoc* y compuesto por 20 preguntas de elección múltiple (anexo 6). Se asignó una puntuación de 1 punto a cada respuesta correcta y 0 puntos a cada respuesta incorrecta, con una puntuación final, por tanto, en un rango de 0 a 20 puntos. El cuestionario fue diseñado por 5 enfermeras expertas en heridas crónicas y 2 expertas en pedagogía y se administró a los/as participantes antes (pre-test) y después de la experiencia (post-test). Aunque se utilizaron las mismas preguntas en ambos momentos, en el post-test las preguntas se presentaron aleatoriamente. Además, se emplearon dos cuestionarios validados para determinar la influencia de una metodología docente basada en RA sobre ciertos factores determinantes del aprendizaje.

El primero de ellos, se trató de un cuestionario validado por Ferrer Torregrosa et al. (2016), descrito previamente en los instrumentos de evaluación empleados en el estudio 2 de la investigación.

El segundo, consistió en el IMMS, igualmente descrito en el estudio 2 de la investigación.

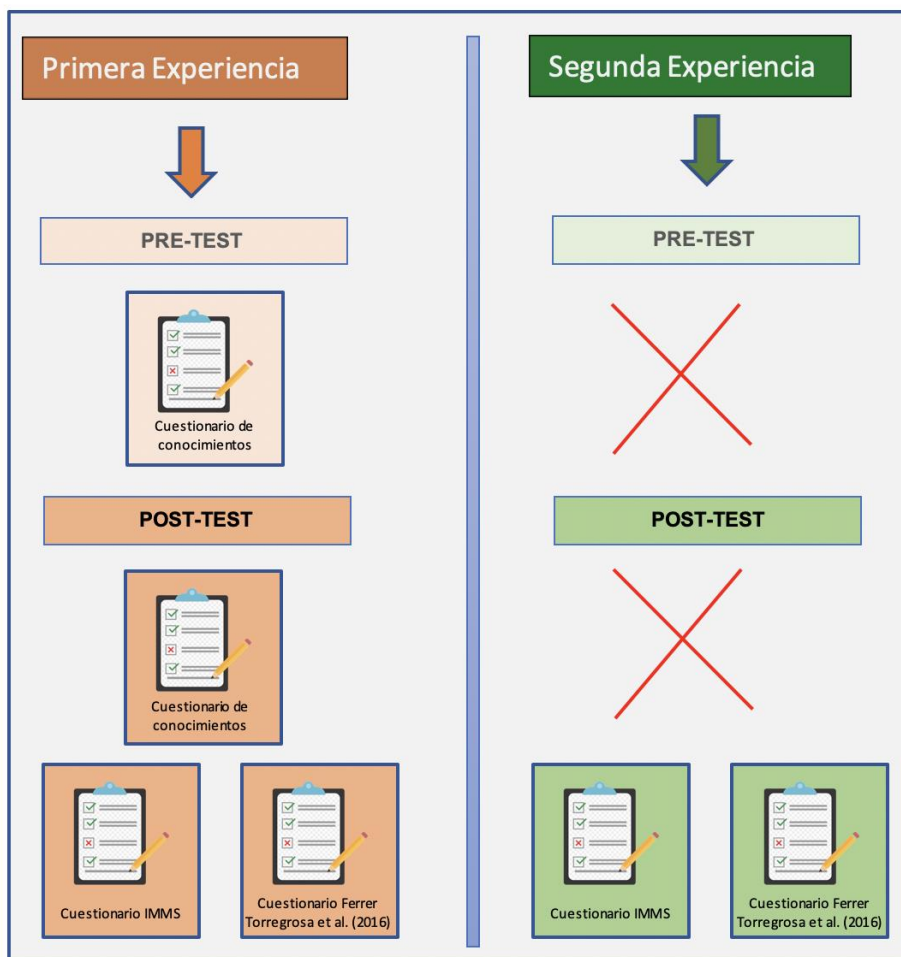
El valor *alfa de Cronbach* fue de 0,93 y 0,946 respectivamente, lo que indica una elevada fiabilidad de ambos instrumentos.

En la segunda experiencia se empleó el cuestionario validado por Ferrer-Torregrosa et al. (2016) así como el IMMS con el objetivo de determinar la influencia de la metodología docente (*online* versus presencial) en ciertos determinantes del aprendizaje tras la experiencia de RA.

A continuación, la figura 17 muestra los instrumentos de evaluación empleados en cada una de las experiencias desarrolladas en este estudio.

Figura 17

Instrumentos de evaluación empleados en cada experiencia. IMMS: Instructional Material Motivational Survey



Elaboración propia. Fuente: Rodríguez-Abad et al., 2023

4.3.4. Análisis de datos

Al igual que en el estudio 2, para describir los resultados obtenidos en las distintas variables dependientes del estudio, se utilizaron estadísticos descriptivos, en este caso medias y desviaciones típicas. Igualmente, se contrastó la fiabilidad de los cuestionarios en las muestras del estudio mediante el índice alfa de Cronbach.

Para contrastar la efectividad de la experiencia de aprendizaje con RA en los conocimientos sobre cuidados en UEI en un contexto de aprendizaje no presencial, y dado que nuevamente no se cumplía el supuesto de normalidad para los datos obtenidos en las pruebas de conocimiento, se realizaron pruebas Wilcoxon para muestras relacionadas comparando la evaluación posterior a la experiencia educativa con la puntuación obtenida en la evaluación previa.

Finalmente, para contrastar si existían diferencias en los factores determinantes de aprendizaje tras la experiencia de RA dependiendo de la modalidad de enseñanza (presencial vs *online*), se obtuvieron pruebas U de Mann-Whitney.

4.3.5. Descripción de la intervención educativa *online* basada en RA

Este estudio se desarrolló en la Facultad de Enfermería de la USC durante el curso académico 2019/2020 y forma parte del proyecto sobre el uso de RA en educación en Enfermería. Para dar continuidad a las investigaciones previas (Rodríguez-Abad et al., 2021 y Rodríguez-Abad et al., 2022) se desarrolló una experiencia educativa *online* basada en RA que

combinó sesiones síncronas con actividades asíncronas. La muestra estuvo formada por 111 estudiantes de 2º curso del grado en Enfermería matriculados en la materia Enfermería Clínica I.

Los contenidos docentes estaban relacionados con los cuidados de Enfermería en las UEI y se publicaron en el campus virtual de la materia a través de la plataforma de aprendizaje Moodle (figura 18). Se diseñaron cuatro estaciones de aprendizaje virtuales que siguieron la misma estructura y contenidos que la experiencia desarrollada de modo presencial en el primer estudio de campo durante el curso 2018/2019.

Figura 18

Captura de pantalla de las estaciones virtuales de aprendizaje incluidas en el campus virtual de la materia.

LABORATORIO VASCULAR (TODOS LOS CLIL: DEL CLIL 1 AL 8)

-  [Instrucciones para realizar el laboratorio.](#)
-  Estación 1
- Restringido** Non dispoñíbel ata que: The activity [Instrucciones para realizar el laboratorio.](#) is marked complete
-  Estación 2
- Restringido** Non dispoñíbel ata que:
 - The activity [Instrucciones para realizar el laboratorio.](#) is marked complete
 - The activity [Estación 1](#) is marked complete
-  Estación 3
- Restringido** Non dispoñíbel ata que:
 - The activity [Instrucciones para realizar el laboratorio.](#) is marked complete
 - The activity [Estación 1](#) is marked complete
 - The activity [Estación 2](#) is marked complete
-  Estación 4
- Restringido** Non dispoñíbel ata que:
 - The activity [Instrucciones para realizar el laboratorio.](#) is marked complete
 - The activity [Estación 1](#) is marked complete
 - The activity [Estación 2](#) is marked complete
 - The activity [Estación 3](#) is marked complete

Fuente: elaboración propia

Antes de acceder a las estaciones de aprendizaje virtuales, el alumnado examinó exhaustivamente las instrucciones para desarrollar adecuadamente la experiencia educativa. Además, completó una prueba objetiva de conocimientos (anexo 6). Una vez completados los pasos descritos, el alumnado estuvo en condiciones de acceder a las estaciones de aprendizaje virtuales.

Estación de aprendizaje virtual 1. Introducción a las UEI.

Los materiales docentes consistieron en cinco presentaciones multimedia relacionadas con los cuidados de Enfermería en UEI que se alojaron en la plataforma de almacenamiento institucional *Microsoft One Drive*. El acceso a los contenidos se realizó a través de sendos códigos QR.

Estación de aprendizaje virtual 2. ITB.

Se utilizaron códigos QR para acceder al contenido docente, que consistió en material multimedia relacionado con el procedimiento de realización e interpretación de resultados del ITB.

Estación de aprendizaje virtual 3. Apósitos.

Los materiales docentes consistieron en una presentación multimedia, el catálogo de productos de cura en ambiente húmedo financiados por el *Servizo Galego de Saúde*. Además, se incluyeron imágenes de los principales apósitos para el tratamiento de heridas crónicas empelados en cura en ambiente húmedo. Cada una de estas imágenes sirvió como marcador de RA activando contenidos digitales vinculados, como, por ejemplo, presentaciones multimedia, modelos 3D, videos, etc. Para integrar los contenidos de la experiencia de RA se utilizó la plataforma gratuita *Blippar*®.

Estación de aprendizaje virtual 4. “erapia compresiva de miembro inferior.

Los contenidos docentes consistieron en una presentación multimedia elaborada por el profesor, a la que el alumnado accedió a través de un código QR. Además, una imagen de un vendaje multicapa sirvió como marcador de RA para vincular contenido digital relacionado con la terapia compresiva de miembro inferior y, en especial, con las características del vendaje multicapa.

Una vez completadas las estaciones de aprendizaje, los/as estudiantes pudieron completar los instrumentos de evaluación, consistentes en un cuestionario de conocimientos final (anexo 6), el cuestionario IMMS (anexo 3) y el cuestionario de Ferrer Torregrosa et al. (2016) (anexo 2).

Los contenidos estuvieron disponibles en el CV de la materia dos semanas. Durante ese periodo, se desarrollaron tres sesiones síncronas con el profesor de la materia con una doble finalidad. Por una parte, comentar aquellos aspectos más relevantes sobre los cuidados de Enfermería al paciente con UEI. Por otra, motivar al alumnado hacia el aprendizaje de estos contenidos, puesto que el cuidado de las UEI constituye un pilar fundamental en las competencias de los futuros profesionales.

Para cumplir con los objetivos fijados en este estudio de campo, se desarrollaron dos experiencias:

- La primera, pretende describir la influencia de una experiencia educativa *online* basada en RA sobre el rendimiento académico y los determinantes del aprendizaje, como la atención, la satisfacción o la motivación de los/as estudiantes de Enfermería

hacia los cuidados de la UEI. Para ello, se eligió un diseño pre-test/post-test en un solo grupo para comprobar si el alumnado que realizó la experiencia educativa *online* experimentaba diferencias significativas en la prueba de conocimientos en función del momento de realización (antes y después de dicha experiencia). Además, se obtuvieron datos descriptivos acerca de la influencia de la RA en ciertos determinantes del aprendizaje.

- La segunda, consistió en contrastar las diferencias entre los resultados de los determinantes del aprendizaje obtenidos en la experiencia *online* con los de la misma experiencia desarrollada de modo presencial. Para ello, se eligió un diseño post-test en dos grupos experimentales. El grupo experimental 1 realizó la experiencia educativa de modo *online* durante el curso 2019/2020. Por su parte, el grupo experimental 2 realizó la experiencia educativa de modo presencial durante el curso 2018/2019. Se verificó que en los grupos no existían diferencias significativas en función de la distribución por género ni por nota de expediente académico. De este modo, se pudo contrastar si la metodología docente (*online*/presencial) modifica los determinantes del aprendizaje evaluados.

4.4. CONSIDERACIONES ÉTICO-LEGALES

Los estudios que conforman la investigación se realizaron de acuerdo con las Normas Tripartitas Harmonizadas de la ICH para la Buena Práctica Clínica, con las regulaciones nacionales vigentes y con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 1989) y el Convenio de Oviedo (BOE, 1999). Los datos se obtuvieron a partir de los

cuestionarios que el alumnado cubrió de modo voluntario antes y después de la realización de la experiencia educativa en el marco de la materia Enfermería Clínica I correspondiente al segundo curso del grado en Enfermería de la USC (2ª edición). Los datos obtenidos se analizaron de forma conjunta y anónima tras ser sometidos a un proceso de anonimización por parte de otro miembro del equipo sin docencia asignada en la facultad de Enfermería. Se informó a los/as participantes que los resultados obtenidos en los diferentes instrumentos de medición empleados en las investigaciones, en ningún caso tendrían valor académico y, por tanto, no influirían en la calificación final de la materia. Además, se solicitó al alumnado un consentimiento informado (anexo 7) para acceder al dato de su nota media en el expediente y realizar el posterior análisis de los datos obtenidos en el contexto de la materia, con el fin de valorar si la RA como metodología docente es mejor que la metodología docente convencional o si el aumento en las calificaciones se debió a características propias del alumnado. Todo se llevó a cabo conforme a lo dispuesto en el Reglamento General de Protección de Datos (Reglamento UE2016-679 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 27 de abril de 2016) y a la normativa española sobre protección de datos de carácter personal vigente (Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y Garantía de los Derechos Digitales).

El estudio contó con la resolución favorable del comité de bioética de la USC (anexo 8).

5

Resultados Publicaciones

5. RESULTADOS (Publicaciones)

5.1. ARTÍCULO 1. *A SYSTEMATIC REVIEW OF AUGMENTED REALITY IN HEALTH SCIENCES: A GUIDE TO DECISION-MAKING IN HIGHER EDUCATION.*

5.1.1. Evidencias de calidad.

Este artículo se publicó en la revista *International Journal of Environmental Research and Public Health* que tuvo un factor de impacto de 4,614 en el *Journal Citation Report* (JCR) en el año de su publicación (2021).

- Categoría: *Public, Environmental & Occupational Health* (SCIE)
- Ranking categoría: 45/182
- Primer cuartil del JCR (Q1)

5.1.2. Cita completa del manuscrito

Rodríguez-Abad, C., Fernández-de-la-Iglesia, J. C., Martínez-Santos, A. E., & Rodríguez-González, R. (2021). A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>

5.1.3. Contribuciones a la publicación

Participación sustancial en la concepción y diseño de la investigación. Se contribuyó de un modo destacado al desarrollo de la idea, a la adquisición de datos mediante la revisión de bases de datos (revisor 1 de 2). Se participó activamente en el análisis, interpretación y representación de los datos, así como en la evaluación de su calidad. Además, se colaboró en la redacción del manuscrito.

5.1.4. Citas obtenidas hasta enero de 2024

- Romli, M. H., Foong, C. C., Hong, W. H., Subramaniam, P., & Wan Yunus, F. (2022). Restructuring education activities for full online learning: findings from a qualitative study with Malaysian nursing students during Covid-19 pandemic. *BMC Medical Education*, 22(1), 535. <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03587-1>
- Nikolaidis A. (2022). What Is Significant in Modern Augmented Reality: A Systematic Analysis of Existing Reviews. *Journal of Imaging*, 8(5), 145. <https://doi.org/10.3390/jimaging8050145>
- Gelmini, A. Y. P., Duarte, M. L., Silva, M. O. D., Guimarães Junior, J. B., & Santos, L. R. D. (2022). Augmented reality in interventional radiology education: a systematic review of randomized controlled trials. *Sao Paulo Medical Journal*, 140(4), 604–614. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2021.0606.R2.27122021>
- Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2022). Personalization of the Learning Path within an Augmented Reality Spatial Ability Training Application Based on Fuzzy Weights. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 22(18), 7059. <https://doi.org/10.3390/s22187059>

- Babalola, A., Manu, P., Cheung, C., Yunusa-Kaltungo, A., & Bartolo, P. (2023). Applications of immersive technologies for occupational safety and health training and education: A systematic review. *Safety Science*, 166, 106214. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106214>
- Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Martínez-Santos, A. E., & Fernández-de-la-Iglesia, J. D. (2022). Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students. *Nurse Education Today*, 119, 105565. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105565>
- Guo, J., Guo, Q., Feng, M., Liu, S., Li, W., Chen, Y., & Zou, J. (2023). The use of 3D video in medical education: A scoping review. *International Journal of Nursing Sciences*, 10(3), 414-421. <https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2023.06.006>
- Rodríguez-Abad, C., Martínez-Santos, A. E., Fernández-de-la-Iglesia, J. D., & Rodríguez-González, R. (2023). Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies. *Nurse Education in Practice*, 71, 103715. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103715>
- Masalimova, A. R., Erdyneeva, K. G., Kryukova, N. I., Khlusyanov, O. V., Chudnovskiy, A. D., & Dobrokhotov, D. A. (2023). Bibliometric analysis of augmented reality in education and social science. *Online Journal of Communication and Media Technologies*, 13(2), e202316. <https://doi.org/10.30935/ojcm/13018>
- Costa, N., Ferreira, L., de Araújo, A. R. V. F., Oliveira, B., Torres, H. R., Morais, P., Alves, V., & Vilaça, J. L. (2023). Augmented Reality-Assisted Ultrasound Breast Biopsy. *Sensors* 23(4), 1838. <https://doi.org/10.3390/s23041838>

- Papakostas, C., Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2023). PARSAT: Fuzzy logic for adaptive spatial ability training in an augmented reality system. *Computer Science and Information Systems* 20(4), 1389-1417. <https://doi.org/10.2298/CSIS230130043P>
- Menon, S. S. (2021). ARiSE-Augmented Reality in Surgery and Education.
- Hu, Q., Wang, T., Chen, Y., Wei, D., Cui, T., Mei, L., Zhang, L., & Niu, X. (2022). Medicine and engineering collaboration in urogynecology: a narrative review. *Gynecology and Pelvic Medicine* 5(13) <https://dx.doi.org/10.21037/gpm-21-41>
- Li, N., & Keskitalo, T. (2022). Literature Review–XR in Medical and Healthcare Education. *EdMedia+ Innovate Learning*, 764-772.
- Poyade, M., Eaglesham, C., Wilson, B., Burton, G., & Quinn, K. (2022). “Learning About Skin Breakdown”: Design, Development and Evaluation of an Augmented Reality Application to Inform About Pressure Ulcers (Sores) and Moisture Lesions. En P. M. Rea (Ed.) *Medical Visualization and Applications of Technology* (pp. 27-69). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-06735-8_2
- Md Shamsudin, N., Corrienna Abdul Talib, & Li Yang. (2023). Enhancing Safety Education Through the Looking Glass: Acceptance of Augmented Reality . *Environment-Behaviour Proceedings Journal*, 8(25), 195–200. <https://doi.org/10.21834/e-bpj.v8i25.4863>
- Rismayanthi, C., Kushartanti, W., Prasetyo, Y., Purwanto, S., Alim, A., & Miftachurochmah, Y. (2023). Manual and Motion Therapy Learning Media Developmenton Augmented Reality based Shoulder Injuries. *Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities*, 6(10s (2)), 445-452.

- Duarte, M. L., Silva, M. O. D., Guimarães Junior, J. B., & Santos, L. R. D. (2022). Augmented reality in interventional radiology education: a systematic review of randomized controlled trials. *Sao Paulo Medical Journal*. <https://doi.org/10.1590/1516-3180.2021.0606.R2.27122021>
- Marín-Rodríguez, W. J., Andrade-Girón, D. C., Zúñiga-Rojas, M., Susanibar-Ramirez, E. T., Calvo-Rivera, I. P., Ausejo-Sanchez, J. L., & Caro-Soto, F. G. (2023). Artificial Intelligence and Augmented Reality in Higher Education: a systematic review. *Data and Metadata*, 2, 121-121. <https://doi.org/10.56294/dm2023121>
- Alsaywid, B. S., Alajlan, S. A., & Lytras, M. D. (2023). Transformative Learning as a bold Strategy for the Vision 2030 in Saudi Arabia: Moving Higher Healthcare Education Forward. En C. Vaz & M. D. Lytras (Eds.), *Technology-Enhanced Healthcare Education: Transformative Learning for Patient-centric Health* (pp. 187-207). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83753-598-920231014>
- Lee, A. A., Areliano, G. F., Aziz, M. F., & Zhafira, N. V. (2023, November). ARnatomy: An Augmented Reality Mobile Application for Interactive Body Anatomy Learning using Unity3D. In *2023 International Conference on Informatics, Multimedia, Cyber and Informations System (ICIMCIS)* (pp. 532-536). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICIMCIS60089.2023.10349043>
- شعبان & ما شوش تریان ژاله ، صد فدری رضا ، رف ببعزاده مونا ، برنامه یک ایجاد و طراحی اولیه فی الزامات. (2023). *Payavard Salamat*, 17(2). افزوده واقعیت فناوری بر مبنای آموزشی کاربرد



5.1.5. Resumen y palabras clave

El objetivo de este estudio fue investigar la usabilidad de la RA en la educación superior en el área de Ciencias de la Salud para describir qué tipo de intervenciones se han desarrollado, su impacto en diversos aspectos psicopedagógicos de los estudiantes, así como las principales ventajas, desventajas y desafíos en la incorporación de la RA en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos CINAHL, PsycINFO, MEDLINE, Web of Science y en el buscador Google Scholar. La búsqueda se limitó a artículos originales de investigación escritos en inglés, español o portugués desde 2014. La calidad de los artículos seleccionados (n=19) se evaluó mediante la Herramienta de Evaluación de Métodos Mixtos. Se describieron las aplicaciones y dispositivos electrónicos utilizados y los instrumentos de medición empleados. El uso de la RA facilitó la adquisición de competencias por parte de los estudiantes, especialmente en contenidos con un alto componente de visualización tridimensional, e influyó positivamente en diversos aspectos del proceso de aprendizaje como la motivación, la satisfacción o el aprendizaje autónomo. Como herramienta tecnológica educativa aplicada a la educación superior en Ciencias de la Salud, la RA mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje influyendo en él de forma multidimensional.

Palabras clave: *Augmented reality; Higher education; Health sciences; Teaching-learning*

Review

A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education

Carlos Rodríguez-Abad ^{1,†}, Josefa-del-Carmen Fernández-de-la-Iglesia ^{2,†} , Alba-Elena Martínez-Santos ¹ and Raquel Rodríguez-González ^{1,*} 

¹ Department of Psychiatry, Radiology, Public Health, Nursing and Medicine, Faculty of Nursing, University of Santiago de Compostela, 15704 Santiago de Compostela, Spain; carlosrodriguez.abad@usc.es (C.R.-A.); alba.martinez.santos@usc.es (A.-E.M.-S.)

² Department of Pedagogy and Didactics, Faculty of Education Sciences, University of Santiago de Compostela, 15704 Santiago de Compostela, Spain; c.delaiglesia@usc.es

* Correspondence: raquel.rodriguez@usc.es

† Both authors contributed equally to this work.



Citation: Rodríguez-Abad, C.; Fernández-de-la-Iglesia, J.-d.-C.; Martínez-Santos, A.-E.; Rodríguez-González, R. A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 4262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>

Academic Editors: Juan Leiva, Encarnación Soriano-Ayala and Antonio Matas-Terrón

Received: 22 March 2021
 Accepted: 14 April 2021
 Published: 17 April 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: The objective of this study was to investigate the usability of the augmented reality (AR) in higher education in the area of health sciences to describe what type of interventions have been developed, their impact on various psychopedagogical aspects of the students as well as the main advantages, disadvantages and challenges in incorporating AR in the teaching-learning process. A systematic review was carried out in the CINAHL, PsycINFO, MEDLINE, Web of Science databases and the Google Scholar search engine. The search was limited to original research articles written in English, Spanish or Portuguese since 2014. The quality of the selected articles ($n = 19$) was assessed using the Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT). The applications and electronic devices used and the measurement instruments used were described. The use of AR made it easier for students to acquire skills, especially in courses with a high component of three-dimensional visualization, and positively influenced various aspects of the learning process such as motivation, satisfaction or autonomous learning. As an educational technological tool applied to higher education in health sciences, AR improves the teaching-learning process by influencing it in a multidimensional way.

Keywords: augmented reality; higher education; health sciences; teaching-learning

1. Introduction

In recent decades, higher education has undergone an important methodological change because the curricular design is increasingly focused on the student. The use of information and communication technologies (ICT) in teaching-learning processes allows the teacher to facilitate student learning by adapting the contents and methodology to different rhythms and interests of the students [1]. The last report of the Department of European Projects of the National Institute of Educational Technologies and Teacher Training (INTEF), “EDUCASE Horizon Report: 2019 Higher Education Edition”, describes the six emerging technologies that will have a significant impact on higher education in the next five years (2019–2023), classifying them, based on implementation time, as “short, medium and long term.” Augmented reality (AR) is part of these technologies as a digital tool to be implemented in the short term, through mobile learning, and in the medium term, as part of mixed reality. The use of AR in the classroom could spread rapidly, since mobile devices (smartphones or tablets) are widely used by university students and can be used to disseminate didactic content based on this technology [2].

AR was defined in very different ways throughout its short existence, although the most widespread definition states that AR consists of a mixed environment that integrates digital information in a real environment [3]. Di Serio et al. (2013) highlight three properties

of AR: they combine real and virtual objects in a real environment, align real and virtual objects with each other, and execute them interactively and in real time [4].

The use of AR in education is still in the early stages [3–6], despite having become more accessible as it does not require specialized equipment and can be easily used on mobile devices [3,5].

Figure 1 shows the resources needed to access AR content. In this case, four elements are needed. Firstly, an electronic device with a camera, such as tablet, smartphone, computer, smartwatch, smartglasses. Secondly, a software to integrate virtual content in the real world, together with a trigger to run AR content. Finally, a web server where the virtual information that we want to project on the real environment is stored [7,8].

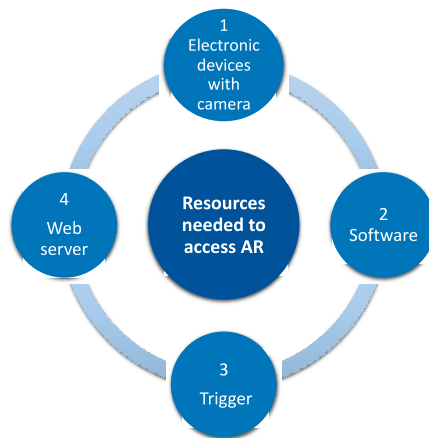


Figure 1. Resources needed to access AR. AR: augmented reality.

The use of AR in higher education in the area of health sciences can contribute to improve the acquisition of skills, providing the student with a more authentic learning and a more personalized learning experience [9]. Likewise, it can contribute to make clinical practice workshops more realistic by facilitating the acquisition of competencies [10,11]. Therefore, there is evidence indicating a favorable impact of AR on medical training [12].

Our research presents the state-of-the-art of AR in health science higher education, describing the scholarly values of this technology. To facilitate decision-making by health science educators on specific didactic aspects in this field, a systematic review of the literature has been carried out with the aim of locating and integrating the main results of studies on this topic.

Specifically, the objective of this systematic review was to identify, evaluate and summarize the evidence conducted using augmented reality with health sciences students in higher education. This mixed method review aimed to answer the following questions:

- (1) What kind of augmented reality interventions are used in health sciences higher education?
- (2) What impact does the use of augmented reality have on the educational outcomes and skills of these students?
- (3) What are the main advantages, disadvantages and challenges of this technology during the teaching-learning process?

2. Methods

2.1. Design

This review employed a data-based convergent synthesis design, a type of mixed method systematic review synthesizing evidence derived from quantitative and qualitative studies [13]. The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) checklist was used to ensure an adequate quality standard design (see Supplementary Table S1) [14]. The PRISMA statement consists of 27 essential items checklist, widely used in health sciences, that help to guarantee the rigor and transparency of reporting of systematic reviews and a four phases flow diagram [15]. Thus, the PRISMA statement is a useful resource to perform systematic reviews and meta-analyses. No protocol was registered.

2.2. Search Methods

In order to explain the search process in detail, it is indicated by the initials what each author (see the first page for the full name) did to ensure the systematization of this step of the review, as well as the following steps. A systematic search approach of specific health and social science databases was independently performed by the authors CR and JCF from March 2020 to May 2020. These were CINAHL, PsycINFO, MEDLINE and Web of Science. A Google Scholar search was also performed. One of the authors' expert knowledge (JCF) and previous articles were used to determine and refine the search terms and controlled vocabulary, when available. Keywords were searched in titles and abstracts, as well as in other fields when appropriate (see example CINAHL search strategy in Table 1). The search strategy involved a comparison of advanced and basic searches with appropriate combinations in different databases. The search was limited to original research studies written in English, Spanish or Portuguese and conducted from 2014 to the present. The search started on this date due to the rise of AR in recent years, especially since 2014, as indicated in the Horizon Report [16]. ProQuest RefWorks was used to manage the citations from the search results.

Table 1. Example CINAHL (Ebsco) search.

(MH "Augmented Reality") AND (MH "Students, Health Occupations+") OR (("augmented reality") AND ("higher education*" OR "university * education*")) TI OR (("augmented reality") AND ("higher education*" OR "university * education*")) AB

Limited to English, Spanish and Portuguese results. Timespan 2014–2020.

2.3. Search Outcomes

The search boundaries of the selected databases resulted in 1254 articles. After duplicates were removed, 1209 papers were screened according to following criteria outlined below.

Following the eligibility criteria, titles and abstracts were screened independently (CR & AM). For the stage two in the screening, the potentially relevant articles with full texts ($n = 80$) were assessed by the same authors. Any discrepancies or doubts during all the screening process were resolved by consensus within the other authors (JCF and RR). This stage led to 19 articles, after excluding 61 studies. Figure 2, following the PRISMA statement, details the methodological process used in this systematic review, including the reasons for the excluded full-text articles [17].

Regarding the eligibility, Inclusion criteria were: (1) articles published in peer-reviewed journals and (2) empirical studies that reported the use of AR in health science studies. Exclusion criteria were the following: (1) describe AR in areas of knowledge other than health sciences, (2) report AR at other educational levels other than higher education, (3) the technology used to support the teaching-learning process was not AR, (4) the objective of the study was not focused on AR, and (5) unable to source the full text paper reporting the original study.

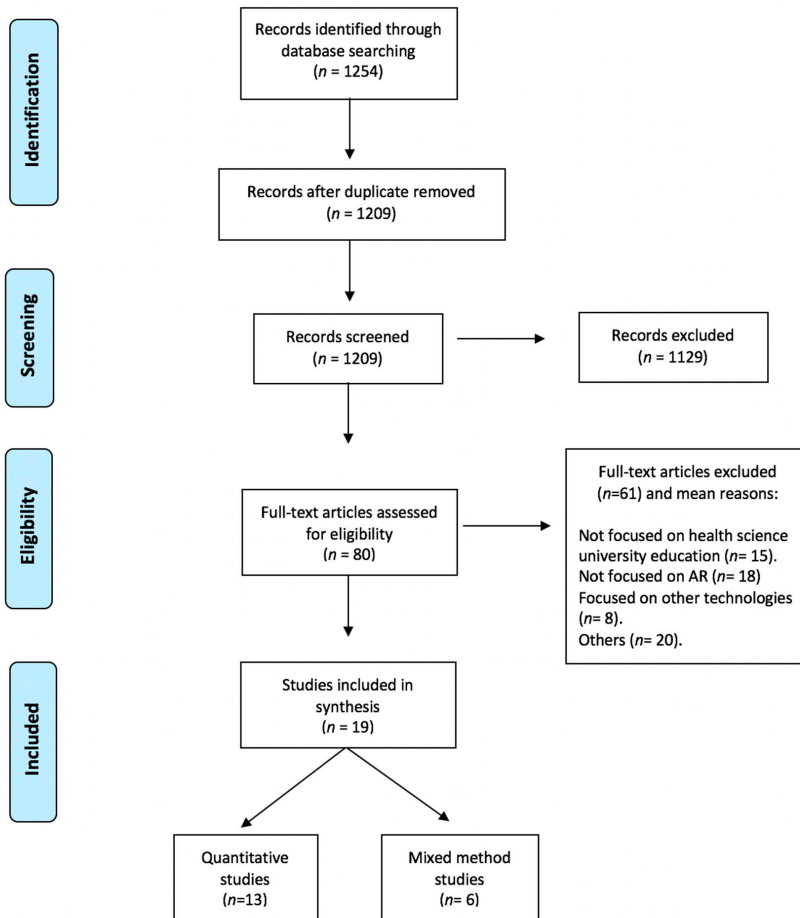


Figure 2. Flow chart of study screening process, according to PRISMA Framework.

2.4. Data Abstraction & Synthesis

The data extraction was completed by one author (CR) while other author independently checked the findings (AM). Once the data was extracted in text form, an ad hoc table was developed through consensus to categorize the data following the review aims. This abstraction was completed by the same authors (CR and AM) and included: author(s), year of publication, country, academic degree, academic year, course and sample size, aims and measuring instruments, results and MMAT rating.

The extracted data of quantitative studies ($n = 13$) and mixed method studies ($n = 6$) were subjected to a convergent thematic and narrative synthesis, in line with Hong et al. (2017) [13]. This type of mixed-methods synthesis made it possible to integrate the findings into the results section, maximizing the usefulness for reporting on practice [18].

2.5. Quality Appraisal

Quality appraisal was conducted independently by authors and final assessment for quality and the risk of bias was the product of the consensus. Systematic reviews with PRISMA require a critical appraisal of the included studies [19]. The Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) is a useful tool to assess the methodological quality of studies of different designs included in this systematic review [20]. Also, this critical appraisal tool has been used in many systematic reviews due to its checked utility [19]. Therefore, MMAT was employed to evaluate the selected studies in this review article, since this tool was useful for assess both qualitative and quantitative evidence [21]. This evaluation allowed us to identify studies of low methodological quality, and, since their exclusion is discouraged, the interpretation of research findings has considered the risk of bias/rigor.

The studies generally met the criteria of MMAT-checklist. Though, they did not consider some aspects: Descriptive quantitative studies mostly fail or did not allow responding to the MMAT 4.5 criterion "Is the statistical analysis appropriate to answer the research question?". In the case of quantitative randomized controlled trials, they did not meet the MMAT 2.4 criterion "Are outcome assessors blinded to the intervention provided?". In the analysis of the methodological quality of the quantitative non-randomized studies, it is not possible to respond to the MMAT 3.4 criterion "Are the confounders accounted for in the design and analysis?". Lastly, two mixed-methods studies met all MMAT criteria, but the rest did not provide data to respond to the MMAT 5.3 criterion "Are the outputs of the integration of qualitative and quantitative components adequately interpreted?" (see Supplementary Tables S2–S5 for more details).

In summary, and according to the MMAT evaluation criteria, 72.2% of the articles ($n = 13$) met 75–100% of the MMAT checklist, representing high quality. 26.4% of the articles ($n = 5$) met 50–75% of the evaluated criteria, representing moderate quality. 5.4% of the articles ($n = 1$) met less than 50% of the evaluated criteria, representing low quality (Table 2).

Table 2. Data abstraction.

Author(s) & (Year) & Country	Academic Degree & Academic Year & Course & Sample Size	Aims	Measuring Instruments	Results	MMAT Rating
Bogomolova et al. (2020) The Netherlands	Medicine 1st and 2nd year Anatomy N = 58 students	To evaluate the effectiveness of stereoscopic visualization of AR and the effect of spatial vision skills on learning.	Mental Rotation Test (MRT), consisting of 30 questions validated by experts to assess knowledge of anatomy. A self-reported questionnaire to evaluate the learning experience (study time, perception of the knowledge acquired, degree of satisfaction with the materials used, etc.)	Significant differences were found in the learning effect between the groups that used 2D teaching material and those that used the 3D stereoscopic vision of AR among the students with low spatial visual abilities measured through the MRT. Group members who viewed the teaching content using AR stereoscopic vision technology enjoyed the session more than those who viewed it in 2D or monoscopic 3D AR.	High
Rochlen et al. (2017) USA	Medicine 3rd and 4th year Clinical training N = 40 students, faculty, and nurse anesthetists.	To evaluate the usefulness of AR in the placement of a central venous catheter	Likert scale online questionnaire. Questions about previous experience in performing the technique, satisfaction with the use of AR and perception about the use of AR in medical procedures.	According to participants, AR technology is realistic, easy to use, fun, and promotes learning. They perceive that AR is useful in improving their skills and that it would be a useful adjunct to medical training.	High
Borges et al. (2016) Brasil	Nursing, Physiotherapy and Medicine Not specified Family Health N = 135 students	To evaluate the adequacy of teaching materials based on AR games applied to the teaching of home visits	Questionnaire designed <i>ad hoc</i> .	AR-based educational games were highly rated by the participants.	Moderate
Henssen et al. (2019) The Netherlands	Medicine 1st year Anatomy N = 31 students	To investigate differences in the test score, cognitive load and motivation between the experimental group (AR-based teaching methodology) and the control group (non-AR teaching methodology)	Pre- and post-experience questionnaires with questions on neuroanatomy in control and AR group. MRT. Instructional Materials Motivation Survey (IMMS).	No significant differences in knowledge test scores between both groups were found. There were no significant differences in terms of cognitive load between both groups; although the cognitive load of the group that used AR was lower. There were no significant differences in the different dimensions of the IMMS.	Moderate
Nørgård et al. (2019) Denmark	Medicine Not indicated Anatomy N = 110 students	To examine the effectiveness of a teaching methodology with AR on short- and long-term learning compared to a methodology without AR.	Questionnaires before and after the experience with questions about Anatomy of the mediastinum. Adaptation of "Motivated Strategies Learning Questionnaire" (MSLQ).	There were no significant differences between the groups (control and experimental -AR group) in terms of motivation and test scores. The mean self-efficacy was significantly higher for the group with AR teaching methodology.	High
Khan et al. (2019) South Africa	Medicine Not indicated Anatomy N = 78 students	To measure the impact of the AR mobile application on motivation for learning in Health Sciences students.	Modified IMMS. Online open-question survey designed <i>ad hoc</i> .	The use of an AR mobile application increased students' motivation.	High

Table 2. Cont.

Author(s) & (Year) & Country	Academic Degree & Academic Year & Course & Sample Size	Aims	Measuring Instruments	Results	MMAT Rating
Bork et al. (2019) Germany	Medicine 1st year Anatomy N = 72 students	To quantitatively compare a teaching methodology with AR and a teaching methodology without AR for the learning of Human Anatomy.	Initial knowledge questionnaire. Final knowledge questionnaire with questions other than the initial questionnaire. MRT Survey designed by experts in medical education on perception with the teaching methodology used.	The group that used an AR teaching methodology (experimental group) obtained significantly better results. Results of the MRT were similar in both groups. The AR-based system is considered by students as a valuable addition to the study of Anatomy, increasing spatial understanding.	High
Barmaki et al. (2019) USA	Medicine 2nd year Anatomy N = 288 students	To assess the degree of engagement and retention of knowledge of students in a collaborative learning intervention based on AR.	Pre- and post- intervention knowledge questionnaire in control and AR group	The interactive AR system significantly improved retention of knowledge and increased the level of engagement	High
Cabero et al. (2018) Spain	Medicine 1st year Anatomy N = 50 students	To determine the degree of motivation and acceptance of AR in Medicine students and to evaluate the teaching materials.	IMMS for motivation analysis. The Technology Acceptance Model (TAM). Likert scale questionnaire developed ad hoc to evaluate teaching materials.	The interaction with the AR objects greatly increased motivation of the students. The students showed a high degree of acceptance of this technology. The teaching materials with AR were valued positively.	Moderate
Kügelmann et al. (2018) Germany	Medicine 1st year Anatomy N = 880 students	To find out if an educational intervention based on AR can be a valuable addition to the traditional methodology in the teaching-learning of Human Anatomy.	Anonymous and voluntary Likert-type scale questionnaire and open questions.	The educational intervention with AR obtained a positive evaluation of the students, increasing their motivation and considering it beneficial for learning.	High
Quaganti et al. (2017) United Kingdom	Nursing Clinical training. Not indicated N = 4 students	To assess how mobile AR enhances the self-regulation skills of Nursing students in a clinical training laboratory.	Questionnaire administered before and after the intervention.	The students were satisfied and declared that they enjoyed using mobile AR. Mobile AR increased their confidence and competence in learning basic clinical nursing skills.	Low
Hoang et al. (2017) USA	Physiotherapy Postgraduate Anatomy N = 9 students	To know how an immersive technology such as AR can improve the teaching-learning of Physiotherapy.	Questionnaire before and after the intervention. Informal conversations.	AR applied to the teaching-learning of Physiotherapy was valued positively in the analyzed spheres, highlighting satisfaction, fun and understanding of the Anatomy.	Moderate
Moro et al. (2017) Australia	Medicine Not indicated Anatomy N = 59 students	To analyze if AR is as effective as the use of tablets in learning the Anatomy	Likert-style questionnaire after the intervention.	There were no significant differences between the two methodologies, but the AR-based methodology provided benefits such as a greater degree of immersion and student participation.	High

Table 2. Cont.

Author(s) & Year & Country	Academic Degree & Academic Year & Course & Sample Size	Aims	Measuring Instruments	Results	MMAT Rating
Ferrer-Torregrosa et al. (2016) Spain	Medicine, Physiotherapy, Chiropody 1st year Anatomy N = 171 students	To assess if a teaching methodology based on AR provides a higher degree of learning than a teaching methodology based on videos and traditional notes when the student uses it through distance learning.	Questionnaire to collect the time dedicated to the experience. Assessment questionnaire on the knowledge acquired through autonomous learning. Closed and validated questionnaire to measure metacognitive variables (attention and motivation, autonomous learning and three-dimensional understanding) in relation to the use of teaching materials and expectations related to learning in the use of AR.	The group with AR teaching methodology devoted more study time to the educational intervention. AR helped students maintain attention and increased student motivation. Regarding the autonomous learning dimension, the evaluations made by the students who used AR were statistically higher than those of the rest of the groups. They considered that AR improved 3D understanding and that it was an ideal complement to the study of Anatomy. Regarding the expectations, a large majority considered that AR-based teaching methodology it is effective to study, that it increases motivation and interest and that their grades would improve if the teachers used it.	Moderate
Vaughn et al. (2016) USA	Nursing Not indicated Clinical training N = 12 students	To evaluate if RA increases the students' perception of realism in a clinical training laboratory.	Online survey based on the "Simulation Design Scale" (SDS) and the "Self-Confidence in Learning Scale" (SCL5).	Most students strongly endorsed that AR improves realism in a clinical simulation, contributes to autonomous problem solving, is motivating, and beneficial for a simulation-based learning environment.	High
Küçüç et al. (2016) Turkey	Medicine 2nd year Anatomy N = 70 students	To determine the effect of mobile AR on students' learning outcomes and cognitive load.	Pre and post academic performance test developed by experts. Cognitive Load Scale.	The experimental research group (Mobile AR) obtained a higher academic performance with a lower cognitive load.	High
Jamali et al. (2015) Australia	Medicine Not indicated Anatomy N = 30 students	To describe the process of developing a learning environment based on Mobile AR. To measure the changes in the knowledge, behavior and attitudes of the participants after using the mobile AR-based application.	Knowledge test before and after the intervention in control and experimental research group (AR group). Likert scale questionnaire on the functionality of the mobile application.	Mobile AR increased understanding of content, motivation in the learning process and improved student learning performance.	High

Table 2. Cont.

Author(s) & (Year) & Country	Academic Degree & Academic Year & Course & Sample Size	Aims	Measuring Instruments	Results	MMAT Rating
Aguirre et al. (2019) Chile	Speech Therapy Not indicated General Processes of Speech Therapy N = 61 students	To describe the perception of students regarding the contribution of AR to the acquisition of skills defined in the curriculum of the course.	Perception survey prepared ad hoc consisting of three dimensions: contributors to training, collaborative learning and motivation with AR.	Good evaluations were obtained in all three dimensions. AR encourages the development of curricular competencies.	High
Jorge et al. (2016) Portugal	Nursing 1st year Chronic wound care N = 54 students	To assess if AR improves the development of clinical decision-making skills in relation to the diagnosis and treatment of chronic wounds.	Knowledge tests before and after the intervention consisting of solving practical cases.	AR significantly improved the results of the students in the phase of "diagnosis of chronic wounds". In the "treatment" phase, no significant differences were found.	High

3. Results

3.1. Characteristics of the Studies

The current review included 19 studies. Most of them took place in USA ($n = 4$), followed by Spain ($n = 2$), Netherlands ($n = 2$), Germany ($n = 2$) or Australia ($n = 2$). The remaining studies were conducted in UK, Denmark, Portugal, South Africa, Turkey, Brazil and Chile. No study was performed in Asia. Quantitative studies ($n = 13$) included questionnaires and surveys, while mixed-method studies ($n = 6$) utilized questionnaires and interviews about opinions or participants feedback about the experience. Study designs included randomized trials ($n = 4$), non-randomized trials ($n = 4$), descriptive studies ($n = 5$) and mixed method studies ($n = 6$). Sample sizes ranged from 4 to 880 students (see Table 2).

The degree in which the most AR experiences were developed was Medicine ($n = 12$) followed by Nursing ($n = 3$). The subjects in which AR was predominantly implemented were Human Anatomy ($n = 12$) followed by practical classes or Clinical Simulations ($n = 3$). Most of the studies were carried out with first ($n = 7$) or second-year students ($n = 2$). See Table 2 for more details.

3.2. Convergent Synthesis of Studies

The findings from the studies ($n = 19$) were synthesized and collated into three main themes which were:

3.2.1. Technical and Pedagogical Usability of AR in Health Sciences Higher Education

- Technical usability involves techniques for ensuring a trouble-free interaction (readability and ease of use), and pedagogical usability aims to support the learning process; both terms should not be considered independently [22,23]. Taking this into account, contributions of AR in Health Sciences Higher Education in our review were diverse:
- In the development of skills oriented to decision-making and performance of practical procedures, especially in inexperienced individuals [24].
- In the creation of more realistic interactive learning spaces that promote and facilitate autonomous and collaborative learning, facilitating the acquisition of the skills provided in the study plans [11,12,25,26].
- In making learning more flexible, by allowing access to content at any time regardless of location [27].
- In the teaching-learning of human anatomy, since the three-dimensional vision provided by AR facilitates spatial understanding, and, therefore, the acquisition of knowledge [10].

Despite the numerous alternatives made possible by the use of AR as a didactic tool in Higher Education in Health Sciences, it is not implemented in a massive way [28]. Nevertheless, its application in this field has increased in the last few years due to the widespread use of mobile devices by students [6,11,25,29,30] as well as readability and ease of use.

Electronic Applications and Devices for the Creation and Visualization of Virtual Content

Most selected articles ($n = 13$) specified the software used to develop virtual content. The most used was *Unity* in combination with *Vuforia* ($n = 6$), showing advantages over others for its ease of use, its high graphic quality and that allows the creation of multiplatform applications. Applications such as *Metaio Creator* or *Aurasma* used by some authors [6,30] are currently no longer available. Others like *ViewAR* have an interface that allows inexperienced developers or developers with basic computer skills to create mobile AR applications. Few studies ($n = 2$) use AR mobile applications not developed specifically for their research, but instead were free applications, such as *Anatomy 4D*, that allowed students to interact with clipart images of the human body through mobile devices [29,30]. The application *Dynamic Anatomy*, available for *smartglasses* (Hololens), was developed expressly for the investigation of Bogomolova et al. (2020) and facilitates learning the dynamic anatomy of the ankle joint through its free access [31].

Table 3 shows the applications used, as well as the display devices and AR level. Among the electronic devices used to view virtual content, mobile devices (smartphones or tablets) were the most chosen to support the teaching-learning process ($n = 10$), followed by smartglasses ($n = 5$) and large monitors ($n = 3$). In one of the articles no data was indicated on the applications and devices used. Regarding AR levels, most articles ($n = 11$) used markerless technologies (image recognition).

Table 3. Applications, electronic devices and AR levels.

Authors (Year) [Reference]	Application Used to Develop AR Content	AR Display Devices	AR Level ¹
Jorge et al. (2016)	Autodesk 123D & ViewAR	Mobile devices	2
Jamali et al. (2015)	Unity [®] 3D, Vuforia [®] , & Human Anatomy in Mobile Augmented Reality (HuMAR)	Mobile devices	2
Küçük et al. (2016)	Axiom Neuro 1.0, Neuromatiq 1.0, Anatomy 4D & Aurasma	Mobile devices	2
Vaughn et al. (2016)	Not indicated	Smartglasses	3
Moro et al. (2017)	Unity [®] & Vuforia [®]	Mobile devices	2
Hoang et al. (2017)	Unity [®] 3D & Augmented Anatomy	Smartglasses	3
Quqandi et al. (2018)	Unity [®] , Vuforia [®]	Mobile devices	2
Kugelmann et al. (2018)	Not indicated	Screen	2
Cabero et al. (2018)	Layar, Metaio Creator, Metaio SDK, Augment & Aurasma	Mobile devices	2
Barmaki et al. (2019)	CMake, Open Graphics Library & Microsoft Kinect Software Development.	Screen	2
Bork et al. (2019)	Not indicated	Screen	2
Khan et al. (2019)	Anatomy 4D	Mobile devices	2
Nørgård et al. (2019)	Not indicated	Smartglasses	3
Henssen et al. (2019)	Unity [®] & Grey-Mapp.	Mobile devices	1
Borges et al. (2016)	ARToolKit.	Mobile devices	1
Rochlen et al. (2017)	Unity [®] Game Engine & Vuforia [®]	Smartglasses	3
Bogomolova et al. (2020)	Dynamic Anatomy	Smartglasses	3
Ferrer Torregrosa et al. (2016)	Not indicated	Mobile devices	2

¹ AR levels (Reinoso, 2013) [32]: level 0: Hyperlink to the physical world, based on QR codes. level 1: Marker-based AR, the most popular mode of AR. level 2: Markerless AR, based on image recognition or geolocation. level 3: Increased vision. Most advanced level of AR that allows a direct augmented visualization of the environment using smart glasses or contact lenses.

Measurement Instruments

Various data collection instruments were used in the articles included in this systematic review. These were administered before, after or before and after the AR experiences. The instruments measured different parameters, such as the perception of the students with the AR experience, the degree of motivation that AR generates in the students, the cognitive load used in the learning process or the degree of acceptance of AR-based technology.

Specifically, to measure the perception of students with the AR experience, Agudelo et al. (2019) administered an ad hoc survey to the students with three dimensions: implement-

tation and contributions to training, collaborative learning and motivation with the innovative methodology [25]. The validated questionnaire by Ferrer-Torregrosa et al. (2016) was based on metacognitive variables related to the use of materials and expectations in relation to learning in the use of AR. Both questionnaires use a 5 or 7-point Likert-type scale [33].

Student motivation is measured in more than 50% of the studies analyzed ($n = 10$). Various authors [6,29,34] used the “Instructional Material Motivational Survey” (IMMS). On the other hand, Nørgård et al. (2019) [35] measured self-efficacy and motivation with a selection of 12 questions through an adapted version of the Printritch instrument (1991) [36]; while Agudelo et al. (2019) used an ad hoc survey [25]. Since AR uses 3D objects, various studies evaluated the spatial visual abilities of the participants through the “Mental Rotation Test” (MRT) [31,34,37].

Other studies used various instruments to measure other aspects, such as the degree of acceptance of AR technology [6] or the cognitive load used in the teaching-learning process [30]. To measure knowledge, questionnaires validated by experts or pre-post ad hoc questionnaires were used [24,27,30,31,34,35,37,38].

3.2.2. Specific Psychopedagogical Outcomes of the Studies

Following the levels described in training programs evaluation, we present the outcome of the reviewed studies regarding the Motivational aspects and satisfaction with the experiences, the learning outcomes and the results of the programs in terms of benefits of AR training in Health Sciences.

Influence of AR on Motivational Aspects

Student motivation and involvement towards learning was analyzed in several studies ($n = 10$). In seven of them, students who experimented with AR showed a higher level of motivation compared to those who used other methodologies [6,25–27,29,33,39]. In two of them, no significant differences were found in student motivation towards learning [34,35]. According to Vaughn et al. (2016), increasing realism in clinical simulation environments increases motivation [26], thereby improving learning. Barmaki et al. (2019) concluded that their AR system facilitated active learning and improves the involvement of students in the training experience [38].

Only four studies addressed student satisfaction. Specifically, Medicine [29] and Physiotherapy [10] students showed great satisfaction when using an AR-based mobile application to study human anatomy. In the case of Khan et al. (2019) this satisfaction was higher than when the students used the traditional methodology based on notes [29]. This situation also occurred in Nursing students in a laboratory practice that increased simulation realism [11]. Medicine students’ satisfaction also improves by increasing the perception of realism of a clinical simulation through the use of AR, which could enhance understanding of the topic, motivation and student performance [27].

Learning Outcomes

(a) Academic performance

Several studies ($n = 6$) measured the academic performance previously and after the AR experience of the students to find out the influence of AR on learning outcomes. In five of them, students that used AR-based methodology obtained significantly higher scores on post-intervention knowledge tests [24,27,30,34,37,38]. Thus, these studies supported that AR experiences enhanced the long-term retention of knowledge about chronic wounds diagnosis [24], and human anatomy [27,31,37], including the musculoskeletal system [38] and neuroanatomy [34].

(b) Acquisition of clinical competencies

AR improved clinical decision-making skills in the treatment of chronic wounds in Nursing students [24]. In the same line, the research by Quqandi et al. (2018) concluded

that AR facilitates the learning of basic skills in clinical nursing practices [11], and Rochlen et al. (2017), showed that AR improved technical skills in the placement of a central venous catheter [12].

(c) Acquisition of cognitive skills

Agudelo et al. (2019) underlined the excellent assessment that Phonoaudiology students make on the use of a methodology based on AR, contributing to the construction of learning and collaborative work [25]. These results were in line with those obtained by Cabero et al. (2018) and Kugelmann et al. (2018), in which the students positively valued the use of AR as support for the teaching-learning of human anatomy, providing student-centered learning and facilitating three-dimensional understanding of human anatomy [6,39].

Only two studies measured the cognitive load used by students in the acquisition of knowledge [30,34]. In both, those groups that used AR as a teaching methodology experienced a lower cognitive load.

Regarding spatial visual skills, two articles showed that the stereoscopic effect provided by AR improves spatial understanding. This occurred especially in those students with low visual spatial capacity, making it a useful tool to facilitate the comprehension of anatomical structures [31,37].

Benefits of Engaging on AR Experiences

There are no studies that have focused on the benefits of training experiences using AR beyond the training programmes, that is, in the actual development of health sciences professionals. However, some studies allow us to infer the specific benefits of undertaking such experiences by comparing participants included in AR training programmes with control groups, that is, using other learning methodologies. In this sense, the use of AR in the teaching-learning processes has been pointed to provide multiple benefits, such as a higher performance in the diagnosis of chronic wounds [24], a more effective learning and a lower cognitive load in the study of neuroanatomy [30], higher scores in knowledge tests [27,33]. AR increases student engagement [28], self-confidence [35] and facilitates the three-dimensional understanding of the human anatomy [31,34,37,38]. On the contrary, Henssen et al. (2019) and Nørgard et al. (2019) did not find increased academic performance in the AR group respect to the control group [34,35].

3.2.3. Pros and Cons of Using AR in Health Science Education

The authors of the articles selected in this research detailed multiple advantages and disadvantages of AR as a teaching methodology. These aspects could be considered when planning how AR will be used as an element to support the teaching-learning process.

Among the pros can be highlighted that AR enhancement the real world because allows the incorporation of virtual objects into a real environment, which allows to enrich reality, not replace it [24]. Through this combination of real and virtual objects, learning environments can be created that promote student immersion in the teaching content and offer visualizations that would not otherwise be possible. This enables to increase the understanding of such invisible or difficult to visualize objects or phenomena in a real environment [29]. Its cost is low and the access is easy, AR teaching contents can be reproduced through mobile devices, allowing the use of this technology for educational purposes without an added cost, since both tablets and smartphones are electronic devices widely used by the educational community [28,30]. AR stimulates collaborative learning and self-learning [25,27,30,33] and facilitates learning and skills acquisition, regardless of user experience level [12]. AR also allows in-depth study of an anatomical structure by allowing the disassembly of its parts, offering a three-dimensional visualization with which the student can interact, for example, allowing its parts to be disassembled, in a virtual sense, and put back together. [6,28,31,34].

Regarding the cons, the difficulty in using and handling some devices can be underlined. Participants in the experience of Bogomolova et al. (2020), used smart glasses to

visualize the AR teaching content. They pointed out difficulties in adjusting the glasses, instability of the projected image and the need to keep the head still, among others [31]. Nørgård et al. (2019) also used smartglasses as a display device activated by gestures that had to be very precise, causing difficulties among the participants [35]. Likewise, Henssen et al. (2019) mentioned that AR did not allow tactile feedback in the study of brain anatomy [34]. In addition, the participants found difficulties in handling the materials necessary to visualize the contents, concluding that these difficulties in interaction negatively affected the learning process.

AR is a new technology little implemented in education and its incorporation as a teaching technology tool is recent, so research on this topic is novel but scarce [6]. In addition, ignorance about its use can cause difficulties in its handling by students [26]. The findings of Moro et al. (2017) showed adverse effects reported by students who used AR in a teaching intervention. The analyzed symptoms were classified into general (discomfort, fatigue, boredom, nausea or headache) and ocular (eye fatigue, blurred vision or double vision) [28].

Sometimes AR has a high cost of implementation. Bogomolova et al. (2020) used the highest level of AR, augmented vision, with smartglasses that provide stereoscopic 3D vision. They identified as a disadvantage the high cost of the development of the experience, which, on the other hand, facilitates the learning of students with low spatial visual skills, an improvement compared to other cheaper AR levels (for example, mobile devices that allow monoscopic vision) [31]. In addition, a lack of content developers was found. One of the main obstacles to the integration of AR technology in classrooms is the development of 3D multimedia content. This technology is still under-utilized because there are not enough experts available to generate AR-based interactive teaching materials [30].

4. Discussion

The aims of the study were to identify and summarize the AR interventions used in higher education in health sciences, the impact of AR on educational outcomes and skills, as well as the main advantages, disadvantages, and challenges during the teaching-learning process.

The use of AR in health sciences degrees has increased in the last few years. This has been largely due to the massive use of mobile electronic devices by students, which greatly facilitates the implementation of this educational tool in the classroom [28,30,40]. In 52.6% ($n = 10$) of the articles included in this systematic review, smartphones or tablets were mostly used to interact with AR content. Despite the boom experienced in recent years, the use of AR as an innovative technological educational tool is still quite limited, despite the great advantages that have been found. This is mainly due to the reluctance of teachers, the lack of training and means to generate 3D content. Perhaps this is due to the scarcity of research that demonstrates the efficacy and effectiveness of this technology, since most of the studies analyzed have a small sample size in a single institution, which makes it difficult for the data to be generalizable.

Most of the research included in this review on the usefulness of AR was developed in the field of Anatomy ($n = 13$). Evidence shows that the curricular competences of this course are clearly favored by AR, especially in students with low visual spatial abilities [31,37]. This is so because allows the visualization of different anatomical structures in 3D as well as the same structure from multiple perspectives [6,28,34]. This is in line with research carried out in other fields, such as Fine Arts or Geography, where AR facilitates the understanding of 3D space and improves students' spatial orientation skills [41]. It can also be extended to Chemistry or Biology, where 3D models are used for learning [42].

In relation to motivational aspects, they have been extensively studied in selected articles. Of the total number of articles that evaluate motivation and involvement ($n = 10$), in most of them ($n = 8$) AR significantly increased both. In very few ($n = 2$), no significant differences were found associated to the use of an AR-based teaching methodology. In the case of Henssen et al. (2019) these findings could be due to the fact that AR is compared

with the use of cadaveric material, which is considered the gold standard in the study of anatomy [34]. Therefore, we agree with other authors that motivation plays a determining role in the learning process [43,44]. Likewise, the findings of our review agree with the results of other authors in various fields and educational levels, such as Engineering, Education Sciences or Arts, where AR has been extremely useful to increase the motivation of students towards learning [4,45–48].

Likewise, from the analysis of 19 studies, various aspects emerged that we synthesize as follows. It allows the development of technical skills and clinical decision-making, regardless of the level of training of individuals. Therefore, AR constitutes a useful tool in the teaching-learning process of individuals with a heterogeneous level of knowledge [11,12,24,40]. It makes simulation environments more realistic, generating new interactive learning spaces that facilitate autonomous and collaborative learning. Thus, this technology promotes more flexible learning, since AR mobile applications allow access to information anywhere and at any time [6,12,25–27,33]. It improves spatial understanding, especially in those students with low visual spatial ability [31,37,39]. Also, it improves student motivation and satisfaction, enhancing learning outcomes while reducing cognitive load [6,10,24–27,29,30,33,34,39].

Due to all the foregoing, we can state that we are at the birth of the educational use of AR. At the same time, its great potential as a teaching instrument stands out, since it offers numerous advantages compared to few limitations in the teaching-learning processes.

4.1. Relevance to Clinical and Teaching-Learning Practice

The articles included in this review highlight the usefulness of RA in various teaching areas of clinical practice in Higher Education in Health Sciences. Rochlen et al. (2017) report on the usefulness of this technology to improve the skills of students and professionals in the performance of a medical technique consisting of the canalization of a central venous catheter [12]. It was also useful to improve decision-making in relation to the diagnosis and treatment of chronic wounds [24], to develop skills for home visits [40], to increase the confidence and competence of Nursing students in learning basic clinical skills in the field of clinical training [11], or to increase realism in a clinical simulation environment where students provide nursing care to a manikin [26].

This review provides information on the most used applications for the use of AR, which might help with decision-making and instructional planning in Health Sciences. Even though there are different AR software, some of them are no longer available. This short obsolescence could difficult a long-term use and contribute to teaching overload when having to redesign the didactic materials in a new application.

4.2. Strengths and Limitations

The use of AR has increased in the last decade. This systematic review has been done through a multidisciplinary search strategy in three languages, synthesizing and interpreting the findings of the last few years. Thus, it provides information for future research and implementation of educational innovation.

Regarding limitations, the most frequent was the small sample size, which requires caution when interpreting the results and drawing conclusions. In addition, negative results may have been missed due to publication bias. Therefore, more studies are needed to address this issue with more representative and multicenter samples. In this way, it could be studied in greater depth to what extent AR modifies academic performance in different educational contexts at the international level. In the same sense, no studies have tried to contrast the long-term effects in participants' professional performance or benefits for healthcare units/patients. Due to the nature of this review (pedagogical outcomes) no prior protocol was recorded. More research with standardized instruments and protocols are necessary to perform meta-analysis. Considering the heterogeneity regarding methodologies of the studies, a meta-analysis could not be performed.

5. Conclusions

According to this systematic review, AR used as an educational technological tool in university studies in Health Sciences improves the teaching-learning process by influencing it in a multidimensional way.

The use of AR in higher education in the field of Health Sciences reduces the cognitive load and increases the motivation and satisfaction of the students. Its use as a learning support tool also improves spatial understanding and promotes autonomous learning, in line with the guidelines of the European Higher Education Area. Given that AR provides clinical simulation environments with greater realism, we can conclude that the use of this technology in Health Sciences is especially useful in those courses with a large component of 3D vision during the teaching-learning process. However, guidance on how to make effective use of AR and more developers that support the teaching process are needed, together with the promotion of its use through, for example, competitive projects or awareness of higher education institutions towards this technology.

Thanks to the massive use of smartphones among the university community and the free availability of some applications, the teaching use of this technology is being democratized with multiple advantages in the teaching-learning processes.

Supplementary Materials: The following are available online at <https://www.mdpi.com/article/10.3390/ijerph18084262/s1>, Table S1: PRISMA 2009 checklist, Table S2: Quality appraisal of quantitative descriptive studies, Table S3: Quality appraisal of quantitative studies (non-randomized: case-control studies), Table S4: Quality appraisal of quantitative studies (randomized controlled trials), Table S5: Quality appraisal of mixed methods studies.

Author Contributions: All authors contributed substantially to conception and design, acquisition of data, or analysis, interpretation, and representation of data, as well as quality appraisal. C.R.-A. and A.-E.M.-S. drafted the article and J.-d.-C.F.-d.-l.-I. and R.R.-G. revised it critically and edited for important intellectual content. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: Not applicable.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Esteve, F. Bologna y las TIC: De la docencia 1.0 al aprendizaje 2.0. *Cuest. Univ.* **2016**, *5*, 58–67.
- Chuang, Y.H.; Lai, F.C.; Chang, C.C.; Wan, H.T. Effects of a skill demonstration video delivered by smartphone on facilitating nursing students' skill competencies and self-confidence: A randomized controlled trial study. *Nurse Educ. Today* **2018**, *66*, 63–68. [[CrossRef](#)]
- Wu, K.; Lee, Y.; Chang, Y.; Liang, C. Current Status, Opportunities and Challenges of Augmented Reality in Education. *Comput. Educ.* **2013**, *62*, 41–49. [[CrossRef](#)]
- Di Serio, A.; Ibáñez, M.B.; Delgado, C. Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Comput. Educ.* **2013**, *68*, 586–596. [[CrossRef](#)]
- Akçayir, M.; Akçayir, G. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educ. Res. Rev.* **2017**, *20*, 1–11. [[CrossRef](#)]
- Cabero Almenara, J.; Barroso Osuna, J.; Puentes Puente, Á.; Cruz Pichardo, I. Augmented Reality to increase training in the teaching of Medicine. *Educ. Méd. Super.* **2018**, *32*, 56–69.
- Blázquez, A. Realidad Aumentada en Educación. In *Gabinete de Tele-Educación (GATE)*; Universidad Politécnica Madrid: Madrid, Spain, 2017; Available online: http://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada_Educacion.pdf (accessed on 5 April 2020).
- Cabero Almenara, J.; Barroso Osuna, J. The educational possibilities of Augmented Reality. *J. New Approaches Educ. Res.* **2016**, *5*, 46–52.
- Zhu, E.; Hadadgar, A.; Masiello, I.; Zary, N. Augmented reality in healthcare education: An integrative review. *PeerJ* **2014**, *2*, e469. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

10. Hoang, T.; Reinoso, M.; Joukhadar, Z.; Vetere, F.; Kelly, D. Augmented Studio: Projection Mapping on Moving Body for Physiotherapy Education. In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Denver, CO, USA, 6–11 May 2017.
11. Quqandi, E.; Joy, M.; Rushton, M.; Drumm, I. Mobile Augmented Reality in Nursing Educational Environments. In Proceedings of the 2018 10th Computer Science and Electronic Engineering (CEECE), Colchester, UK, 19–21 September 2018; IEEE: Piscataway Township, NJ, USA; pp. 266–269.
12. Rochlen, L.R.; Levine, R.; Tait, A.R. First person point of view augmented reality for central line insertion training: A usability and feasibility study. *Simul. Healthc. J. Soc. Simul. Healthc.* **2017**, *12*, 57. [CrossRef] [PubMed]
13. Hong, Q.N.; Pluye, P.; Bujold, M.; Wassef, M. Convergent and sequential synthesis designs: Implications for conducting and reporting systematic reviews of qualitative and quantitative evidence. *Syst. Rev.* **2017**, *6*, 61. [CrossRef] [PubMed]
14. Moher, D.; Shamseer, L.; Clarke, M.; Ghersi, D.; Liberati, A.; Petticrew, M.; Shekelle, P.; Stewart, L.A. Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst. Rev.* **2015**, *4*, 1–9. [CrossRef]
15. Liberati, A.; Altman, D.G.; Tetzlaff, J.; Mulrow, C.; Gotzsche, P.C.; Ioannidis, J.P.; Clarke, M.; Devereaux, P.J.; Kleijnen, J.; Moher, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *J. Clin. Epidemiol.* **2009**, *62*, 1–34. [CrossRef]
16. Johnson, L.; Smith, H.; Willis, H.; Levine, A.; Haywood, K. *The 2011 Horizon Report; The New Media Consortium*: Austin, TX, USA, 2011; Available online: <https://library.educause.edu/-/media/files/library/2011/2/hr2011-pdf.pdf> (accessed on 7 March 2020).
17. Moher, D.; Liberati, A.; Tetzlaff, J.; Altman, D.G. The PRISMA Group 2009 Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* **2009**, *6*, e1000097. [CrossRef] [PubMed]
18. Noyes, J.; Booth, A.; Moore, G.; Fleming, K.; Tunçalp, Ö.; Shakibazadeh, E. Synthesising quantitative and qualitative evidence to inform guidelines on complex interventions: Clarifying the purposes, designs and outlining some methods. *BMJ Glob. Health* **2019**, *4*, e000893. [CrossRef]
19. Souto, R.Q.; Khanasov, V.; Hong, Q.N.; Bush, P.L.; Vedel, I.; Pluye, P. Systematic mixed studies reviews: Updating results on the reliability and efficiency of the mixed methods appraisal tool. *Int. J. Nurs. Stud.* **2015**, *52*, 500–501. [CrossRef] [PubMed]
20. Crowe, M.; Sheppard, L. A review of critical appraisal tools show they lack rigor: Alternative tool structure is proposed. *J. Clin. Epidemiol.* **2011**, *64*, 79–89. [CrossRef]
21. Hong, Q.N.; Pluye, P.; Fábregues, S.; Bartlett, G.; Boardman, F.; Cargo, M.; Dagenais, P.; Gagnon, M.-P.; Griffiths, F.; Nicolau, B.; et al. *Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT), Versión 2018*; Canadian Intellectual Property Office: Gatineau, QC, Canada, 2018.
22. Hadjerrouit, S. Investigating technical and pedagogical usability issues of collaborative learning with wikis. *Inform. Educ.* **2012**, *11*, 45–64. [CrossRef]
23. Tawfik, A.A.; Gatewood, J.; Gish-Lieberman, J.J.; Hampton, A.J. Toward a Definition of Learning Experience Design. *Technol. Knowl. Learn.* **2021**. [CrossRef]
24. Jorge, N.; Morgado, L.; Gaspar, P. Augmented Learning Environment for Wound Care Simulation. In Proceedings of the 2016 Annual Conference on European Distance and E-Learning Network, Budapest, Hungary, 14–17 June 2016; pp. 256–264.
25. Agudelo Vizcaino, M.F.; González Campos, J.A. Augmented Reality for the Learning of Phonoaudiology Students from University of Playa Ancha. *Educ. Méd. Super.* **2019**, *33*, 1–6.
26. Vaughn, J.; Lister, M.; Shaw, R.J. Piloting augmented reality technology to enhance realism in clinical simulation. *CIN Comput. Inform. Nurs.* **2016**, *34*, 402–405. [CrossRef]
27. Jamali, S.S.; Shiratuddin, M.F.; Wong, K.W.; Oskam, C.L. Utilising mobile-augmented reality for learning human anatomy. *Procedia Soc. Behav. Sci.* **2015**, *197*, 659–668. [CrossRef]
28. Moro, C.; Stromberga, Z.; Raikos, A.; Stirling, A. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anat. Sci. Educ.* **2017**, *10*, 549–559. [CrossRef]
29. Khan, T.; Johnston, K.; Ophoff, J. The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Adv. Hum. Comput. Interact.* **2019**. [CrossRef]
30. Küçük, S.; Kapakin, S.; Göktaş, Y. Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. *Anat. Sci. Educ.* **2016**, *9*, 411–421. [CrossRef]
31. Bogomolova, K.; van der Ham, I.J.; Dankbaar, M.E.; van den Broek, W.W.; Hovius, S.E.; van der Hage, J.A.; Hierck, B.P. The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy and the modifying effect of visual-spatial abilities: A double-center randomized controlled trial. *Anat. Sci. Educ.* **2020**, *13*, 558–567. [CrossRef]
32. Reinoso, R. Introducción a la Realidad Aumentada. Available online: <http://www.educa.jcy.es/crol/es/repositorio-global/introduccion-realidad-aumentada-37162.ficheros/511255-3711.pdf> (accessed on 11 April 2020).
33. Ferrer-Torregrosa, J.; Jiménez-Rodríguez, M.A.; Torralba-Estelles, J.; Garzón-Farinós, F.; Pérez-Bermejo, M.; Fernández-Ehrling, N. Distance learning ects and flipped classroom in the anatomy learning: Comparative study of the use of augmented reality, video and notes. *BMC Med. Educ.* **2016**, *16*, 230. [CrossRef]
34. Henssen, D.J.; van den Heuvel, L.; De Jong, G.; Vorstenbosch, M.A.; van Cappellen van Walsum, A.-M.; Van den Hurk, M.M.; Kooloos, J.G.; Bartels, R.H. Neuroanatomy Learning: Augmented Reality vs. Cross-Sections. *Anat. Sci. Educ.* **2019**, *13*, 353–365. [CrossRef] [PubMed]
35. Nørgard, C.; O'Neill, L.D.; Chemnitz, J.; Majgaard, G. Learning Anatomy with Augmented Reality: Learning design and app design for optimal learning. *Læring Medier* **2019**, *12*. [CrossRef]

36. Pintritch, P.R. *A Manual for the Use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*; Office of Educational Research and Improvement (ED): Washington, DC, USA, 1991.
37. Bork, F.; Stratmann, L.; Enssle, S.; Eck, U.; Navab, N.; Waschke, J.; Kugelmann, D. The Benefits of an Augmented Reality Magic Mirror System for Integrated Radiology Teaching in Gross Anatomy. *Anat. Sci. Educ.* **2019**, *12*, 585–598. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
38. Barmaki, R.; Yu, K.; Pearlman, R.; Shingles, R.; Bork, F.; Osgood, G.M.; Navab, N. Enhancement of Anatomical Education Using Augmented Reality: An Empirical Study of Body Painting. *Anat. Sci. Educ.* **2019**, *12*, 599–609. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
39. Kugelmann, D.; Stratmann, L.; Nühlen, N.; Bork, F.; Hoffmann, S.; Samarbarksh, G.; Pferschy, A.; von der Heide, A.M.; Eimannsberger, A.; Fallavollita, P.; et al. An augmented reality magic mirror as additive teaching device for gross anatomy. *Ann. Anat. Anat. Anz.* **2018**, *215*, 71–77. [[CrossRef](#)]
40. Borges, F.R.; da Costa, L.C.S.; Avelino, C.C.V.; de Freitas, L.A.; Kirner, C.; Goyata, S.L.T. Evaluation of an educational technology using augmented reality for home visiting teaching. *Enferm. Uerj* **2019**, *27*, e37485. [[CrossRef](#)]
41. Carbonell Carrera, C.; Bermejo Asensio, L.A. Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *J. Geogr. High. Educ.* **2017**, *41*, 119–133. [[CrossRef](#)]
42. De la Torre Cantero, J.; Martín-Dorta, N.; Pérez, J.L.S.; Carrera, C.C.; González, M.C. Ubiquitous Learning Environment with Augmented Reality and Tablets to Stimulate Comprehension of the Tridimensional Space. *Rev. Educ. Distancia* **2013**, *13*, 37–54.
43. Covington, M.V. Goal theory, motivation, and school achievement: An integrative review. *Annu. Rev. Psychol.* **2000**, *51*, 171–200. [[CrossRef](#)]
44. Álvarez, B.Á.; Mieres, C.G.; Rodríguez, N.G. Motivation and evaluation methods as decisive variables to encourage autonomous learning. *Rev. Docencia Univ.* **2007**, *5*, 5–18.
45. Chang, K.-E.; Chang, C.-T.; Hou, H.-T.; Sung, Y.-T.; Chao, H.-L.; Lee, C.-M. Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum. *Comput. Educ.* **2014**, *71*, 185–197. [[CrossRef](#)]
46. Gallego, O.M.; Barroso, J.; Marin, V. Analysis of the motivation of university students as producers of educational resources using Augmented Reality. *Rev. Espac.* **2018**, *39*, 8–50.
47. Gutiérrez, J.M.; Fernández, M.D.M. Applying augmented reality in engineering education to improve academic performance & student motivation. *Int. J. Eng. Educ.* **2014**, *30*, 625–635.
48. Liu, T.-Y.; Chu, Y.-L. Using ubiquitous games in an English listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation. *Comput. Educ.* **2010**, *55*, 630–643. [[CrossRef](#)]

5.2. ARTÍCULO 2. *EFFECTIVENESS OF AUGMENTED REALITY IN LEARNING ABOUT LEG ULCER CARE: A QUASI-EXPERIMENTAL STUDY IN NURSING STUDENTS.*

5.2.1. Evidencias de calidad.

El artículo se publicó en la revista *Nurse Education Today* indexada en el JCR con un factor de impacto de 3,9 en su año de publicación (2022).

Actualmente, la revista se encuentra en el primer decil de todas las categorías JCR en las que está presente:

- *Nursing SSCI 10/123*
- *Nursing SCIE 10/125*
- *Education, Scientific Disciplines (SCIE) 9/42*

5.2.2. Cita completa del manuscrito

Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Martínez-Santos, A. E., & Fernández-de-la-Iglesia, J. C. (2022). Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students. *Nurse Education Today*, 119, 105565. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105565>

5.2.3. Contribuciones a la publicación

Participación en la concepción y desarrollo de la investigación. Elaboración de los diferentes materiales docentes empleados en la experiencia educativa. Búsqueda y selección de las plataformas de RA

empleadas. Implementación de contenidos digitales en la plataforma de RA. Se participó en la recogida de datos y en la revisión de bases de datos. Liderazgo en la redacción del manuscrito.

5.2.4. Citas obtenidas hasta enero de 2024

- Yeung, M. M. Y., Chan, E. A., Wong, M. M. Y., & Mok, A. L. F. (2023). Teaching and learning strategies foster the development of autonomous learning and its interrelated factors in prelicensure nursing education: A scoping review. *Teaching and Learning in Nursing*. <https://doi.org/10.1016/j.teln.2023.11.012>
- Dicheva, N. K., Rehman, I. U., Husamaldin, L., & Aleshaiker, S. (2023, September). Improving Nursing Educational Practices and Professional Development through Smart Education in Smart Cities: A Systematic Literature Review. In *2023 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)* (pp. 1-7). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISC257844.2023.10293413>
- Rodríguez-Abad, C., Martínez-Santos, A. E., & Rodríguez-González, R. (2023). Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies. *Nurse Education in Practice*, 71, 103715. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103715>
- Dicheva, N. K., Rehman, I. U., Anwar, A., Nasralla, M. M., Husamaldin, L., & Aleshaiker, S. (2023). Digital Transformation in Nursing Education: A Systematic Review on Computer-Aided Nursing Education Pedagogies, Recent Advancements and Outlook on the Post-COVID-19 Era. *IEEE Access*, 11, 135659-135695 <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3337669>

- Méndez, L. P. G. (2024). Inteligencia artificial y realidad aumentada: herramienta coadyuvante a disminuir el sesgo entre realidad y la simulación en las prácticas de enfermería. Revisión sistemática: Inteligencia artificial y realidad aumentada: herramienta coadyuvante a disminuir el sesgo entre realidad y la simulación en las prácticas de enfermería. Revisión sistemática. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 4(1), 55-76. <https://doi.org/10.51660/ripie.v4i1.150>

5.2.5. Resumen y palabras clave

Antecedentes

Las heridas crónicas son un grave problema de salud pública en todo el mundo. Proporcionar un tratamiento óptimo a los pacientes que sufren úlceras en las piernas es una prioridad para la enfermería. Por lo tanto, los estudiantes de enfermería necesitan adquirir las competencias necesarias para proporcionar cuidados basados en la evidencia. La realidad aumentada (RA) es una tecnología emergente en la enseñanza de las Ciencias de la Salud que puede ayudar a los estudiantes de enfermería a conseguir estas competencias si es promovida tanto por las instituciones como por los pedagogos.

Objetivos

Comprobar la eficacia de una metodología basada en RA para aspectos de enseñanza-aprendizaje del plan de estudios de enfermería (cuidados de úlceras de pierna), así como describir cómo la RA influye en diferentes determinantes del aprendizaje de los estudiantes de enfermería.

Diseño

Se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental.

Los participantes en el estudio fueron 137 estudiantes de segundo curso de enfermería de la facultad de Enfermería de la USC (España) (edad media = 21,59 años, 80,29 % mujeres). De ellos, 65 formaban el grupo control (enseñanza no basada en RA) y 72 el grupo experimental (enseñanza basada en RA).

Métodos

Se utilizaron pruebas pre-post para medir los conocimientos y habilidades sobre el cuidado de las úlceras de pierna en ambos grupos. Además, se seleccionaron dos cuestionarios validados para identificar la influencia de la RA en los determinantes del aprendizaje en el grupo experimental. El estudio tuvo lugar durante el curso académico 2018/2019.

Resultados

Se encontraron puntuaciones significativamente más altas (7,68 frente a 6,14) en el post-test de conocimientos en el grupo experimental ($p \leq 0,001$), mientras que el pre-test no mostró diferencias entre grupos (4,43 frente a 4,32). Asimismo, los estudiantes de enfermería indicaron puntuaciones altas en atención, aprendizaje autónomo, comprensión y motivación para llevar a cabo los objetivos de aprendizaje utilizando RA.

Conclusiones

La RA es una herramienta que mejora el rendimiento relacionado con los aspectos específicos del currículo académico de enfermería (cuidados de

la úlcera de pierna), a la vez que fomenta actitudes positivas hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de incluir metodologías innovadoras en las aulas de enfermería.

Palabras clave: *Students; Nursing; Information technology; Augmented reality; Nursing education.*



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Nurse Education Today

journal homepage: www.elsevier.com/locate/needt

Research article

Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students

Carlos Rodríguez-Abad ^{a,1}, Raquel Rodríguez-González ^{a,1}, Alba-Elena Martínez-Santos ^{a,b,c}, Josefa-del-Carmen Fernández-de-la-Iglesia ^{d,*}

^a University of Santiago de Compostela, Faculty of Nursing, Department of Psychiatry, Radiology, Public Health, Nursing and Medicine, Santiago de Compostela, Spain

^b DIPO Research Group, Galicia Sur Health Research Institute (IIS Galicia Sur), SERGAS-UVIGO, Spain

^c Dermatology Department, Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra, Pontevedra, Spain

^d University of Santiago de Compostela, Faculty of Education Sciences, Department of Pedagogy and Didactics, Santiago de Compostela, Spain



ARTICLE INFO

Keywords:
Students
Nursing
Information technology
Augmented reality
Nursing education

ABSTRACT

Background: Chronic wounds are a serious public health problem worldwide. Providing optimal treatment to patients suffering from leg ulcers is a priority for nursing. Therefore, nursing students need to acquire the necessary competencies to provide evidence-based care. Augmented Reality (AR) is an emerging technology in health science education which can help nursing students achieve these skills if it is promoted by both institutions and educationalists.

Objectives: To test the effectiveness of an AR-based methodology for teaching-learning aspects of the nursing curriculum (leg ulcer care), as well as to describe how AR influences different learning determinants of nursing students.

Design: A quasi-experimental study was carried out.

Participants/settings: The participants of the study were 137 s-year nursing students from the School of Nursing of the University of Santiago de Compostela (Spain) (average age = 21.59 years, 80.29 % females). Of them, 65 comprised the control group (Non-AR-based teaching) and 72 comprised the experimental group (AR-based teaching).

Methods: Pre-post tests were used to measure knowledge and skills about leg ulcer care in both groups. Additionally, two validated questionnaires were selected to identify the influence of AR on learning determinants in the experimental group. The study took place during the 2018/2019 academic year.

Results: Significantly higher scores (7.68 vs. 6.14) were found in the knowledge post-test in the experimental group ($p \leq 0.001$), while the pre-test did not show differences between groups (4.43 vs. 4.32). Also, nursing students indicated high scores in attention, autonomous learning, understanding and motivation to carry out learning objectives using AR.

Conclusions: AR is a tool that improves performance related to the specific aspects of the nursing academic curriculum (leg ulcer care), while encouraging positive attitudes towards the teaching-learning process. These findings reinforce the need to include innovative methodologies in nursing classrooms.

1. Introduction

Chronic wounds are a serious and highly prevalent public health problem worldwide, with leg ulcers being the most common example (Martinengo et al., 2019). These ulcers cause high morbidity and affect the physical, mental and social spheres of the individual, decreasing

quality of life and generating high costs for health systems (Gethin et al., 2020; González de la Torre et al., 2017). This situation requires special attention since it is estimated that the appearance of leg ulcers will continue on an upward trend in the coming decades associated with the increase in life expectancy and the quality of health care (Franks et al., 2016; Gethin et al., 2020).

* Corresponding author at: University of Santiago de Compostela, Faculty of Education Sciences, Xosé María Suárez Núñez s/n, Campus Sur, 15782 Santiago de Compostela, Spain.

E-mail address: c.delaiglesia@usc.es (J.-d.-C. Fernández-de-la-Iglesia).

¹ These authors contributed equally to this work and are co-first authors.

<https://doi.org/10.1016/j.needt.2022.105565>

Received 24 March 2022; Received in revised form 30 August 2022; Accepted 14 September 2022

Available online 17 September 2022

0260-6917/© 2022 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

It is clear that the provision of inappropriate care or management could seriously harm both the patient and the health system (Redmond et al., 2020). Nurses, due to their role and competences, must be trained in the management of leg ulcers, including diagnosis, prevention, and treatment (Wang et al., 2018). Therefore, it is essential to acquire the appropriate knowledge and skills to care for this type of wound, and this should begin during undergraduate training (Redmond et al., 2020). It is the responsibility of nurse educationalists to enable students' acquisition of competencies to deal with leg ulcers. To this end, innovative learning strategies are useful (Redmond et al., 2018). Information and communication technologies (ICT) have been increasingly used in teaching in recent years, and augmented reality (AR) is becoming especially popular among educationalists (Alexander et al., 2019).

2. Background

AR is an emerging technology that is beginning to be used in health science education due to its advantages in the teaching-learning process (Rodríguez-Abad et al., 2021). Thus, nursing science is a very interesting area for application (Ingrassia et al., 2020; Wüller et al., 2019). AR is a variation of virtual reality that enriches the real world with digital content in real time through different technological media such as smartphones, tablets or smartglasses (Mendez et al., 2020). In this way, unlike virtual reality, AR does not replace reality, but rather integrates it into the virtual experience (Mendez et al., 2020).

To use AR in the educational environment, four resources are necessary. 1) An electronic device with a camera. 2) Software capable of integrating virtual content into the real world. 3) A "trigger" that can run AR content, which is often a QR code but can also be an image or object. 4) A server to store the virtual information you want to project in the real world (Blázquez, 2017).

As a didactic tool, AR improves the teaching-learning process since it promotes active learning centered on the student (Küçük et al., 2016), enables the acquisition of competences (Rochlen et al., 2017) and increases realism in simulation rooms (Vaughn et al., 2016). It can also be implemented in the classroom without any additional costs, as it is possible to interact with digital content through widely used mobile devices (Rodríguez-Abad et al., 2021). Recent studies confirm the positive influence of an AR-based teaching methodology on the academic performance of students or the achievement of teaching objectives (Bork et al., 2019; Henssen et al., 2020; Jamali et al., 2015). Likewise, numerous technical and pedagogical advantages have been found in a recent systematic review, such as autonomous learning or understanding, which facilitate the acquisition of knowledge and skills (Rodríguez-Abad et al., 2021). Regarding motivation, recent investigations prove that this methodology increases the degree of this characteristic of learning (Khan et al., 2019; Kugelmann et al., 2018). This last feature is particularly relevant since increasing students' motivation is currently a great challenge for educationalists (Díaz-Agea et al., 2021); and is also decisive in the academic performance of health sciences students (Wu et al., 2020).

Despite this technology's great potential and its growing use in health science education in recent years (Rodríguez-Abad et al., 2021), experiences with AR are still limited. This is due to the many challenges that it means for teachers and institutions to develop AR (Mendez et al., 2020), hence the need for more research (Moro et al., 2021; Rochlen et al., 2017). Furthermore, there are few studies that focus on the different elements of the teaching-learning process of specific nursing areas. It is therefore necessary to provide a specific insight into this scientific field (Wüller et al., 2019).

This study therefore contributes to addressing the gap in the literature regarding specific aspects of the impact of AR on the learning experience in nursing education. Consequently, the objectives were: (1) to test the effectiveness of an AR-based methodology for teaching-learning aspects of the nursing curriculum (leg ulcer care) compared to a traditional teaching method, and (2) to describe the influence of

using AR on the attention, autonomous learning, understanding and motivation of nursing students.

3. Methods

3.1. Design and participants

A quasi-experimental study design was carried out in the School of Nursing at the University of Santiago de Compostela (North-west Spain). To ensure adequate and clear data reporting, the Transparent Reporting of Evaluations with Nonrandomized Designs (TREND) Statement was used (Des Jarlais et al., 2004).

The study was performed during the 2018/2019 academic year. Eligible participants were undergraduate nursing students² who complied with the following criteria: (1) They had to be enrolled in the "Clinical Nursing I" course which is taken in the second year (third and fourth semesters) and (2) They had to provide previous informed consent. Participants were recruited among the students of the course in which the researchers were involved, so no sampling procedure was utilized.

No participant declined to be enrolled. Of the total, 53 % ($n = 72$) comprised the experimental group (AR-based teaching methods) and 47 % ($n = 65$) made up the control group (Non-AR-based traditional teaching methods). Both groups were randomly selected among class groups previously established by the School. All participants completed the lesson and associated study.

Subsequently, we found no significant differences between these groups based on gender distribution and average grade of the student record.

3.2. The AR project

The AR experience was conducted during a 3-h interactive session (practical) structured in four learning stations. Each group was divided into work teams of 5 students and spent 40 min at each station. The last 20 min were used to students to actively participate by answering questions and giving feedback about the session with the nurse educationalists. Students of the experimental group carried out the AR experience (HP Reveal® and Aumentaty Creator®) using their own electronic devices (smartphones or tablets) while the control group used traditional notes:

- Station 1: "Introduction to leg ulcers" consisted of the nurse educationalists' notes about leg ulcer care. The control group obtained this information on paper (traditional notes) while the experimental group accessed the digital content through QR codes that served as a link to the multimedia presentations stored in the institution's cloud.
- Station 2: "Ankle brachial index" consisted of performing this diagnostic test on one of the members of the work team. To perform the test and interpret the information, the control group had traditional notes, while the experimental group accessed multimedia content and infographics through QR codes.
- Station 3: "Dressings" consisted of a presentation of the main products used in moist wound healing for the prevention and treatment of leg ulcers. The control group had the printed version of the wound dressings catalogue which is available in the regional health system. In addition, they also had a multimedia presentation by the nurse educationalist. In the case of the experimental group, they had real wound dressings which acted as AR triggers (Fig. 1) that led to associated digital content (multimedia presentations, images, videos, animations, and 3D models made on free AR platforms).
- Station 4: "Lower limb compression therapy" where the students learned how to make an adequate compression bandage for each case

² This Nursing degree is framed within the European Higher Education Area: <http://www.ehea.info/>.

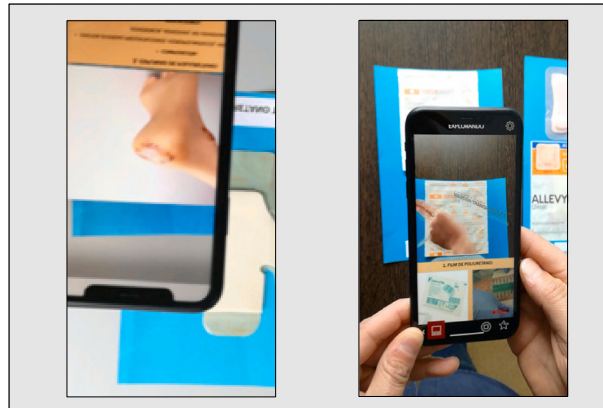


Fig. 1. Screenshots showing digital content through Augmented Reality.

given to them by the nurse educationalist. For this, the students in the control group used traditional notes and images, while the experimental group accessed AR content through different triggers such as a compression bandage.

3.3. Evaluative tools

To achieve the proposed objectives different evaluative tools were distributed during the interactive class, and each took around 10 min to complete. Fig. 2 shows a diagram of the instruments used in each group. The tools and how they were distributed are explained below.

- Ad hoc knowledge and skills test on nursing care about leg ulcers. This consisted of 10 multiple choice questions, each one could be assessed with a 0 (incorrect answer) or a with a 1 (correct answer). Therefore, the participants could obtain a score from 0 to 10 points in this test. This assessment tool was evaluated and agreed upon by a group of 5 experts in chronic wounds and 2 experts in pedagogy. In addition, a pilot test was carried out with third-year students who had already taken the course to check that the tool was easily

understood and appropriately worded. The instrument was distributed to all participants (experimental and control groups) before (pre-test) and after (post-test) the interactive session. The participants were also clearly informed that their answers would not be used to evaluate them in the course.

- Validated questionnaire by Ferrer-Torregrosa et al. (2016). This questionnaire was adapted to this experience and allowed us to measure the learning perceptions of the experimental group. The questionnaire consisted of the following dimensions: attention and motivation, autonomous work and comprehension. These dimensions are related to the use of a teaching methodology based on AR, as well as the learning expectations of the students with the use of these tools. Items were assessed on a Likert-type scale from 1-never to 4-always, whereas the dimensions scores were obtained using the average of the related items. Cronbach's alpha index with the sample of the present study revealed a good internal consistency (0.89). The instrument was distributed to the AR group at the end of the interactive session.
- Validated "Instructional Material Motivational Survey" (IMMS) questionnaire (Cook et al., 2009; Keller, 2010) and adapted by Barroso et al. (2016) to measure the degree of influence generated by the interaction with AR-based teaching content on motivation towards learning. The questionnaire applied to the experimental group was made up of four dimensions based on the "ARCS" model: Attention, Relevance, Confidence and Satisfaction. Items were assessed on a Likert-type scale from 1-maximum disagreement to 7-maximum agreement, whereas the dimensions scores were obtained using the average of the related items. Negative statements were reverse coded, so a higher score indicates greater disagreement. Cronbach's alpha index with the sample of the present study revealed an adequate internal consistency (0.76). The instrument was distributed to the AR group at the end of the interactive session.

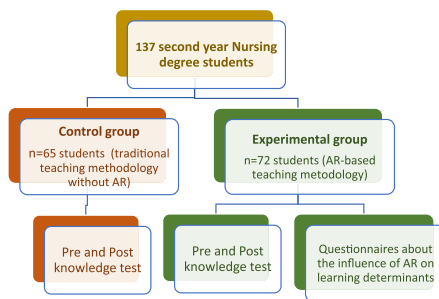


Fig. 2. Distribution of the research participants showing the measurement instruments used in control and experimental groups.

3.4. Data analysis

Data were analyzed using Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 25.0 for Mac (IBM Inc.) and R (R Core Team, 2019a) using the libraries foreign (R Core Team, 2019b) and WRS2 (Mair and Wilcox, 2020). Results were expressed as percentages for categorical variables and as mean (M) and standard deviation (SD) or median (M_c) and first

and third quartiles in brackets for continuous variables, respectively, depending on whether (or not) they showed a normal distribution. Moreover, to test the internal consistency or reliability of the questionnaires, Cronbach's alpha index was obtained. After verifying that assumption of normality was violated using the Kolmogorov-Smirnov test, a robust mixed ANOVA with a between-subjects factor, Group (Experimental vs Control Group), and a within-subject factor, Test (Pre vs Post-test) was conducted to evaluate differences in the knowledge and skills test about leg ulcer care between the control and experimental groups. When significant effects were obtained, multiple pairwise comparisons were carried out using Mann-Whitney *U* tests, adjusting the significance value with the Holm-Bonferroni method (Holm, 1979). *p* values <0.05 were considered significant. Finally, non-parametrical correlations (Spearman rho) were carried out to contrast the relationship between the IMMS (dimensions and total score) and performance in the final knowledge and skills test.

3.5. Ethical considerations

The study protocol received full ethical approval by the Bioethics Committee of the University of Santiago de Compostela (reference 190708). At the beginning of the experience, the students were informed of the method, purpose, and research team, and were assured that the results or participation in the experience would not affect their course grade. After that, students voluntarily agreed to participate in the study and subsequently they signed the written informed consent, following the current European and national regulations on data protection. To reduce power differences between the educationalist and students, a member of the research team other than the educationalist of the course was responsible for collecting the informed consents and data.

4. Results

4.1. Sample and group characteristics

The sample consisted of a total of 137 undergraduate nursing students, of whom 110 (80.29 %) were females and 27 (19.81 %) males. The average age was 21.59 years (SD = 4.09).

To reinforce the findings, control variables were used to ensure homogeneity between control and experimental groups, and therefore rule out any potential effects of differences in academic performance between each student in said groups. To this end, the average grade of the student record at the time of the study, the final grade of the course "Clinical Nursing I", the grade attained in a practical case about leg ulcers, and the grade obtained in a previous test of other topics in the course not related to leg ulcer care were used. The median grade of all the students' records was 7.33 out of 10 [7.02-7.65] with a minimum of 6.15 and a maximum of 8.54 points. None of these control variables varied depending on the Group factor, so obtained results could be attributed to the use of AR (Table 1).

4.2. Effect of an AR-based teaching methodology on performance in the knowledge and skills test

The results related to this objective were obtained after the statistical analysis of the data provided by the initial (pre-test) and final knowledge and skills test (post-test) issued to both groups (control and experimental).

The robust ANOVA (group × test) showed a significant effect of the Group factor (F(df1 = 1; df2 = 73.51) = 7.37; *p* = 0.01), since the participants of the experimental group obtained better scores in the knowledge and skills test (M = 6.08; SD = 2.26) than the control group (M = 5.23; SD = 2.38). The ANOVA also showed a significant effect of the Moment factor in both groups (F(df1 = 1; df2 = 75.11) = 180.20; *p* ≤ 0.001). The scores were better after the learning experience, that is, the subsequent scores (M = 6.95; SD = 2.03) with respect to those prior to practice (M = 4.40; SD = 1.92). Finally, the ANOVA showed a significant effect of the interaction between both factors (F(df1 = 1; df2 = 75.11) = 11.14; *p* = 0.001). The multiple comparisons by pairs adjusted to Bonferroni indicated no differences between groups in the knowledge and skills pre-test (U = 2258.50; *p* = 0.722) (control group M = 4.32; SD = 2.11) (experimental group M = 4.47; SD = 1.74). However, in the post-test the participants of the experimental group (M = 7.68; SD = 1.43) manifested a higher score (U = 1401.00; *p* ≤ 0.001) than those of the control group (M = 6.14; SD = 2.29).

4.3. Influence of AR on learning determinants in the experimental group

4.3.1. Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire

Participants rated their learning experience using the Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire. Learning experience was rated highly across all dimensions. In particular, the dimension that showed the highest score was "Attention and motivation" (M = 3.27; SD = 0.41), followed by "Autonomous work" (M = 3.12; SD = 0.62) and "Comprehension" (M = 3.00; SD = 0.54) (see Table 2):

- "Attention and motivation" dimension: the students perceived that the teaching methodology with AR helped them to improve fundamental aspects of the learning process, mainly attention and motivation. The highest average rating score was for the statement "It helps me to see/to imagine very clearly what I am being explained" (M_e = 4.00 [3.00-4.00]).
- "Autonomous learning" dimension: the students agreed that the use of AR-based technological tools for teaching purposes stimulates active learning and autonomous work (M_e = 3.00 [3.00-4.00]), allowing access to teaching materials anywhere and at any time (M_e = 3.00 [2.00-4.00]).
- "Comprehension" dimension: in general, the students stated that the teaching methodology with AR facilitates the understanding of the subject. They particularly perceived that this AR-based methodology helped them to identify how to apply basic care in relation to the prevention, diagnosis, and care of leg ulcers (M_e = 3.00 [2.00-4.00]), and was the statement with the highest score.

Table 1 Medians (Me) and first and third quartiles [Q1-Q3] of each of the control variables, showing no significant differences between groups.

	Total participants (n = 137)		Groups				Statistical contrast
			Control (n = 65)		Experimental (n = 72)		
	Me	[Q1-Q3]	Me	[Q1-Q3]	Me	[Q1-Q3]	<i>p</i>
Average grade of the student record at the time of the study	7.33	[7.02-7.65]	7.34	[7.06-7.69]	7.30	[6.98-7.63]	0.414
Final grade of the course "Clinical Nursing I"	6.50	[4.20-5.80]	6.60	[4.40-6.05]	6.45	[4.13-5.68]	0.844
Grade of a previous test on other topics of the course	4.90	[5.00-7.10]	5.10	[4.70-7.20]	4.70	[6.45-6.98]	0.117
Grade obtained in a practical case about leg ulcers	7.00	[6.00-8.00]	7.00	[6.00-8.00]	7.00	[6.00-8.00]	0.721

Medians (Me) and quartiles [Q1-Q3]. Grade range from 0 to 10 points. Statistical contrasts using Mann-Whitney *U* test.

Table 2
Means (standard deviation) of each of the dimensions and frequencies, medians [first and third quartiles] of each item of the Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire that measures the attention and motivation, autonomous work and comprehension (n = 72).

	M	SD	Item	Likert scale (%)				Me	[Q1-Q3]
				1 - Never	2	3	4- Always		
FERRER-TORREGROSA et al. (2016) QUESTIONNAIRE DIMENSIONS	ATTENTION AND MOTIVATION	0.41	It helps me to fix my attention	00.00	07.14	57.14	35.71	03.00	[3.00-4.00]
			It helps me to retain the contents	02.86	07.14	64.29	24.29	03.00	[3.00-3.50]
			It motivates me to learn	01.42	04.29	52.86	38.58	03.00	[3.00-4.00]
			It makes possible studying in different ways avoiding in this way feeling frustration	00.00	04.29	45.71	48.58	03.00	[3.00-4.00]
			It helps me to see/to imagine very clearly what I am being explained	00.00	02.86	34.29	62.86	04.00	[3.00-4.00]
	AUTONOMOUS WORK	0.62	It helps me to understand nursing care for leg ulcers	00.00	02.86	48.57	47.14	03.00	[3.00-4.00]
			It helps me to understand the course without excessive explanations from the professor	00.00	20.00	42.86	37.14	03.00	[3.00-4.00]
			It helps me to revise at home	02.86	30.00	44.29	13.00	03.00	[2.00-3.00]
			Active learning stimulates me	02.86	05.71	52.86	38.57	03.00	[3.00-4.00]
			It strengthens my autonomous learning	02.86	11.43	52.86	32.86	03.00	[3.00-4.00]
	COMPREHENSION	0.54	It would allow me to repeat by myself, outside the university, the activities made in class	02.86	31.43	35.71	27.14	03.00	[2.00-4.00]
			It helps me to recognize the etiology of leg ulcers	01.42	22.86	51.43	21.43	03.00	[2.25-3.00]
			It has allowed me to learn to guide the treatment of choice	01.42	20.00	55.71	22.86	03.00	[3.00-3.00]
			I am able to recognize the signs and symptoms of infection and take action	01.42	28.57	51.43	15.71	03.00	[2.00-3.00]
			I have improved my ability to select the most appropriate dressing based on the characteristics of the ulcer	02.86	22.86	52.86	20.00	03.00	[2.00-3.00]
FERRER-TORREGROSA et al. (2016) QUESTIONNAIRE DIMENSIONS	0.54	I have improved my ability to visualize the placement of the different dressings	04.29	15.71	51.43	27.14	03.00	[3.00-4.00]	
		It has helped me to know how to apply basic care for leg ulcers (prevention, diagnosis, and care)	01.42	10.00	61.43	25.71	03.00	[3.00-4.00]	

Means (M), standard deviation (SD) of each of the dimensions and medians (Me) and quartiles [Q1-Q3] of items that compose them. All items were valued on a Likert-type scale rated from 1-never to 4-always.

4.3.2. IMMS questionnaire

The results of IMMS questionnaire adapted to use with AR reported a high experience rating related to motivation. Thus, all dimensions showed an average score >5 out of 7. Table 3 provides the students' ratings of the AR attributes, being the attention dimension the most relevant for them (M = 5.93; SD = 0.66).

- "Attention" dimension: the included digital content was entertaining (Me = 6.00 [6.00-7.00]) and attractive (Me = 7.00 [6.00-7.00]). Both the quality and quantity of the AR-materials used and the way the information was organized helped them keep their attention on the lesson (Me = 6.00 [5.00-7.00]). Also, the use of AR aroused their curiosity (Me = 6.00 [5.00-7.00]) and allowed them to learn surprising aspects about this technology (Me = 5.00 [4.00-6.00]).
- "Confidence" dimension: The information contained in the AR-materials increased the students' expectations of being successful in the development of the lesson, since they could really understand the material (Me = 7.00 [6.00-7.00]) and the good organization helped them learn topics (Me = 6.00 [5.00-7.00]). Despite this, some students had the impression that it would not be easy for them when they saw the lesson for the first time (Me = 4.00 [3.00-5.00]).
- "Relevance" dimension: they strongly agreed that the topic was relevant to their knowledge needs (Me = 7.00 [6.00-7.00]) and it would be useful in their professional performance (Me = 7.00 [6.00-7.00]). However, participants considered that the relationship

between the topic and their previous knowledge could be clearer (Me = 5.00 [4.00-6.00]).

- "Satisfaction" dimension: the students expressed their well-being by achieving an effective understanding of leg ulcers. They stated that they found the lesson pleasant to work on and that it was well designed (Me = 6.00 [6.00-7.00]). They agreed that completing the lesson generated a sense of accomplishment (Me = 6.00 [5.00-6.00]) and that they would like to know more about leg ulcers (Me = 5.00 [5.00-6.00]).

5. Discussion

This study addresses the effectiveness of AR-based teaching methods in knowledge and skills about leg ulcer care as well as the influence of AR on the teaching-learning process among nursing undergraduates. Therefore, this project complements the little current evidence of the benefits of this innovative technology and the opportunities it might bring to nursing education.

Our research shows that, although both groups benefited from interactive activity (better score in post than in pre-test), the use of AR significantly improved the acquisition of knowledge in the highly specific and relevant topic of nursing that is leg ulcer care. Several recent studies focused on learning human anatomy have shown greater knowledge acquisition associated to the use of AR compared to traditional teaching methods. In some of these investigations, such differences were statistically significant (Barmaki et al., 2019; Bork et al.,

Table 3
Means (standard deviation) of each of the dimensions and frequencies, medians [first and third quartiles] of each item of the Instructional Material Motivational Survey (IMMS) questionnaire that measures the Attention, Relevance, Confidence, and Satisfaction (ARCS) motivational model (n = 72).

IMMS QUESTIONNAIRE DIMENSIONS	Item	M	SD	Likert scale (%)							Me	[Q1-Q3]
				1- absolutely disagree	2	3	4	5	6	7- absolutely agree		
ATTENTION	There was something interesting at the beginning of this lesson that got my attention	5.93	0.66	00.00	00.00	01.42	12.86	20.00	44.29	21.43	6.00	[5.00-6.00]
	This AR-technology is eye-catching			00.00	01.42	02.86	08.57	18.57	30.00	38.57	6.00	[5.00-7.00]
	The quality of the AR material helped to hold my attention			00.00	00.00	11.43	17.14	35.71	35.71	6.00	[5.00-7.00]	
	This material is so abstract that it was hard to keep my attention on it §			44.29	32.86	14.29	08.57	00.00	00.00	00.00	6.00	[6.00-7.00]
	The images, videos and notes of this lesson look dry and unappealing §			42.86	37.14	17.14	01.42	00.00	01.42	00.00	6.00	[6.00-7.00]
	The way the information is arranged using this technology helped keep my attention			00.00	01.42	01.42	05.71	17.00	47.14	27.14	6.00	[5.00-7.00]
	The information discovered through experience stimulated my curiosity			00.00	00.00	00.00	08.57	22.86	54.29	14.29	6.00	[5.00-7.00]
	the amount of repetition in this activity caused me to get bored §			31.43	41.43	12.86	08.57	04.29	01.42	00.00	6.00	[5.00-7.00]
	I learned some things about AR that were surprising or unexpected			00.00	01.42	12.86	17.14	22.86	35.71	10.00	5.00	[4.00-6.00]
	The variety of audiovisual material helped keep my attention on the lesson.			00.00	00.00	01.42	07.14	22.86	35.71	32.86	6.00	[5.00-7.00]
CONFIDENCE	The audiovisual material is boring §			54.29	35.71	04.29	05.71	00.00	00.00	00.00	7.00	[6.00-7.00]
	There is so much content that it is irritating §			64.29	21.43	08.57	02.86	01.42	01.42	00.00	7.00	[6.00-7.00]
	When I first looked at this lesson, I had the impression that it would be easy for me	5.28	0.67	02.86	14.29	25.71	27.14	20.00	08.57	02.86	4.00	[3.00-5.00]
	This material was more difficult to understand than I would like for it to be §			20.00	47.14	11.49	15.71	04.29	01.42	00.00	6.00	[5.00-6.00]
	After reading the introductory information, I felt confident that I knew what I was supposed to learn from this lesson			00.00	04.86	08.57	17.14	24.29	41.49	04.29	5.00	[4.00-6.00]
	The information was so much that it was difficult for me to remember the important points §			11.43	34.29	12.86	21.43	14.29	04.29	01.42	5.00	[4.00-6.00]
	As I worked on this lesson, I was confident that I could learn the content			00.00	00.00	01.42	10.00	27.14	47.14	14.29	6.00	[5.00-6.00]
	It was difficult to discover the digital information associated with the real image §			32.86	38.57	11.43	07.14	07.14	02.86	00.00	6.00	[5.00-7.00]
	After taking a lesson for a while, I was confident that I would be able to pass a test on it			01.42	01.42	07.14	31.43	37.14	14.29	01.42	5.00	[4.00-5.00]
	I could not really understand quite a bit of the material in this lesson §			65.86	32.86	02.86	00.00	00.00	00.00	01.42	7.00	[6.00-7.00]
RELEVANCE	The good organization of the content helped me be confident that I would learn this topic			00.00	00.00	01.42	11.43	18.57	40.00	28.57	6.00	[5.00-7.00]
	It is clear to me how the content of this material is related to things I already know			01.42	05.71	07.14	20.00	31.42	28.57	05.71	5.00	[4.00-6.00]
	There were no images, videos or texts that showed me how this material is related to things that I already know §			60.00	24.29	05.71	04.29	02.86	02.86	00.00	7.00	[6.00-7.00]
	Completing this lesson successfully was important to me			00.00	00.00	04.29	08.57	27.14	40.00	20.00	6.00	[5.00-6.00]
	The content of this material is relevant to my interests			00.00	01.42	00.00	07.14	10.00	41.43	40.00	6.00	[6.00-7.00]
	There are explanations or examples of how people use the knowledge in this lesson			00.00	02.86	08.57	22.86	14.29	32.86	18.57	6.00	[4.00-6.00]
	The content and audio-visual material in this lesson convey the impression that its content is worth knowing			00.00	00.00	01.42	08.57	18.57	50.00	21.43	6.00	[5.00-6.00]
	This lesson was not relevant to my needs because I already knew most of it §			71.43	22.86	05.71	00.00	00.00	00.00	00.00	7.00	[6.00-7.00]

(continued on next page)

Table 3 (continued)

Item	M	SD	Likert scale (%)							Me	[Q1-Q3]
			1- absolutely disagree	2	3	4	5	6	7- absolutely agree		
I could relate the content of this lesson to things I have seen, done, or thought about in my own life			00.00	00.00	02.86	07.14	22.86	48.33	25.70	6.00	[5.00-7.00]
The content of this lesson will be useful to me			00.00	00.00	01.42	00.00	08.57	31.43	58.57	7.00	[6.00-7.00]
Completing the exercises in this lesson gave me a satisfying feeling of accomplishment	5.57	0.57	00.00	01.42	04.29	05.71	31.43	40.00	17.14	6.00	[5.00-6.00]
I enjoyed this lesson so much that I would like to know more about this topic			00.00	01.42	04.29	14.29	38.57	25.71	15.71	5.00	[5.00-6.00]
I really enjoyed studying this lesson			00.00	00.00	00.00	07.14	31.43	43.86	28.57	6.00	[5.00-7.00]
The output of feedback after the exercise, or of other comments in this lesson, helped me feel rewarded for my effort			00.00	02.86	04.29	27.14	31.42	25.71	08.57	5.00	[4.00-6.00]
It felt good to successfully complete this lesson			00.00	00.00	04.29	12.86	28.57	45.71	08.57	6.00	[5.00-6.00]
It was a pleasure to work on such a well-designed lesson			00.00	00.00	01.42	04.29	11.43	35.71	47.14	6.00	[6.00-7.00]

Means (M), standard deviation (SD) of each of the dimensions and medians (Me) and quartiles [Q1-Q3] of items that compose them. All items were valued on a Likert-type scale rated from 1- maximum disagreement to 7- maximum agreement. §Negative statements were reverse coded, so a higher score indicates greater disagreement.

2019; Jamali et al., 2015), whereas in others they were not (Henssen et al., 2020; Nørgård et al., 2019).

Participants indicated a high degree of agreement that AR contributes to maintaining their attention on the curricular objectives, creating immersive and interactive learning environments allowing visualizations that would not otherwise be possible. In addition, an innovative methodology is provided that avoids the feeling of frustration, in line with the studies by Henssen et al. (2020) and Khan et al. (2019) in health science students. Our students also considered that the quantity and organization of the session was appropriate, a fact that must be considered when designing them. This is relevant since an excessive and disorganized amount of information causes a negative impact on learning objectives and motivation (Cheng, 2017).

The students declared that AR made it easier to understand leg ulcer management. Thus, the virtual information with which AR enriches the real world enabled the understanding of abstract phenomena that are difficult to understand in the real world, as indicated by Khan et al. (2019). Previous studies with similar objectives have focused predominantly on anatomy aspects (Henssen et al., 2020). However, our evidence seems to indicate that the three-dimensional vision provided by AR also allows for a better understanding of topics directly related to nursing care such as leg ulcers.

Motivation is a substantial component which influences learning, and preserving it is a huge challenge in nursing studies (Díaz-Agea et al., 2021). To increase motivation, teaching objectives must be relevant, and students need to feel competent to learn (Covington, 2000). In this regard, we obtained positive research scores in the dimensions of motivation. Some studies have been able to compare the motivation of different groups of students, showing different results. While there are authors who have not observed significant differences between the group using AR and the control group (Henssen et al., 2020; Nørgård et al., 2019), others have (Cabero-Almenara and Roig-Vila, 2019; Kugelmann et al., 2018; Vaughn et al., 2016). Given the results of our study, future research could delve into this specific aspect of learning among different nursing students from other contexts and academic years. Nevertheless, it seems logical to think that students who use AR show more motivation than those instructed using traditional teaching methods.

The incredibly widespread use that university students make of electronic devices promotes a more flexible and autonomous learning, being able to access content at any time and place (Jamali et al., 2015). A methodological change is taking place in higher education, where ICT and active methodologies take on a leading role (Küçük et al., 2016; Vaughn et al., 2016). Considering this and in agreement with recent systematic reviews (Rodríguez-Abad et al., 2021; Wüller et al., 2019), it is necessary to increase this type of research to reinforce the use of evidence-based methodologies in nursing studies. In this vein, AR can be used by educationalists to guide undergraduate students in their self-learning (Moro and McLean, 2017), creating interactive spaces with different learning rhythms, which are currently minimally developed (Ferrer-Torregrosa et al., 2016; Mendez et al., 2020).

5.1. Limitations and strengths

Our research might have limitations that should be considered. The sample selection was intentional and in a single center, since the AR project was linked to a specific course and subject matter. Therefore, a larger and more heterogeneous sample would be necessary to generalize these findings.

The questionnaires used in this research had been previously validated and showed good internal consistency, although it is necessary to develop more evaluative tools specifically aimed to evaluate nursing students' skills using AR. Unlike previous studies which studied aspects of the curriculum common to different health sciences professions, our investigation focuses on developing AR-based teaching material in nursing specific topics (leg ulcer care). This is highly relevant not only

for undergraduates but also for the continuous training of nursing professionals. This AR project and associated evidence might contribute to implement ICT in the nursing learning environment and shed light on the lack of knowledge about the use of AR in nursing education (Mendez et al., 2020).

6. Conclusions

This study shows that AR improves both knowledge, skills and students' perceptions and expectations towards the teaching-learning process, influencing it in a multidimensional way (attention, autonomous learning, understanding and motivation). These positive findings highlight the importance of developing innovative teaching strategies in nursing classrooms, making it necessary to promote the challenge of education focused on the student with the support and benefits of ICT. It is essential to carry out more learning experiences and studies on the subject to both reinforce our findings and continue to provide knowledge to this little-studied field, promoting the evidence-based use of AR as an effective learning tool in nursing education.

Funding source

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Ethical approval

The study was approved by the Bioethics Committee of the University of Santiago de Compostela to ensure participant and student rights.

Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

We are grateful to Diego Lopez-Cao for his services in editing the manuscript.

References

Alexander, B., et al., 2019. *EDUCAUSE Horizon Report: 2019 Higher Education Edition*. Barnaki, R., et al., 2019. Enhancement of anatomical education using augmented reality: an empirical study of body painting. *Anat. Sci. Educ.* 12, 599–609. <https://doi.org/10.1002/ase.1858>.

Barroso, J.M., et al., 2016. La utilización de objetos de aprendizaje en realidad aumentada en la enseñanza de la medicina. *Int. J. Technol. Educ. Innov.* 2 (2), 77–83. <https://doi.org/10.20548/innoeduca.2016>.

Blázquez, A., 2017. *Realidad Aumentada en Educación [Augmented Reality in Education]*. Madrid Polytechnic University. http://oa.upm.es/45985/1/Realida_d_Aumentada_Educacion.pdf.

Bork, F., et al., 2019. The benefits of an augmented reality magic Mirror system for integrated radiology teaching in gross anatomy. *Anat. Sci. Educ.* 12, 585–598. <https://doi.org/10.1002/ase.1864>.

Cabero-Almenara, J., Roig-Vila, R., 2019. The motivation of technological scenarios in augmented reality (AR): results of different experiments. *Appl. Sci.* 9 (14), 2907. <https://doi.org/10.3390/app9142907>.

Cheng, K.H., 2017. Reading an augmented reality book: an exploration of learners' cognitive load, motivation, and attitudes. *Australas. J. Educ. Technol.* 33 (4) <https://doi.org/10.14742/ajet.2820>.

Cook, D.A., et al., 2009. Measuring motivational characteristics of courses: applying Keller's instructional materials motivation survey to a web-based course. *Acad. Med.* 84 (11), 1505–1509. <https://doi.org/10.1097/ACM.0b013e3181ba5f6d>.

Covington, M.V., 2000. Goal theory, motivation, and school achievement: an integrative review. *Ann. Rev. Psychol.* 51 (1), 171–200. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.51.1.171>.

Des Jarlais, D.C., et al., 2004. Improving the reporting quality of nonrandomized evaluations of behavioral and public health interventions: the TREND statement. *Am. J. Public Health* 94 (3), 361–366. <https://doi.org/10.2105/ajph.94.3.361>.

Díaz-Agea, J.L., et al., 2021. Motivation: bringing up the rear in nursing education. Motivational elements in simulation. The participants' perspective. *Nurse Educ. Today* 103 (104925). <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.104925>.

Ferrer-Torregrosa, J., et al., 2016. Distance learning ects and flipped classroom in the anatomy learning: comparative study of the use of augmented reality, video and notes. *BMC Med. Educ.* 16, 230. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0757-3>.

Franks, P., et al., 2016. Management of patients with venous leg ulcers: challenges and current best practice. *J. Wound Care* 25 (56), 1–67. <https://doi.org/10.12968/jowc.2016.25.Sup6.S1>.

Gethin, G., et al., 2020. Evidence for person-centred care in chronic wound care: a systematic review and recommendations for practice. *J. Wound Care* 29 (89), 1–22. <https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.Sup9b.S1>.

González de la Torre, H., et al., 2017. Correlation between health-related quality of life and venous leg ulcer's severity and characteristics: a cross-sectional study. *Int. Wound Journal* 14 (2), 360–368. <https://doi.org/10.1111/ijwj.12610>.

Henssen, D.J., et al., 2020. Neuroanatomy learning: augmented reality vs. cross-sections. *Anat. Sci. Educ.* 13 (3), 353–365. <https://doi.org/10.1002/ase.1912>.

Holm, S., 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian journal of statistics* 6 (2), 65–70.

Ingrassia, P.L., et al., 2020. Augmented reality learning environment for basic life support and defibrillation training: usability study. *J. Med. Internet Research* 22 (5), e14910. <https://doi.org/10.2196/14910>.

Jamali, S.S., et al., 2015. Utilising mobile-augmented reality for learning human anatomy. *Procedia Soc. Behav. Sci.* 197, 659–668. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.054>.

Keller, J.M., 2010. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. Springer, New York, NY.

Khan, T., et al., 2019. The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Adv. Hum. Comput. Interact.* 7208494 <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>.

Küçük, S., et al., 2016. Learning anatomy via mobile augmented reality: effects on achievement and cognitive load. *Anat. Sci. Education* 9 (5), 411–421. <https://doi.org/10.1002/ase.1603>.

Kugelmann, D., et al., 2018. An augmented reality magic mirror as additive teaching device for gross anatomy. *Ann. Anat.* 215, 71–77. <https://doi.org/10.1016/j.anmat.2017.09.011>.

Mair, P., Wilcox, R., 2020. Robust statistical methods in R using the WRS2 package. *Behav. Res. Methods* 52 (2), 464–488. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01246-w>.

Martínengo, L.J., et al., 2019. Prevalence of chronic wounds in the general population: systematic review and meta-analysis of observational studies. *Ann. Epidemiol.* 29, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.10.005>.

Mendez, K.J., et al., 2020. Virtual and augmented reality: implications for the future of nursing education. *Nurse Educ. Today* 93, 104531. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104531>.

Moro, C., McLean, M., 2017. Supporting students' transition to university and problem-based learning. *Med. Sci. Educ.* 27, 352–361. <https://doi.org/10.1007/s40670-017-0384-6>.

Moro, C., et al., 2021. HoloLens and mobile augmented reality in medical and health science education: a randomised controlled trial. *Br. J. Educ. Technol.* 52 (2), 680–694. <https://doi.org/10.1111/bjet.13049>.

Norgård, C., et al., 2019. Learning anatomy with augmented reality—learning design and app design for optimal learning. *Tidsskriftet Læring Og Medier* 12 (20). <https://doi.org/10.7146/lem.v12i20.109569>.

R Core Team, 2019. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.

R Core Team, 2019. *Foreign: Read Data Stored by 'Minitab', 'S', 'SAS', 'SPSS', 'Stata', 'Systat', 'Weka', 'dBase', 'R' package version 0.8-72*. <https://CRAN.R-project.org/package=foreign>.

Redmond, C., et al., 2018. Using reusable learning objects (RLOs) in wound care education: undergraduate student nurse's evaluation of their learning gain. *Nurse Educ. Today* 60, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.09.014>.

Redmond, C., et al., 2020. Increasing competence in wound care: a cross-sectional study to evaluate use of a virtual patient by undergraduate student nurses. *Nurse Educ. Pract.* 44, 102774 <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102774>.

Rochlen, L.R., et al., 2017. First person point of view augmented reality for central line insertion training: a usability and feasibility study. *Simul. Healthcare* 12 (1), 57–62. <https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000185>.

Rodríguez-Abad, C., et al., 2021. A systematic review of augmented reality in health sciences: a guide to decision-making in higher education. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18 (8), 4262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>.

Vaughn, J., et al., 2016. Piloting augmented reality technology to enhance realism in clinical simulation. *Comput. Informatics Nursing* 34 (9), 402–405. <https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000251>.

Wang, S., et al., 2018. A new smart mobile system for chronic wound care management. *IEEE Access* 6, 52355–52365. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2864264>.

Wu, H., et al., 2020. Medical students' motivation and academic performance: the mediating roles of self-efficacy and learning engagement. *Med. Educ. online* 25 (1), 1742964. <https://doi.org/10.1080/10872981.2020.1742964>.

Wüller, H., et al., 2019. A scoping review of augmented reality in nursing. *BMC Nursing* 18 (1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12912-019-0342-2>.

5.3. ARTÍCULO 3. *ONLINE (VERSUS FACE-TO-FACE) AUGMENTED REALITY EXPERIENCE ON NURSING STUDENTS' LEG ULCER COMPETENCY: TWO QUASI-EXPERIMENTAL STUDIES*

5.2.1. Evidencias de calidad.

El artículo se publicó en la revista *Nurse Education in Practice* indexada en el JCR con un factor de impacto de 3,2 en la última actualización del *ranking* (2022) y a la espera de su valoración en el año de publicación.

Actualmente, la revista se encuentra en el primer cuartil de dos categorías JCR:

- *Nursing SSCI*: 15/123
- *Nursing SCIE*: 15/125

5.2.2. Cita completa del manuscrito

Rodríguez-Abad, C., Martínez-Santos, A. E., Fernández-de-la-Iglesia, J. C., & Rodríguez-González, R. (2023). Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies. *Nurse Education in Practice*, 71, 103715. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103715>

5.2.3. Contribuciones a la publicación

Participación en el desarrollo de la idea y en el diseño de la investigación.

Elaboración de los diferentes materiales docentes empleados en la experiencia educativa. Búsqueda y selección de las plataformas de RA empleadas. Implementación de contenidos digitales en la plataforma de RA. Implementación de las estaciones virtuales de aprendizaje en el campus virtual de la asignatura Enfermería Clínica I. Colaboración en la adquisición e interpretación del análisis de datos. Liderazgo en la redacción del manuscrito.

5.2.4. Citas obtenidas hasta enero de 2024

- García Méndez, L. P. (2024). Inteligencia artificial y realidad aumentada: herramienta coadyuvante a disminuir el sesgo entre realidad y la simulación en las prácticas de enfermería. Revisión sistemática: Inteligencia artificial y realidad aumentada: herramienta coadyuvante a disminuir el sesgo entre realidad y la simulación en las prácticas de enfermería. Revisión sistemática. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 4(1), 55-76 <https://doi.org/10.51660/ripie.v4i1.150>
- Rizal, S., Azzarkasyi, M., & Firmansyah, J. (2023). Perceptions of Science Teachers in Developing Student Learning Outcomes Instruments Online. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 6957-6961. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i9.4161>

5.2.5. Resumen y palabras clave

Objetivo

El objetivo de este estudio fue doble. En primer lugar, describir la influencia de una experiencia educativa *online* basada en RA sobre el rendimiento académico y los determinantes del aprendizaje de los estudiantes de Enfermería relacionados con el estudio de los cuidados de las úlceras de extremidad inferior. También nos propusimos comparar estos resultados *online* con los obtenidos en la misma experiencia desarrollada un año antes, pero en una situación de presencialidad.

Antecedentes

La formación de pregrado en Enfermería tiene como objetivo formar a los estudiantes con un nivel aceptable de competencia para la práctica profesional. En ocasiones, algunas áreas de conocimiento clínico esenciales suponen un reto especial tanto para los estudiantes como para los educadores en Enfermería. Una de ellas es el cuidado de las heridas crónicas, especialmente en las úlceras de miembros inferiores, donde las enfermeras desempeñan un papel clave. En la actualidad, los métodos de enseñanza presenciales están evolucionando hacia contextos más activos y se están utilizando ampliamente medios alternativos como el aprendizaje en línea y la RA, que están cosechando resultados alentadores.

Diseño

Se utilizó un diseño cuasi-experimental. Se llevaron a cabo dos experimentos para cumplir los objetivos del estudio, el primero fue un diseño pre-test/post-test en un único grupo y el segundo un diseño post-test en dos grupos experimentales.

Métodos

Los participantes fueron estudiantes de Enfermería de grado de la facultad de Enfermería de la USC (España). Los dos grupos experimentales recibieron la misma formación, pero en diferentes entornos: *online* durante 2019/2020 (n=111) y presencial durante 2018/2019 (n=72). Los instrumentos seleccionados fueron un test de conocimientos y habilidades y dos cuestionarios validados.

Resultados

En cuanto al rendimiento académico, el estudio demostró diferencias significativas hacia el aprendizaje tras la experiencia *online* basada en RA ($Z=9,074$; $p\leq 0,001$). Los participantes también mostraron buenos resultados en relación con los determinantes del aprendizaje estudiados. En comparación con los estudiantes que recibieron enseñanza presencial basada en RA, los estudiantes con el enfoque de aprendizaje en línea obtuvieron mejores puntuaciones en las dimensiones aprendizaje autónomo ($U=3104,5$; $p=0,020$) y comprensión 3D ($U=3167,0$; $p=0,035$). Sin embargo, los participantes en la experiencia presencial puntuaron más alto en la dimensión atención ($U=3163,0$; $p=0,035$).

Conclusiones

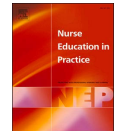
La RA influye positivamente en el rendimiento académico y en diversas variables educativas cuando esta experiencia se realiza *online*. Dado que tanto la experiencia *online* como la presencial muestran beneficios estadísticamente significativos en diferentes dimensiones de los determinantes del aprendizaje, se debe promover la necesidad de mejorar la experiencia de aprendizaje de RA a través de entornos de aprendizaje semipresencial.

Palabras clave: *Augmented reality; Nursing education; Research-Based Leg ulcer; Online education.*



Contents lists available at ScienceDirect

Nurse Education in Practice

journal homepage: www.elsevier.com/locate/issn/14715953

Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies

Carlos Rodríguez-Abad^{a,1}, Alba-Elena Martínez-Santos^{a,b,c,1},
Josefa-del-Carmen Fernández-de-la-Iglesia^d, Raquel Rodríguez-González^{a,*}

^a University of Santiago de Compostela, Faculty of Nursing, Department of Psychiatry, Radiology, Public Health, Nursing and Medicine, Santiago de Compostela, Spain

^b DIPO Research Group, Galicia Sur Health Research Institute (IS Galicia Sur), SERGAS-UVIGO, Spain

^c Dermatology Department, Complejo Hospitalario Universitario de Pontevedra, Pontevedra, Spain

^d University of Santiago de Compostela, Faculty of Education Sciences, Department of Pedagogy and Didactics, Santiago de Compostela, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Augmented reality
Nursing education
Research-Based
Leg ulcer
Online education

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was two-fold. Firstly, to describe the influence of an augmented reality (AR)-based online educational experience on the academic performance and learning determinants of nursing students related to the study of leg ulcer care. We also set out to compare these online results with those obtained in the same experience developed a year before but in a face-to-face design.

Background: Undergraduate education in nursing aims to train students towards an acceptable level of competence for professional practice. Sometimes, some essential clinical areas of knowledge are particularly challenging for both students and nurse educators. One of these is the care of chronic wounds, particularly in leg ulcers where nurses play a key role. Currently face-to-face teaching methods are evolving to more active contexts and alternative means such as online learning and AR are becoming widely used, garnering encouraging results.

Design: A quasi-experimental design was used. Two experiments were carried out to meet the aims of the study, the first one was a pre-test post-test design in one group and the second one a post-test two experimental groups design.

Methods: Participants were undergraduate nursing students from the School of Nursing of the University of Santiago de Compostela (Spain). The two experimental groups received the same training but in different environments: online during 2019/2020 (n = 111) and onsite during 2018/2019 (n = 72). The instruments selected were a knowledge and skills test and two validated questionnaires.

Results: Regarding academic performance, the study demonstrated significant differences towards learning after the AR-based online experience ($Z = -9.074$; $p \leq 0.001$). The participants also showed good results in relation to the learning determinants studied. Compared with students receiving AR-based face-to-face teaching, the students with the online learning approach scored better in the dimensions *Autonomous Learning* ($U=3104.5$; $p = 0.020$) and *3D Comprehension* ($U=3167.0$; $p = 0.035$). However, the participants in the onsite experience scored higher in the *Attention* dimension ($U=3163.0$; $p = 0.035$).

Conclusions: AR positively influences academic performance and diverse educational variables when this experience is carried out online. Since both the online and face-to-face experience show statistically significant benefits in different dimensions of the learning determinants, the need to improve the AR learning experience through blended-learning environments should be promoted.

1. Introduction

Currently, Information and Communication Technologies (ICT) are reliable and essential tools to foster higher education worldwide

(Adarkwah, 2021). These technologies nurture students both personally and academically, while improving performance and making communication easier (Güven Özdemir and Sonmez, 2021). Including ICT in training programs is widespread and benefits educators, educationalists

* Correspondence to: University of Santiago de Compostela, Faculty of Nursing, Avenida de Xoán XXIII s/n, Campus Norte, 15782 Santiago de Compostela, Spain.
E-mail address: raquel.rodriiguez@usc.es (R. Rodríguez-González).

¹ These authors contributed equally to this work and are co-first authors

<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103715>

Received 2 February 2023; Received in revised form 21 June 2023; Accepted 1 July 2023

Available online 10 July 2023

1471-5953/© 2023 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

and students by improving the teaching-learning and research processes (Aljaraideh and Bataineh, 2019). Thus, implementing them in nursing curricula helps future nurses provide high-quality and evidence-based nursing care (Raman, 2015).

On March 11, 2020, the WHO decreed a state of public health emergency caused by SARS-COV-2. Consequently, there was a gradual closure of educational centers around the world, disrupting student learning (UNESCO, 2020; Sahu, 2020; Uymaz and Uymaz, 2022). The suspension of face-to-face teaching forced many universities to shift to online teaching, which was a great challenge for the entire university community (Gewin, 2020; Lira et al., 2020; Masha'al et al., 2020). In this context, online learning was postulated as a solution for uninterrupted teaching (Adarkwah, 2021; Sahu, 2020).

1.1. Background

Undergraduate education in nursing aims to train students towards an acceptable level of nursing competence for professional practice to meet the needs of society (Immonen et al., 2019). However, there is room for improvement in some curricula, causing nurses to lack sufficient knowledge and skills in some essential clinical areas (Atkin et al., 2019; Missen et al., 2016).

One of these clinical areas is the care of chronic wounds and, specifically, leg ulcers, where nurses play a key professional role (Bobbink et al., 2022; Kielo et al., 2019). Leg ulcer prevalence is estimated to increase in the coming years, significantly reducing the quality of life of the patient and becoming a considerable economic burden for health systems (Atkin et al., 2019; Martinengo et al., 2019; Welsh, 2018). Therefore, nursing curricula must train students to provide care based on the robust existing evidence (Kielo et al., 2019), since it has been proven that there are deficiencies in the knowledge and skills of nurses in relation to leg ulcer care (Atkin et al., 2019; Martínez-Santos et al., 2019).

In the current context of globalization and uncertainty due to migratory flows, travels, new diseases, wars or natural disasters due to climate change, face-to-face teaching methods are under threat. Thus, alternative means such as online learning are becoming widespread (Huun, 2018; Song, Park, 2021). In this vein, online learning must differ from other variants of distance education. Since it relies on the Internet to access learning experiences it is considered the most modern version of distance learning (Moore et al., 2011) where the educator promotes and supports the learning process.

Despite the numerous advantages of online education, the learning outcomes of nursing students are still being studied. In fact, a meta-analysis performed by Liu et al. (2016) concluded that its effectiveness is not sufficiently proven. Recent studies have stated that blended learning (combination of online and face-to-face learning) can improve the performance, skills and satisfaction of students, compared with traditional learning methods (Gronlien et al., 2021; Li et al., 2019). On the other hand, according to Kim and Park (2021) some studies have developed educational strategies aimed at nursing students in different learning environments. They found no differences regarding student performance between online and traditional learning.

In online learning, it is a fact that an online format in nursing teaching is on the rise and is supported by the development of technologies such as virtual reality or augmented reality (AR). AR is a variation of virtual reality that enriches the physical environment with digital content and virtual images (combining real and virtual world) in real time through different technological media such as smartphones, tablets or smartglasses (Mendez et al., 2020). Among other e-learning tools, AR has positive implications in health sciences education, by aiding the teaching-learning process and improving current educational methods in clinical topics (Rodríguez-Abad et al., 2021). Thus, AR has not only been shown to have positive effects on motivation, which leads to multiple benefits in the teaching-learning process, but also positively influences academic performance or three-dimensional vision (Bork

et al., 2021; Rodríguez-Abad et al., 2022). In addition, students perceive that this tool increases their knowledge and their skills while providing multiple benefits to active educational and self-learning processes (Uymaz and Uymaz, 2022). According to Méndez et al. (2020) and Wüller et al. (2019), the effect of AR in nursing education has not been studied enough and its implementation in nursing programs is scarce, so it is necessary to provide new evidence to the field. In fact, little is known about the development of AR through online environments and its potential for nursing education. To this end, the objectives of this study were: (1) to describe the influence of an AR-based online education experience on the academic performance and learning determinants such as attention, satisfaction or motivation of nursing students towards leg ulcer care; and (2) to contrast differences between the results of learning determinants in the online experience with those of the same experience onsite.

2. Methods

2.1. Design and participants

A quasi-experimental design was used. This study was conducted during the academic year 2019/2020 in the School of Nursing at the University of Santiago de Compostela (North-west Spain). To ensure adequate data reporting, the TREND Statement was used (supplementary file).

Second-year nursing students enrolled in the course "Clinical Nursing I" were recruited as participants, so no sampling procedure was used. Participation in the study was voluntary and all students were taught by the same nurse educator. Two experiments were carried out to meet the objectives of the study, which is a new step of a project on the use of AR in nursing education (Rodríguez-Abad et al., 2022) (Fig. 1):

For the first experiment (related with the first aim), we used a pre-test post-test design in one group to find out if the students in the online AR-based experience showed significant differences in the knowledge and skills test depending on when the assessment took place (pre/post experience). Once the experience was over, we also obtained descriptive data to find out if AR influenced different learning determinants through two validated questionnaires.

For the second experiment (related with the second aim), we chose a post-test two experimental groups design. Experimental group 1 (2019/2020 academic year students) received an online AR-based educational intervention while experimental group 2 (2018/2019 academic year students) received the intervention only face-to-face. Subsequently, we verified that the groups did not obtain significant differences based on gender distribution and average grade of the student record. In this way, we tested if the distance method (online/onsite) modifies any of the learning determinants studied.

2.2. The online learning project based on AR

To meet our institution's demands for remote work as well our students' needs to continue acquiring knowledge and skills of specific nursing contents during the pandemic lockdown, we created an AR-based remote learning experience. The content of the educational module was related to leg ulcer care. The learning materials were published using the learning content management platform Moodle® and were structured in four virtual stations following the same structure and contents as the previous onsite experience (Fig. 2). Before starting the following AR-based stations, students had to comprehensively read the instructions of the experience and perform a pre-test of knowledge and skills:

- Virtual learning station 1 "Introduction to leg ulcers". The teaching materials for this station consisted of five multimedia presentations with content on leg ulcers (such as pathophysiology, diagnosis, therapeutic management). Different QR codes were used as triggers

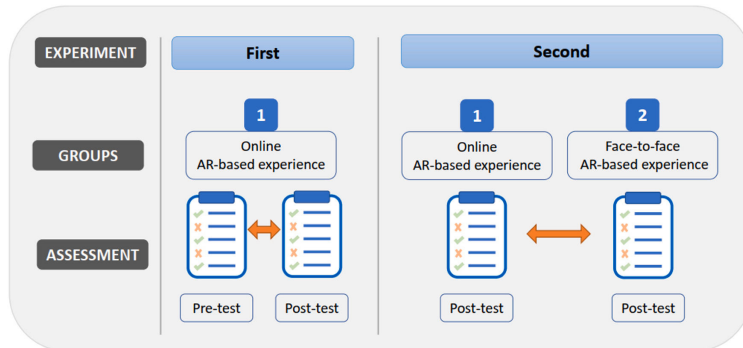


Fig. 1. Design of the two experiments of the study. In the first experiment, a *pre-test post-test design in one group* was used to find out if the online AR-based experience influenced academic performance and learning determinants. For the second experiment, a *post-test two experimental groups design* was used to analyze differences regarding learning determinants between an educational AR-based intervention carried out online (group 1) and face-to-face (group 2). AR: Augmented Reality.

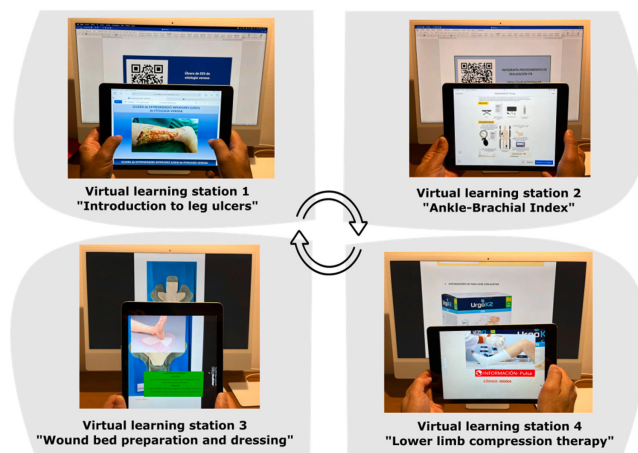


Fig. 2. Contents and structure of the AR-based leg ulcer care learning project. Contents were organized in four virtual learning stations in which QR codes or images of care-related products (for example, dressings or bandages) were used as triggers for different teaching materials presented as multimedia elements (presentations, videos, images) to be viewed by the students. AR: Augmented Reality.

to the presentations stored in the cloud (hosted by Dropbox®) and accessed by the app or browser.

- Virtual learning station 2 “Ankle-Brachial Index”. QR codes were used as hyperlinks to several multimedia elements such as videos, infographics and images of the devices and clinical data needed for this diagnostic test, the procedure and interpretation of the results.
- Virtual learning station 3 “Wound bed preparation and dressing”. The teaching materials used in this station consisted of 1) a multimedia presentation created by the nurse educator on the main dressings used in the care of chronic wounds, 2) a catalog of products used in moist wound healing financed by our public health service and 3) images of the main dressings (used in leg ulcer care through

moist wound healing) to which videos, images, text and audio were linked using the AR software Blippar®.

- Virtual learning station 4 “Lower limb compression therapy”. The fundamental aspects of this treatment are shown through 1) a multimedia presentation prepared by the nurse educator is accessed using a QR code and 2) an image of a multilayer bandage system with associated digital content using AR technology.

The students could log into Moodle® whenever they wished for two weeks. In addition, three synchronous sessions took place with all the participants and the nurse educator on the Microsoft Teams® communication platform.

Once the 4 virtual stations were finished, students were given the opportunity to complete a post-test on knowledge and skills, as well as questionnaires about the methodology used during the entire experience.

2.3. Instruments

The knowledge and skills pre-test and post-test were designed by 5 nursing experts in chronic wounds and 2 experts in pedagogy. The test was then piloted in third- and fourth-year nursing students, who confirmed that it was understood and well expressed. Each test had 20 multiple-choice questions, with 1 point awarded for correct answers and 0 points for incorrect answers, so the maximum score was 20 points. The selected questions and answers were the same in both tests but were presented in random order.

In addition, two validated questionnaires were used to measure different learning determinants after the experience:

- The first questionnaire validated by Ferrer-Torregrosa et al. (2016) included 16 items belonging to 3 dimensions: *Autonomous Work* (initiative and stimulation of work by oneself), *Attention and Motivation* (interest in the topic and low distraction) and *3D Comprehension* (perception of elements and three-dimensional understanding). This instrument was scored using a 4-point likert scale ranging from 1 (*never*) to 4 (*always*).
- The Instructional Material Motivational Survey (IMMS) initiated by Keller (2010) and adapted to our language by Barroso et al. (2016) comprised 36 items and the following 4 dimensions: *Confidence* (perceptions of personal control and hope for success), *Attention* (learners' interest, orientation reflex, curiosity and sensation seeking), *Satisfaction* (sense of fulfillment achieved during the learning process) and *Relevance* (how adequate an instrument is to fulfil needs and personal satisfaction). This instrument was scored using a 7-point likert scale ranging from 1 (*maximum disagreement*) to 7 (*maximum agreement*).

In both questionnaires, the scores of the seven dimensions were obtained using the average of the items that compose them. The Cronbach's alpha values of the questionnaires were 0.930 and 0.946, respectively, indicating a high reliability.

2.4. Data analysis

Descriptive statistics (means (M) and standard deviations (SD)) were obtained for all the outcome variables in the online learning sample. For this, the SPSS® for Mac (IBM Inc.) software was used. They include the three dimensions of the questionnaire by Ferrer-Torregrosa et al. (2016), the four dimensions of the IMMS, the results of the knowledge and skills tests (pre and post-test). Descriptive statistics were also collected for the post-test results of knowledge and skills performed in the face-to-face sample.

Wilcoxon test for related samples was performed comparing the results of the knowledge and skills tests with two levels: pre-test and post-test. This was done to contrast the effectiveness of the online learning project and since the data did not fit a normal distribution (Kolmogorov-Smirnov test).

Non-parametric (Mann-Whitney U) tests were performed for the results in the two questionnaires used in this research to compare the results of the learning project methodology (online vs face-to-face) on the learning determinants of the use of AR.

2.5. Ethical considerations

Full ethical approval was granted by the Bioethics Committee of the university where the experiment was carried out. This approval guaranteed ethical access to students as research participants, as well as

making it necessary to clearly explain to students that their participation in the study would not affect their progress or grades. To guarantee all this, an informed consent was obtained, where the students gave access to their academic data and knew all their rights as research participants. To ensure the freest possible participation, the students were informed that another educator would be in charge of collecting the research data.

3. Results

3.1. Sample characteristics

The sample consisted of 111 undergraduate nursing students, who carried out the experience during the SARS-COV-2 pandemic lockdown in our country. Of the total, 89.2% were females (n = 99) and 10.8% were males (n = 12). The average age was 20.88 years (SD= 3.94). The average grade in the individual academic record was 7.37 out of 10 points (SD= 0.51), with a minimum of 6.07 and a maximum of 8.52 points.

3.2. Effect of an AR-based teaching methodology on knowledge and skills test

A positive effect of an AR-based teaching methodology was obtained on the level of knowledge. Thus, while the average grade of the pre-test was 9.87 out of 20 points (SD= 2.60), in the post-test an average of 17.64 (SD= 2.35) was acquired. This was confirmed by the Wilcoxon test, revealing that student knowledge showed significant differences depending on the moment of their evaluation (pre/post experience). The knowledge obtained by the students after online learning project based on AR was superior to that obtained previously ($Z = -9.074$; $p \leq 0.001$).

3.3. Influence of AR on learning determinants in the experimental group

3.3.1. Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire

In the Ferrer-Torregrosa et al. questionnaire the participants obtained the same result in both the *Attention and Motivation* dimension (M=3.33 out of 4; SD=0.51) and in the *Autonomous Work* dimension (M=3.33; SD=0.66). However, the *3D Comprehension* dimension scored slightly lower (M=3.17; SD=0.56) (see Table 1).

Nursing students perceived that the online AR teaching methodology helped them revise at home (M=3.44; SD=0.75), strengthening their autonomous learning (M=3.39; SD=0.70). Likewise, the online AR project made it easier to understand leg ulcer care (M=3.39; SD=0.69) and to fix their attention (M=3.36; SD=0.63) through specifically designed content (see Table 1 for more details).

3.3.2. IMMS questionnaire

In the IMMS questionnaire, the nursing undergraduates showed a mean of 5.75 (SD=0.80) out of 7 in the *Relevance* dimension followed by the *Attention* dimension (M=5.54; SD=1.06), then the *Satisfaction* dimension (M=5.50; SD=1.16) and lastly the *Confidence* dimension (M=5.33; SD=0.80) (see Table 2).

The participants highlighted the relevance of the contents in their needs as future nurses (M= 6.49; SD=1.09), clearly understanding the AR-based lesson material (M=6.37; SD=1.16). The students also believed that the contents would be useful (M=6.34; SD=1.06) and that the audiovisual materials were fun (M=6.26; SD=1.11) (see Table 2 for more details).

3.4. Influence of learning methodology (online vs face-to-face) on learning determinants after AR experience

The Mann-Whitney U tests revealed a significant effect of the learning methodology on two of the three dimensions of the Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire: *Autonomous Learning*

Table 1
Means & standard deviations of each of the dimensions and items of the Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire measuring attention and motivation, autonomous work and comprehension.

	M	SD	Item	Likert scale (%)				M	SD	
				1	2	3	4			
				Never			Always			
FERRER-TORREGROSA ET AL. (2016) QUESTIONNAIRE DIMENSIONS	ATTENTION AND MOTIVATION	3.33	0.51	It helps me to fix my attention	0.0	8.1	47.7	44.1	3.36	0.63
				It helps me to retain the contents	0.0	12.6	51.4	36.0	3.23	0.66
				It motivates me to learn	0.9	12.6	41.4	45.0	3.31	0.72
				It makes it possible to study in different ways thus avoiding feeling frustrated	1.8	11.7	36.9	49.5	3.34	0.76
				It helps me to see/to imagine very clearly what I am being explained	1.8	8.1	45.0	45.0	3.33	0.70
				It helps me to understand nursing care for leg ulcers	0.9	9.0	40.5	49.5	3.39	0.69
				It helps me to understand the course without excessive explanations from the professor	1.8	10.8	45.9	41.4	3.27	0.73
				It helps me to revise at home	1.8	9.9	30.6	57.7	3.44	0.75
	AUTONOMOUS WORK COMPREHENSION	3.34	0.66	Active learning stimulates me	1.8	15.3	35.1	47.7	3.29	0.79
				It strengthens my autonomous learning	0.0	12.6	36.0	51.4	3.39	0.70
				It is able to make me recognize the etiology of leg ulcers	1.8	18.0	49.5	30.6	3.09	0.75
				It has allowed me to learn to guide the treatment of choice	0.9	14.4	55.9	28.8	3.13	0.68
				I can recognize the signs and symptoms of infection and take action	0.9	22.5	51.4	25.2	3.01	0.72
				I have improved my ability to select the most appropriate dressing based on the characteristics of the ulcer	0.0	11.7	53.2	35.1	3.23	0.65
				I have improved my ability to visualize the placement of the different dressings	1.8	12.6	42.3	43.2	3.27	0.75
				It has helped me to know how to apply basic care for leg ulcers (prevention, diagnosis and care)	0.0	7.2	54.1	38.7	3.32	0.60

Means (M), standard deviation (SD). All items were valued on a Likert-type scale rated from 1-never to 4-always.

(U=3104,5; p = 0.020) and 3D Comprehension (U=3167,0; p = 0.035). Thus, for the same AR experience the online group scored higher in the dimensions *Autonomous Learning* (M=3.34; SD=0.66) and *3D Comprehension* (M=3.17; SD=0.56) than their face-to-face counterparts (M=3.12; SD=0.62 and M=2.97; SD=0.54, respectively).

On the other hand, the Mann-Whitney U tests revealed a significant effect of the learning methodology on the *Attention* dimension of the IMMS (U=3163,0; p = 0.035). In this case, the face-to-face group scored higher (M=5.93; SD=0.66) than their online counterparts (M=5.54; SD=1.06).

4. Discussion

Our study enriches the understanding of the influence of an AR-based online learning experience on students' academic performance in clinical contents related to leg ulcer care. It also compares the results related to different learning determinants obtained in this online experience with those garnered in a face-to-face experience a year before. To the best of our knowledge, this project is the first to delve into the influence of AR-based online learning on academic performance, motivation and satisfaction towards learning in nursing students.

In relation to academic performance, Abbasi et al. (2020) stated that most health sciences students believe that e-learning is not effective in acquiring clinical skills. However, our findings have shown significant differences associated to having carried out the online AR-based experience, with knowledge and skills after learning being higher in accordance with other studies (Bork et al., 2019; Mendez et al., 2020). Thus, we agree with several authors that AR facilitates the teaching-learning process, improves learning methods in online education environments and offers nursing educators interesting possibilities for teaching innovation (Mendez et al., 2020; Uymaz and Uymaz, 2022).

Regarding motivation, satisfaction, attention, confidence, comprehension and autonomous work, participants have shown high scores in

the different dimensions measured through two validated questionnaires. These results are in line with those found in different health sciences degrees such as medicine (Bork et al., 2021; Khan et al., 2019; Kugelman et al., 2018) or podiatry (Ferrer-Torregrosa et al., 2016). However, little is known about the influence of AR on nursing students in particular, especially when working on content related to our own professional competences.

Regarding the IMMS questionnaire, the *relevance* dimension obtained the highest score. Recent studies have shown that knowledge acquisition and self-directed learning improve when AR is used (Garrett et al., 2015) and that nursing students accept this technology to a high degree (Uymaz and Uymaz, 2022). Although the environment is not a typical face-to-face laboratory, it seems logical to think this technology makes students perceive content as relevant. When analyzing the differences between the online and onsite groups, we observed statistically significant differences in relation to the *attention* dimension in favor of the face-to-face group. This could be because the physical presence of the educator and peers as well as the absence of external stimuli allow students to focus more on contents and facilitate their interaction and support.

In relation to the Ferrer-Torregrosa et al. (2016) questionnaire, students showed a high degree of motivation towards learning in both online and face-to-face experiences. Similar results were found in realistic e-learning cases during the lockdown (Rahm et al., 2021). We found significant differences in the *autonomous learning* and *3D comprehension* dimensions where scores were higher in the online experience. The differences between the two experiences may be due to students attending in-person and were only able to access the content during class. Meanwhile, the online experience makes learning more flexible, allowing the student to access the content at any time and place (Adarkwah, 2021; Goh, 2016).

According to The Council of Independent Colleges (2016), students feel more engaged when traditional learning is combined with online

Table 2
Means & standard deviations of each of the dimensions and items that compose the IMMS questionnaire measuring the ARCS motivational model.

	M	SD	Item	Likert scale (%)							M	SD		
				1 absolutely disagree	2	3	4	5	6	7 absolutely agree				
IMMS QUESTIONNAIRE DIMENSIONS	ATTENTION	1.06	There was something interesting at the beginning of this lesson that got my attention	3.6	3.6	0.9	9.9	20.7	30.6	22.5	5.23	1.59		
			This AR-technology is eye-catching	6.3	8.1	0.9	0.9	15.3	28.8	31.5	5.32	1.83		
			The quality of the AR material helped to hold my attention	2.7	6.3	3.6	9.9	13.5	33.3	30.6	5.48	1.61		
			This material is so abstract that it was hard to keep my attention on it §	1.8	1.8	2.7	4.5	10.8	32.4	45.9	6.01	1.32		
			The images, videos and notes of this lesson look dry and unappealing §	0.0	1.8	6.3	4.5	17.1	29.7	40.5	5.88	1.27		
			The way the information is arranged using this technology helped keep my attention	0.0	5.4	5.4	10.8	13.5	34.2	30.6	5.58	1.44		
			The information discovered through experience stimulated my curiosity	0.0	7.2	3.6	0.9	19.8	35.1	25.2	5.48	1.43		
			The amount of repetition in this activity caused me to get bored sometimes §	2.7	5.4	8.1	12.6	17.1	32.4	21.6	5.20	1.59		
			I learned some things about AR that were surprising or unexpected	8.1	9.9	6.3	16.2	18.0	22.5	18.9	4.69	1.88		
			The variety of audiovisual material helped keep my attention on the lesson.	1.8	4.5	1.8	7.2	20.7	34.2	29.7	5.62	1.41		
			The audiovisual material is boring §	0.0	0.9	3.6	4.5	7.2	27.0	56.8	6.26	1.11		
			There is so much content that it is irritating §	1.8	2.7	6.3	5.4	11.7	32.4	39.6	5.78	1.47		
	CONFIDENCE	0.80	When I first looked at this lesson, I had the impression that it would be easy for me	4.5	11.7	18.0	31.5	17.1	13.5	3.6	4.00	1.45		
			This material was more difficult to understand than I would like §	1.8	2.7	9.9	9.0	13.5	36.9	26.1	5.45	1.50		
			After reading the introductory information, I felt confident that I knew what I was supposed to learn from this lesson	0.9	2.7	5.4	14.4	22.5	32.4	21.6	5.39	1.34		
			There was so much information that it was difficult for me to remember the important points §	7.2	5.4	16.2	16.2	19.8	24.3	10.8	4.52	1.71		
			As I worked on this lesson, I was confident that I could learn the content	0.9	3.6	5.4	9.0	18.0	37.8	25.2	5.54	1.37		
			It was difficult to discover the digital information associated with the real image §	1.8	2.7	0.9	9.9	10.8	31.5	42.3	5.89	1.38		
			After working on this lesson for a while, I was confident that I would be able to pass a test on it	1.8	2.7	6.3	15.3	33.3	26.1	14.4	5.12	1.33		
			I could not really understand quite a bit of the material in this lesson §	1.8	1.8	0.9	0.9	1.8	33.3	59.5	6.37	1.16		
			The content was so well organized that it helped me be confident that I would learn this material	0.0	3.6	0.9	10.8	23.4	32.4	28.8	5.67	1.23		
			RELEVANCE	0.80	It is clear to me how the content of this material is	2.7	7.2	11.7	18.9	18.9	33.3	7.2	4.73	1.52

(continued on next page)

Table 2 (continued)

	M	SD	Item	Likert scale (%)							M	SD	
				1 absolutely disagree	2	3	4	5	6	7 absolutely agree			
			related to things I already know	1.8	4.5	3.6	9.0	13.5	25.2	42.3	5.73	1.54	
			There were no images, videos and texts that showed me how this material is related to things that I already know §	0.0	1.8	8.1	9.0	22.5	31.5	27.0	5.55	1.30	
			Completing this lesson successfully was important to me	4.5	3.6	0.9	5.4	9.0	30.6	45.9	5.86	1.60	
			The content of this material is relevant to my interests	0.9	1.8	12.6	17.1	16.2	36.0	15.3	5.15	1.39	
			There are explanations or examples of how people use the knowledge in this lesson	0.0	3.6	1.8	8.1	15.3	34.2	36.9	5.86	1.26	
			The content and audiovisual material in this lesson convey the impression that its content is worth knowing	1.8	0.0	1.8	1.8	3.6	19.8	71.2	6.50	1.09	
			This lesson was not relevant to my needs because I already knew most of it §	0.9	2.7	6.3	9.0	27.0	32.4	21.6	5.42	1.32	
			I could relate the content of this lesson to things I have seen, done, or thought about in my own life	0.0	1.8	0.9	4.5	7.2	25.2	60.4	6.34	1.06	
			The content of this lesson will be useful to me	0.0	1.8	8.1	9.0	22.5	31.5	27.0	5.54	1.30	
	SATISFACTION	5.50	1.16	Completing the exercises in this lesson gave me a satisfying feeling of accomplishment	0.0	1.8	8.1	9.0	22.5	31.5	27.0	5.54	1.30
			I enjoyed this lesson so much that I would like to know more about this topic	0.9	7.2	6.3	14.4	27.0	25.2	18.9	5.11	1.49	
			I really enjoyed studying this lesson	0.9	1.8	7.2	9.9	17.1	31.5	31.5	5.61	1.38	
			The wording of feedback after the exercises, or of other comments in this lesson, helped me feel rewarded for my effort	2.7	2.7	4.5	9.9	26.1	28.8	25.2	5.41	1.45	
			It felt good to successfully complete this lesson	0.9	4.5	2.7	17.1	19.8	29.7	25.2	5.40	1.41	
			It was a pleasure to work on such a well-designed lesson	0.9	1.8	4.5	8.1	14.4	24.3	45.9	5.90	1.36	

Means (M), standard deviation (SD). All items were valued on a Likert-type scale rated from 1-maximum disagreement to 7-maximum agreement. §Negative statements were reverse coded, so a higher score indicates greater disagreement.

learning. In this way, based on our findings and according to Mendez et al. (2020), once online content continues to grow and AR becomes popular, nurse educators will be able to generate advanced knowledge. All this makes us consider the possibility of developing a blended learning experience combining the benefits of each of the teaching modalities. Counting on AR is fundamental to promote the teaching-learning process in the field of Nursing in a cost-effective way.

4.1. Strengths and limitations

To the best of our knowledge, this study represents the first research in describing an online AR experience in nursing as well as comparing the influence of AR in an online and face-to-face experience. Therefore, this article contributes to mitigate the lack of research on the effects of AR specifically in nursing education. Creating and incorporating the materials into the virtual campus is a heavy workload for the educators team but could provide a valuable alternative to face-to-face education in the metaverse era. In this way, the continuous increase in students in nursing schools, changes in the syllabus or time limitations for teaching

could be compensated. However, this study has the typical biases of non-randomized quasi-experimental designs. It is necessary to carry out larger and multicenter studies to generalize the results.

5. Conclusions

Our study has shown that AR positively influences academic performance and diverse educational variables related to motivation when this experience is carried out online. It is necessary to underline that, compared with the face-to-face experience, the online one scored higher in autonomous learning and 3D comprehension. This may happen happens because these aspects adjust to the pace of each student. However, attention was better in the face-to-face experience. Therefore, there is room for improvement in future AR ranged experiences. These findings show that blended-learning experiences, widely promoted since the pandemic, have benefits which should be taken advantage of, such as improving the educational experience as well as enhancing learning determinants and academic performance.



Ethical approval

The study was approved by the Bioethics Committee of the University of Santiago de Compostela to ensure participant and student rights.

Funding source

This study has been partially financed by the competitive call for teaching innovation projects of the National Conference of Deans of Nursing in Spain -CNDE-(PID_02CNDE2020).

Declaration of Competing Interest

We wish to confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no financial support for this work that could have influenced its outcome. We confirm that the manuscript has been read and approved by all named authors and that there are no other persons who satisfied the criteria for authorship but are not listed. We further confirm that the order of authors listed in the manuscript has been approved by all of us. We confirm that we have given due consideration to the protection of intellectual property associated with this work and that there are no impediments to publication, including the timing of publication, with respect to intellectual property. In so doing we confirm that we have followed the regulations of our institutions concerning intellectual property. We further confirm that any aspect of the work covered in this manuscript that has involved human patients has been conducted with the ethical approval of all relevant bodies and that such approvals are acknowledged within the manuscript. We understand that the Corresponding Author is the sole contact for the Editorial process (including Editorial Manager and direct communications with the office). She is responsible for communicating with the other authors about progress, submissions of revisions and final approval of proofs. We confirm that we have provided a current, correct email address which is accessible by the Corresponding Author and which has been configured to accept email from your journal and publishing company.

Acknowledgements

We are grateful to Diego Lopez-Cao for his services in editing the manuscript.

Author statement

Carlos Rodríguez-Abad: design of the work, acquisition and analysis of the data and drafting the work. **Alba-Elena Martínez Santos:** design of the work, acquisition of the data and drafting the work. **Josefa-del-Carmen Fernández-de-la-Iglesia:** design of the work, analysis and interpretation of the data and drafting the work. **Raquel Rodríguez-González:** project administration, design of the work, acquisition of the data and drafting the work. All of them gave final approval of the version to be published.

References

Abbasi, M.S., Nasser, A., Batool, S., Abdullah, A., Sumera, S., Shaur, S., Rana, A., Fahim, V., Tariq, A., 2020. E-Learning perception and satisfaction among health sciences students amid the COVID-19 pandemic. *Work* 67 (3), 549–556. <https://doi.org/10.3233/WOR-203308>.

Adarkwah, M.A., 2021. "I'm not against online teaching, but what about us?": ICT in Ghana post Covid-19. *Educ. Inf. Technol.* 26 (2), 1665–1685. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10331-z>.

Aljaradeh, Y., Bataineh, K.A., 2019. Jordanian students' barriers of utilizing online learning: a survey study. *Int. Educ. Stud.* 12 (5), 99–108.

Atkin, L., Bučko, Z., Conde Montero, E., Cutting, K., Moffatt, C., Probst, A., Romanello, M., Schultz, G.S., Tettelbach, W., 2019. Implementing TIMERS: the race against hard-to-heal wounds. *J. Wound Care* S1–S50. <https://doi.org/10.12968/jowc.2019.28.Sup3a.S1>.

Barroso, J.M., Cabero Almenara, J., Moreno-Fernández, A.M., 2016. La utilización de objetos de aprendizaje en realidad aumentada en la enseñanza de la medicina. *Int. J. Technol. Educ. Innov.* 2 (2), 77–83. <https://doi.org/10.20548/innoeuca.2016.v2i2.1955>.

Bobbink, P., et al., 2022. E-Learning and blended-learning program in wound care for undergraduate nursing students. *J. Nurs. Educ.* 61 (1), 53–57. <https://doi.org/10.3928/01484834-20211203-03>.

Bork, F., et al., 2019. The benefits of an augmented reality magic mirror system for integrated radiology teaching in gross anatomy. *Anat. Sci. Educ.* 12, 585–598. <https://doi.org/10.1002/ase.1864>.

Bork, F., et al., 2021. The effectiveness of collaborative augmented reality in gross anatomy teaching: A quantitative and qualitative pilot study. *Anat. Sci. Educ.* 14 (5), 590–604. <https://doi.org/10.1002/ase.2016>.

Ferrer-Torregrosa, J., et al., 2016. Distance learning ects and flipped classroom in the anatomy learning: Comparative study of the use of augmented reality, video and notes. *BMC Med. Educ.* 16, 230. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0757-3>.

Garrett, B.M., et al., 2015. Augmented reality in-learning to enhance nursing skills acquisition in the clinical skills laboratory. *Interact. Technol. Smart Educ.* 12 (4), 298–314. <https://doi.org/10.1108/ITSE-05-2015-0013>.

Gewin, V., 2020. Five tips for moving teaching online as COVID-19 takes hold. *Nature* 580 (7802), 295–296. <https://doi.org/10.1038/d41586-020-00896-7>.

Goh, P.S., 2016. eLearning for technology enhanced learning in medical education—Hope, not hype. *Med. Teach.* 38, 957–958. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2016.1147538>.

Grønlien, H.K., et al., 2021. A blended learning teaching strategy strengthens the nursing students' performance and self-reported learning outcome achievement in an anatomy, physiology and biochemistry course-A quasi-experimental study. *Nurse Educ. Pract.* 52, 103046 <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103046>.

Güven Özdemir, N., Sonmez, M., 2021. The relationship between nursing students' technology addiction levels and attitudes toward e-learning during the COVID-19 pandemic: a cross-sectional study. *Perspect. Psychiatr. Care* 57 (3), 1442–1448. <https://doi.org/10.1111/ppc.12710>.

Huun, K., 2018. Virtual simulations in online nursing education: align with quality matters. *Clin. Simul. Nurs.* 22, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.cns.2018.07.002>.

Immonen, K., Oikarainen, A., Tomietto, M., Kärräinen, M., Tuomikoski, A., Kaučić, B. M., Mikkonen, K., 2019. Assessment of nursing students' competence in clinical practice: a systematic review of reviews. *Int. J. Nurs. Stud.* 100, 103414 <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2019.103414>.

Keller, J.M., 2010. *Motivational Design for Learning and Performance: The ARCS Model Approach*. Springer, New York, NY.

Khan, T., et al., 2019. The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Adv. Hum. -Comput. Interact.* 2019, 7208494. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>.

Kielo, E., et al., 2019. Competence areas for registered nurses and podiatrists in chronic wound care, and their role in wound care practice. *J. Clin. Nurs.* 28 (21–22), 4021–4034. <https://doi.org/10.1111/jocn.14991>.

Kim, S.H., Park, S., 2021. Influence of learning flow and distance e-learning satisfaction on learning outcomes and the moderated mediation effect of social-evaluative anxiety in nursing college students during the COVID-19 pandemic: A cross-sectional study. *Nurse Educ. Pract.* 56, 103197 <https://doi.org/10.1016/j.nepr.2021.103197>.

Li, C., et al., 2019. The effects of blended learning on knowledge, skills and satisfaction in nursing students: A meta-analysis. *Nurse Educ. Today* 82, 51–57 <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2019.08.004>.

Lira, A.L.B.C., et al., 2020. Nursing education: challenges and perspectives in times of the COVID-19 pandemic. *Rev. Bras. De Enferm.* 73 (suppl 2), e20200683 <https://doi.org/10.1590/0034-7167-2020-0683>.

Liu, Q., Peng, W., Zhang, F., Hu, R., Li, Y., Yan, W., 2016. The effectiveness of blended learning in health professions: systematic review and meta-analysis. *J. Med. Internet Res.* 18 (1), e4807 <https://doi.org/10.2196/jmir.4807>.

Martínengo, L., et al., 2019. Prevalence of chronic wounds in the general population: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Ann. Epidemiol.* 29, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.amepidem.2018.10.005>.

Martínez-Santos, A.-E., Tizón Bouza, E., Pesado Cartelle, J.A., 2019. Conocimiento enfermero sobre prevención, diagnóstico y cuidados de las úlceras de extremidad inferior en un área sanitaria. *Gerokomos* 30 (1), 34–41 (Retrieved from). <http://scie.losciencias/scielo.php?script=sci.artext&pid=S1134-928-2019000100034&lng=es&tlng=pt>.

Masha'al, D., et al., 2020. Distance learning-related stress among undergraduate nursing students during the COVID-19 pandemic. *J. Nurs. Educ.* 59 (12), 666–674. <https://doi.org/10.3928/01484834-20201118-03>.

Mendez, K.J., et al., 2020. Virtual and augmented reality: implications for the future of nursing education. *Nurse Educ. Today* 93, 104531. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104531>.

Missen, K., et al., 2016. Qualified nurses' perceptions of nursing graduates' abilities vary according to specific demographic and clinical characteristics: A descriptive quantitative study. *Nurse Educ. Today* 45, 108–113. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.07.001>.

Moore, J.L., et al., 2011. e-Learning, online learning and distance learning environments: are they the same? *Internet High. Educ.* 14 (2), 129–135. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2010.10.001>.

Raman, J., 2015. Mobile technology in nursing education: where do we go from here? A review of the literature. *Nurse Educ. Today* 35 (5), 663–672. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2015.01.018>.

Rodríguez-Abad, C., Fernández-de-la-Iglesia, J.D., Martínez-Santos, A.E., Rodríguez-González, R., 2021. A systematic review of augmented reality in health sciences: a

C. Rodríguez-Abad et al.

Nurse Education in Practice 71 (2023) 103715

- guide to decision-making in higher education. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 18 (8), 4262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>.
- Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Martínez-Santos, A.E., Fernández-de-la-Iglesia, J.D., 2022. Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: a quasi-experimental study in nursing students. *Nurse Educ. Today* 119, 105565. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105565>.
- Sahu, P., 2020. Closure of universities due to coronavirus disease 2019 (COVID-19): impact on education and mental health of students and academic staff. *Cureus* 12 (4), e7541. <https://doi.org/10.7759/cureus.7541>.
- Song, C.E., Park, H., 2021. Active learning in E-learning programs for evidence-based nursing in academic settings: a scoping review. *J. Contin. Educ. Nurs.* 52 (9), 407–412. <https://doi.org/10.3928/00220124-20210804-05>.
- UNESCO. (2020). COVID-19 Educational Disruption and Response. Retrieved from <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>.
- Uymaz, P., Uymaz, A.O., 2022. Assessing acceptance of augmented reality in nursing education. *PLoS One* 17 (2), e0263937. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263937>.
- Welsh, L., 2018. Wound care evidence, knowledge and education amongst nurses: a semi-systematic literature review. *Int. Wound J.* 15 (1), 53–61. <https://doi.org/10.1111/ijwj.12822>.
- Wüller, H., et al., 2019. A scoping review of augmented reality in nursing. *BMC Nurs.* 18, 19. <https://doi.org/10.1186/s12912-019-0342-2>.

5.4. OTRAS ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA Y DIVULGACIÓN DESARROLLADAS DURANTE EL PERIODO FORMATIVO PREDOCTORAL

5.4.1. Estancias docentes

A continuación, se mencionan las estancias docentes realizadas durante el periodo predoctoral:

- Estancia docente internacional. Instituto Politécnico de Portalegre (Portugal), realizada entre el 10 y 14 de mayo de 2021.

Resolución de 26 de outubro de 2020 (número de asiento: 2020/O00018931s2000018877), de axudas para a mobilidade de docentes da Universidade de Santiago de Compostela cara o Espazo Europeo de Educación Superior, dentro do Programa Erasmus+. Convenio de subvención Nº 2019-1-ES01-KA103-060347

- Estancia docente internacional. *Cooperativa de Ensino Superior Politécnico e Universitario (Escola Superior de Saúde Vale do Ave y Escola Superior de Enfermagem do Tâmega e Sousa)*, (Portugal), realizada entre el 12 y el 16 de diciembre de 2022.

Resolución de 14 de setembro 2022 (número de asiento: 2022/REGAGE22s00040212184), de axudas para a mobilidade de docentes da Universidade de Santiago de Compostela cara o Espazo Europeo de Educación Superior, dentro do Programa Erasmus+ KA131, Curso 202

5.4.2. Capítulos de libro

- Rodríguez-Abad, C., Fernández de la Iglesia, C., Rodríguez-González, R., & Martínez-Santos, A. E. (2021). Augmented reality for the teaching-learning of cardiac physiology in the nursing degree: students' perception. En A. Carvalho de Oliveira (Ed.), *Estímulo à transformação da educação através da pesquisa acadêmica* (pp. 183-194). Atena Editora.
- Martínez Santos, A. E., Rodríguez González, R., Fernández de la Iglesia, C., Arantón Areosa, L., & Rodríguez Abad, C. (2022). Conocimiento de las Enfermeras sobre úlceras de extremidades inferiores, una propuesta de formación continuada basada en evidencia. En D. Cobos-Sanchiz, E. Lopez-Meneses, A. Martín-Padilla, L. Molina-García, A. Jaén-Martínez (Eds.), *Educación y Sociedad: Pensamiento e innovación para la transformación social (pp. 1952-1960)*. Dykinson.
- Rodríguez Abad, C., Fernández de la Iglesia, C., Rodríguez González, R., & Martínez Santos, A. E. (2022). Realidad aumentada para la formación enfermera: satisfacción y autoconfianza del alumnado de grado. En D. Cobos-Sanchiz, E. Lopez-Meneses, A. Martín-Padilla, L. Molina-García, A. Jaén-Martínez (Eds.), *Educación para transformar: Innovación pedagógica, calidad y TIC en contextos formativos* (pp. 2292-2299). Dykinson.
- Martínez-Santos, A. E., Fernández de la Iglesia, C., Rodríguez-González, R., Casal Otero, L., Cebreiro, B., Fernández-Morante, C., & Rodríguez- Abad, C. (2023). Influence of personal variables in blood donation in Education Science undergraduates. En P. Membiela, & M. I. Cebreiros, (Eds.), *Desafíos de la docencia universitaria actual* (pp. 69-73). Educación Editora.

- Rodríguez Abad, C., Rodríguez González, R., Fernández de la Iglesia, C., López Cambeiro, M., & Martínez Santos, A. E. (2023). Intervención educativa basada en realidad aumentada para la enseñanza-aprendizaje de la anatomía funcional del corazón. En P. Membiela, & M. I. Cebreiros, (Eds.), *Desafíos de la docencia universitaria actual* (pp. 111-116). Educación Editora.
- Rodríguez Abad, C., Rodríguez González, R., Vicho de la Fuente, N., & Fernández de la Iglesia, C. (2023). Rendimiento académico de estudiantes de enfermería empleando metodología tradicional vs. basada en realidad aumentada. En E. López-Meneses, & C. Bernal-Bravo (Eds.), *Educación, Tecnología, Innovación y Transferencia del Conocimiento* (pp. 1589-1602). Dykinson.

5.4.3. Presentaciones en congresos científicos

- **Póster:** Martínez-Santos, A. E., Rodríguez-González, R., Fernández-de-la-Iglesia, C., & Rodríguez-Abad, C. (2021, Enero 27-29). *Realidad Aumentada en Educación Superior en Ciencias de la Salud. Una revisión de los instrumentos de desarrollo* [Póster]. XI Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria, la Transformación Digital de la Universidad (pp. 2030-2032). Tenerife, España.
- **Comunicación:** Rodríguez-Abad, C., Fernández-de-la-Iglesia, C., Rodríguez-González, R., & Martínez- Santos, A. E. (2021, Enero 27-29). *Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje de la fisiología cardíaca en el grado de Enfermería: percepción de los estudiantes* [Comunicación]. XI Congreso Iberoamericano de Docencia Universitaria, la Transformación Digital de la Universidad (pp. 1894-1906). Tenerife, E

- **Comunicación:** Rodríguez-Abad, C., Fernández-de-la- Iglesia, C., Rodríguez-González, R., & Martínez- Santos A.E., (2022, Mayo 25-27). *Satisfacción y autoconfianza en el aprendizaje con Realidad Aumentada en el Grado de Enfermería* [Comunicación]. INNOVAGOGÍA 2022: VI Congreso Virtual Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa. (pp. 2292-2299).
- **Comunicación:** Martínez-Santos, A. E., Rodríguez- González, R., Fernández-de-la-Iglesia, C., Arantón-Areosa, L., & Rodríguez-Abad, C. (2022, Mayo 25-27). *Úlceras de extremidades inferiores: necesidades formativas basadas en la evidencia enfermera* [Comunicación]. INNOVAGOGÍA 2022: VI Congreso Virtual Internacional sobre Innovación Pedagógica y Praxis Educativa. ISBN 978-84-1122-469-7

5.4.4. Ponencias invitadas.

- Ponente en el Seminario Internacional de Enfermería organizado por la *Escola Superior de Emfermagem do Tâmega e Sousa do Instituto Politécnico da Saúde do Norte (CESPU)* (13 de diciembre de 2022).
- Ponente del Taller *Creación de material didáctico interactivo con realidad aumentada y vídeos* en el *XVII Congreso Nacional y IX Iberoamericano de Pedagogía. La Educación en Red. Realidades diversas, horizontes comunes* (7 al 9 de julio de 2021).

5.4.5. Registro de la propiedad intelectual.

- Durante el periodo predoctoral se desarrollaron una serie materiales docentes con el fin de contribuir tanto en la formación

inicial como en la formación permanente, del personal sanitario que preste cuidados a los pacientes con UEI. La obra se incluyó en el Registro General de la Propiedad Intelectual bajo el título *Diagnóstico, prevención y tratamiento de las úlceras de las extremidades inferiores a través de la realidad aumentada*.

Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Fernández-de-la-Iglesia, J. C., Martínez-Santos, A. E. (2021). *Diagnóstico, prevención y tratamiento de las úlceras de las extremidades inferiores a través de la realidad aumentada*. España Nº Asiento Registral: 03/2021/865). Ministerio de Cultura y Deporte.

5.4.6. Premios recibidos.

- Financiación máxima al proyecto presentado a la 4ª Convocatoria de Proyectos de Investigación e Innovación Docente para la Mejora de la Docencia Universitaria de la Conferencia Nacional de Decanos/as de Enfermería, bajo el título *Una experiencia de innovación educativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la fisiología cardíaca a través de realidad aumentada* (24 de junio de 2021).
- 1er. premio al mejor póster entre los presentados al XX Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Radiológica, celebrado en Gijón entre el 29 de septiembre y 1 de octubre de 2022.

Turnes-Cordeiro, M. I., & Rodríguez-Abad, C., (2022, Septiembre 29 -Octubre 1). *Descripción de las competencias del alumnado de Enfermería en el servicio de Radiología. Guía de evaluación* [Póster]. XX Congreso de la Sociedad Española de Enfermería Radiológica. Gijón, España.

6

Discusión

6. DISCUSIÓN

Las investigaciones desarrolladas en esta tesis doctoral por compendio de publicaciones contribuyen a aportar evidencia sobre el uso de la RA en la educación superior en Ciencias de la Salud. Además, los resultados arrojan luz en un campo poco explorado, ya que tratan de determinar la influencia de una metodología docente basada en esta tecnología inmersiva sobre el rendimiento académico y factores determinantes del proceso de aprendizaje en estudiantes de segundo curso del grado en Enfermería de la USC.

Los objetivos que guiaron el desarrollo de esta tesis giran en torno a tres ejes fundamentales:

- ✓ Mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado mediante una metodología docente basada en RA
- ✓ Describir la influencia de la RA en determinantes del aprendizaje como atención, aprendizaje autónomo y comprensión
- ✓ Determinar la influencia de la RA en la motivación del alumnado hacia el aprendizaje

Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura existente y dos estudios de campo que se desarrollaron en la Facultad de Enfermería de la USC durante los cursos académicos 2018/2019 y 2019/2020. En ambos estudios de campo, la muestra de estudio estuvo formada por el

alumnado de segundo curso del grado en Enfermería matriculado en la asignatura Enfermería Clínica I.

6.1. BENEFICIOS DE LA RA EN EDUCACIÓN SUPERIOR

En la última década la educación superior ha experimentado un profundo cambio metodológico al situar al estudiante en el centro del proceso de enseñanza-aprendizaje. En este nuevo paradigma, el rol del docente como simple trasmisor de conocimientos pierde protagonismo en favor del discente, que se convierte en un sujeto activo en su propio proceso de aprendizaje (De Pablos, 2007). De este modo, el profesorado también se ve involucrado en un profundo cambio. Así, debe evolucionar desde ese rol de mero trasmisor de contenido hacia una figura que se transforma en un guía que debe canalizar su esfuerzo a estimular el aprendizaje y, por tanto, que debe facilitar al estudiante la adquisición de competencias para responder a las necesidades que surjan a lo largo de la vida (Altbach, 2007; Montero 2010). Para ello, explorar nuevas metodologías docentes apoyadas en las TIC, con el fin de generar experiencias de aprendizaje más pertinentes y creativas que satisfagan las necesidades educativas del alumnado, se convierte en una parte imprescindible de sus atribuciones (Adarkwah, 2021; Aguilar et al., 2019; Okoye et al., 2020). La implementación de tecnologías educativas enmarcadas en un correcto diseño curricular, pueden impulsar este cambio de modelo educativo (Ferrer-Torregrosa et al., 2016).

Entre las TIC, la RA se perfila como una tecnología que puede aportar innumerables beneficios a los procesos de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de la educación (Alegría-Martín, 2015). Por supuesto, la educación superior en Ciencias de la Salud no es una excepción a esta tendencia y, por

tanto, también se beneficia de las numerosas bondades de la implementación de metodologías docentes que incluyan herramientas tecnológicas como la RA (Rodríguez-Abad et al., 2021).

Por medio de la tecnología de RA se pueden generar experiencias educativas que no serían posibles en un entorno completamente real ni virtual. De este modo, la RA aumenta las posibilidades de interacción con el mundo real, al generar un entorno híbrido que combina elementos reales y virtuales (Akçayır y Akçayır, 2017). Entre los múltiples beneficios que la RA aporta al ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud se puede destacar que facilita la adquisición de habilidades para la toma de decisiones y desempeño de procedimientos, en especial, en individuos con poca experiencia (Jorge et al., 2016). Contribuye a mejorar la interactividad y el realismo de los espacios de aprendizaje, lo que aumenta la satisfacción, la confianza y el compromiso del alumnado con la experiencia de aprendizaje (Agudelo Vizcaíno et al., 2019; Quqandi et al., 2018; Rochlen et al., 2017; Vaughn et al., 2016). Al mismo tiempo, promueve el aprendizaje autónomo y colaborativo al facilitar la ubicuidad, es decir, el acceso a los contenidos en cualquier momento y lugar, lo que permite adaptar el ritmo de aprendizaje de cada estudiante a sus características personales (Cassany y Sacristán, 2013; Goh, 2016; Jamali et al., 2015; Moro et al., 2017). Además, uno de los aspectos más relevantes de la RA aplicada a los procesos de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud consiste en la visualización de modelos 3D. Éstos simplifican enormemente la comprensión espacial de las estructuras anatómicas porque permiten interactuar y observar el objeto desde diferentes perspectivas y posiciones. Por ello, esta tecnología inmersiva resulta especialmente atractiva para la adquisición de competencias relacionadas con la anatomía humana que, tradicionalmente, se adquieren a través de representaciones bidimensionales que generan una experiencia

de aprendizaje unidireccional o pasiva (Bogomolova et al, 2020; Cabero et al., 2018, Ferrer-Torregrosa et al., 2016; Messier et al., 2016).

La RA facilita el estudio y comprensión de fenómenos invisibles o difíciles de observar en el mundo real, por lo que se convierte en una herramienta útil para salvar las dificultades de aprendizaje que entrañan ciertos fenómenos invisibles en el mundo real (Wu et al., 2013).

6.2. RENDIMIENTO ACADÉMICO

La comunidad educativa ha dedicado grandes esfuerzos a investigar el rendimiento académico, que se define como el logro conseguido por el/la alumno/a en su formación (De Pablos, 2007).

Este complejo concepto constituye, probablemente, la dimensión más importante del proceso de enseñanza-aprendizaje (Lozano-Blasco et al., 2022; Navarro, 2003) y se ve influenciado por múltiples variables. Algunas de ellas son la metodología docente empleada en el proceso, así como la motivación del alumnado (Beraún, 2021; Navarro, 2003).

En esta tesis doctoral se investigó la influencia de una metodología docente basada en RA sobre el rendimiento académico de estudiantes del grado en Enfermería en contenidos curriculares relacionados con los cuidados Enfermería en pacientes con UEI. Para ello, se desarrollaron dos estudios de campo.

6.2.1. En el primer estudio de campo

Se contrastó si una metodología docente basada en RA mejora el grado de conocimiento del alumnado mediante la evaluación inicial y final de conocimientos a través de cuestionario administrado al grupo control

(metodología docente sin RA) y experimental (metodología docente con RA) (Rodríguez-Abad et al., 2022).

Los resultados obtenidos mostraron que ambos grupos mejoraron las calificaciones en el cuestionario de evaluación final, aunque resulta destacable que, partiendo del mismo nivel de conocimientos, el grupo experimental, que empleó una metodología docente basada en RA, obtuvo unos resultados significativamente mejores en el cuestionario de evaluación final que el grupo control, que empleó una metodología docente sin RA.

Estos hallazgos están en línea con los resultados obtenidos por otros autores en investigaciones relacionadas con la adquisición de conocimiento a través de una metodología docente que emplea la RA en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud. De este modo, los resultados obtenidos por Barmaki et al. (2019) mostraron que el alumnado de segundo curso del grado en Medicina que utilizó RA en el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos relacionados con el sistema musculoesquelético, obtuvo un grado de conocimiento significativamente superior al grupo que utilizó una metodología docente sin RA. La visión tridimensional estereoscópica que proporciona la RA puede facilitar la adquisición de conocimiento de la anatomía del miembro inferior, especialmente en alumnado con baja con baja capacidad visual espacial (Bomogolova et al., 2019). Además, en este tipo de alumnos/as, la RA mejora la comprensión espacial de la anatomía macroscópica, por lo que los resultados obtenidos en los cuestionarios de evaluación sobre contenidos de anatomía humana por los que utilizaron RA como metodología docente, fueron significativamente superiores a los resultados del alumnado que utilizó una metodología docente sin RA (Bork et al., 2019).

El rendimiento académico del alumnado que utilizó RA también mejoró significativamente con respecto al alumnado que no utilizó RA para el aprendizaje de la anatomía humana (Ferrer-Torregrosa et al., 2016; Jamali et al., 2015). Así mismo, mejoró significativamente la capacidad diagnóstica de heridas crónicas del alumnado de primer curso de Enfermería (Jorge et al., 2016).

El uso de aplicaciones móviles de RA permitió al alumnado que utilizó esta metodología docente para el aprendizaje de la neuroanatomía, obtener un mayor rendimiento académico. Además, se empleó una menor carga cognitiva en el proceso, por lo que la RA proporcionó un proceso de aprendizaje más efectivo (Küçüc et al., 2016).

En áreas de conocimiento de educación superior diferentes a las ciencias de la salud, la RA también se mostró como una valiosa herramienta para mejorar las capacidades de aprendizaje del alumnado. De este modo, los resultados de la investigación desarrollada por Alkayir et al. (2016), mostraron que la RA mejoró la capacidad de aprendizaje de los/as estudiantes de Ciencias, ya que pudieron observar fenómenos como el movimiento molecular que resultan invisibles en el mundo real. De modo similar, Solak y Cakir (2015) observaron que la RA mejoró el rendimiento académico de estudiantes universitarios en la adquisición de competencias en contenidos curriculares relacionados con los idiomas.

Además, el uso didáctico de la RA también tuvo influencia positiva en los logros académicos de los/as estudiantes de educación primaria (Chiang et al., 2014) y de educación secundaria (Ibañez et al., 2014).

Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos en la investigación de Henssen et al. (2020) en relación con el rendimiento académico. Los datos no muestran diferencias significativas entre el grupo de estudiantes que empleó RA para el aprendizaje de estructuras anatómicas cerebrales y el grupo que utilizó una metodología docente

tradicional. Este hecho puede estar relacionados con que la alternativa a la metodología docente con RA consistió en una metodología basada en material cadavérico, considerado el *gold standard* en el estudio de la anatomía (Henssen et al. 2020). Sin embargo, la utilización de material cadavérico con fines docentes acarrea un sinfín de limitaciones relacionadas con aspectos económicos, éticos y de carencias de personal de supervisión cualificado (Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Turney, 2007). Por este motivo, en la actualidad las tecnologías que permiten visualizaciones en 3D de estructuras anatómicas, como la RA, pueden ser una valiosa herramienta a implementar en el aula junto con los métodos docentes tradicionales para la enseñanza-aprendizaje de la anatomía humana (Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Yammine y Violato, 2015).

Del mismo modo, una metodología docente basada en RA se mostró igual de efectiva que una metodología sin RA en la retención de conocimiento adquirido sobre la anatomía del mediastino a corto y largo plazo (Nørgård et al. 2019) o para la adquisición de conocimientos relacionados con la anatomía humana (Moro et al., 2017).

6.2.2. El segundo estudio de campo

Pretende ahondar en el conocimiento acerca de la influencia de una experiencia educativa *online* basada en RA sobre el rendimiento académico del alumnado en contenidos curriculares relacionados con el cuidado de Enfermería de las UEI

(Rodríguez-Abad et al., 2023). Hasta donde sabemos, no se han realizado estudios previos sobre la influencia de una experiencia educativa *online* basada en RA sobre el rendimiento académico. Aun así, la mayoría de los/as estudiantes de Educación Superior en Ciencias de la Salud opina que el aprendizaje *online* no es eficaz para la adquisición de competencias

relacionadas con habilidades clínicas y, por tanto, no mejora el rendimiento académico en este ámbito (Abassi, et al., 2020). Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestra investigación mostraron una influencia positiva de la metodología docente *online* basada en RA sobre el rendimiento académico. De este modo, los resultados de la prueba de conocimientos y habilidades obtenidos por los/as estudiantes después de la experiencia educativa, fueron significativamente superiores a los obtenidos en la prueba previa a la misma. Estos hallazgos están en consonancia con los obtenidos por otros autores sobre la influencia de la RA en el rendimiento académico (Bork et al., 2019; Méndez et al., 2020). De este modo, coincidimos con diversos investigadores en que la RA facilita el proceso de enseñanza-aprendizaje, mejora la metodología docente en entornos de educación *online* y representa una herramienta tecnológica muy valiosa para avanzar en la innovación docente en el ámbito de la educación superior en Enfermería (Méndez et al., 2020; Uymaz y Uymaz, 2022; Wüller et al., 2019).

6.3. MOTIVACIÓN COMO DETERMINANTE DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.

De un modo intuitivo se comprende a qué nos referimos con el término motivación, aunque realmente no existe un acuerdo en cuanto a su definición. El único aspecto en el que coinciden la mayoría de los investigadores es que la motivación hace referencia a la orientación y magnitud del comportamiento humano (Dörnyei 2001; Kleinginna y Kleinginna, 1981).

La motivación ocupa un lugar destacado como una de las principales variables que condiciona el proceso de enseñanza-aprendizaje (Di Serio et al., 2013; Gopalan et al., 2017; Jeamu et al., 2008; Navarro 2003) y resulta

un elemento imprescindible para que se dé el aprendizaje (Álvarez et al., 2007; Covington, 2000; Di Serio et al., 2013; Fives et al., 2022). Lo contrario también es cierto, es decir, la ausencia de motivación es un gran impedimento para el aprendizaje (Jeamu et al., 2008) y, por tanto, el/la estudiante no aprenderá si no está motivado (Dörnyei 2001; Keller 2010). Aquellos/as alumnos/as que están motivados/as para aprender tienen más posibilidades de adquirir las competencias docentes que aquellos/as que no lo están (Efklides et al., 2001; Keller 1979; Pintrich 1999; Schmidt 2007). Además, estos/as alumnos/as desempeñarán un papel proactivo en las actividades curriculares sin esperar ninguna recompensa externa, fidelizando su contribución y su compromiso con el entorno de aprendizaje (Skinner y Belmont, 1993). La metodología empleada en el proceso, los contenidos docentes, así como el comportamiento del profesorado, pueden causar un efecto desmotivador en el alumnado, lo que dificulta en gran medida el proceso de aprendizaje (Dörnyei 2001, Keller 2010). Pese a ello, algunos/as docentes tienen la creencia de que la motivación del alumnado es responsabilidad de los/as propios/as estudiantes y, por tanto, ignoran el efecto que la metodología docente que emplean en el aula produce en la motivación de su alumnado (Keller 2010).

El ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud no es una excepción y, por tanto, la motivación del alumnado representa un asunto de gran interés, ya que, además de condicionar el rendimiento académico, genera bienestar en el estudiante y repercute positivamente en la asistencia a los pacientes (Orsini et al., 2016).

Especialmente relevante resulta la influencia positiva de la RA sobre la motivación hacia el aprendizaje de los/as estudiantes de Ciencias de la Salud (Cabero et al., 2018; Jamali et al., 2015; Kuguelmann et al., 2018; Vaughn et al., 2016). De este modo, aumentar la motivación del alumnado se ha convertido en un gran reto para el profesorado, que debe

implementar en el aula métodos docentes que fomenten la motivación del alumnado hacia el aprendizaje (Díaz-Agea et al., 2021). Sin duda, la implementación de una metodología docente basada en la tecnología de RA contribuirá a esta finalidad desde una perspectiva multidimensional (Rodríguez-Abad et al., 2021), por ejemplo, al aumentar el realismo de los entornos de simulación clínica (Vaughn et al., 2016), al propiciar un aprendizaje activo que intensifica el compromiso del alumnado con la experiencia formativa (Barmaki et al., 2019), o al lograr un elevado grado de satisfacción de los/as estudiantes con la instrucción (Jamali et al., 2015; Khan et al., 2019; Quqandi et al., 2018).

En los estudios realizados se ha investigado la influencia que una metodología docente basada en RA sobre determinantes del aprendizaje como la motivación, la atención, la comprensión o el trabajo autónomo del alumnado, en dos experiencias educativas desarrolladas, una de modo presencial y la otra de modo *online*. Para ello, se utilizaron dos instrumentos de evaluación, el cuestionario validado por Ferrer-Torregrosa et al. (2016) y el cuestionario IMMS.

6.3.1. El cuestionario validado por Ferrer-Torregrosa et al. (2016)

Permite medir la influencia de la RA en variables metacognitivas determinantes del aprendizaje, como la atención y motivación, el aprendizaje autónomo y la comprensión tridimensional.

Los resultados obtenidos mostraron que el alumnado calificó con elevadas puntuaciones todas las dimensiones del cuestionario, resultando ser la dimensión “atención/motivación” la que alcanzó la puntuación más elevada en la experiencia desarrollada de modo presencial (Rodríguez-

Abad, et al., 2022). Por su parte, en la experiencia *online*, se obtuvo la misma puntuación en la dimensión atención/motivación y en trabajo autónomo, mientras que en la dimensión comprensión 3D la puntuación fue inferior (Rodríguez-Abad, et al., 2023).

La atención permite procesar aquella información relevante e ignorar los distractores (Gazzaniga et al., 2014). Constituye una función neuropsicológica fundamental del proceso de aprendizaje (Bernabéu, 2017).

Los resultados obtenidos en nuestras investigaciones reflejan que el método docente basado en RA tuvo un marcado impacto positivo en la atención de los/as estudiantes (Rodríguez-Abad, et al., 2022; Rodríguez-Abad, et al., 2023). Este hallazgo nos lleva a pensar que, cuando el alumnado utiliza esta tecnología está expuesto a menos distracciones y, por tanto, aumenta su concentración en los contenidos curriculares. De hecho, el incremento de la atención es uno de los efectos que se esperan al implementar las nuevas tecnologías como la RA en el entorno educativo, tanto de modo presencial como a distancia (Dickey, 2005; Pimmer et al., 2016; Rodríguez et al., 2019). Similares resultados obtuvieron Ferrer-Torregrosa et al. (2016) en una experiencia educativa desarrollada con estudiantes de diferentes grados de Ciencias de la Salud, donde se comparó la efectividad de la RA para el estudio de la anatomía del miembro inferior con metodologías docentes basadas en vídeos y apuntes.

Dentro de esta dimensión del cuestionario el ítem “Me ayuda a ver/imaginar muy claramente lo que me están explicando” recibió puntuaciones muy elevadas en ambas experiencias. Pensamos que esto es debido a que la RA genera entornos de aprendizaje inmersivos e interactivos, facilitando la visualización/comprensión de fenómenos u objetos que no se pueden visualizar en el mundo real (Khan et al., 2019; Wu et al., 2013). Además, la RA como herramienta didáctica contribuye a evitar

la sensación de frustración y, por tanto, aumentará la motivación del alumnado hacia el aprendizaje de los contenidos docentes (Henssen et al., 2020; Khan et al., 2019).

En relación con la **dimensión aprendizaje autónomo**, se debe tener presente que aproximadamente 2/3 de cada crédito ECTS corresponde a trabajo autónomo o independiente del alumnado (Arias, 2012; Ferrer-Torregrosa et al., 2016; Gascóns, 2007). Por ello, resulta imprescindible involucrar al estudiantado en su propio aprendizaje, en consonancia con las directrices del EEES.

Los resultados de nuestras investigaciones muestran que el alumnado valoró positivamente esta dimensión, lo que pone de manifiesto que percibió que la metodología docente basada en RA estimuló su aprendizaje activo, les ayudó a repasar los contenidos y fortaleció su trabajo autónomo al flexibilizar el acceso a los contenidos, que se puede dar en cualquier lugar y momento (Jamali et al., 2015, Moro et al., 2017). Estos resultados corroboran los beneficios señalados por algunos autores sobre el uso de las TIC, como la RA, en educación superior, que permite a los docentes y discentes adaptarse a distintos ritmos en función de sus características personales o intereses (Jamali et al., 2015, Zubillaga del Río et al., 2013; Zhu et al., 2014). Además, una metodología didáctica fundamentada en RA genera nuevos modos de aprendizaje, al generar entornos docentes más interactivos e inmersivos y, por tanto, involucra al estudiante en su propio proceso de aprendizaje (Agudelo y González, 2019; Akçayır y Akçayır, 2017; Küçük et al., 2016).

En relación con la dimensión comprensión, los/as estudiantes manifestaron que la metodología docente basada en RA les facilitó la comprensión de los contenidos de la materia. Destacan las elevadas puntuaciones obtenidas en los ítems “Me ha ayudado a saber aplicar

cuidados básicos de úlceras de miembros inferiores (prevención, diagnóstico y cuidados)” y “He mejorado mi capacidad de visualizar la colocación de los diferentes apósitos”. La visualización 3D que proporciona la RA facilita la comprensión de fenómenos abstractos (Khan et al., 2019; Wu et al., 2013). La mayor parte de las investigaciones desarrolladas en el ámbito de las Ciencias de la Salud con el objetivo de investigar la efectividad de la visión tridimensional que proporciona la RA se centraron en la macroanatomía (Bogomolova et al. 2020; Cabero et al., 2018; Henssen et al., 2020; Moro et al., 2017). La visualización de modelos anatómicos 3D ofrece, una experiencia de aprendizaje más enriquecedora y precisa que el material docente que habitualmente se usa, basado en modelos 2D (Cabero et al., 2018; Messier et al., 2016). Además, diferentes investigaciones destacan la utilidad de la RA para la comprensión del espacio tridimensional y la orientación en otros campos del conocimiento. De este modo, la RA mejora la habilidad de orientación espacial del alumnado de Geografía (Carbonell y Bermejo, 2017), de Bellas Artes (Di Serio et al., 2013) o la ingeniería (Martín-Gutiérrez et al., 2010).

En consonancia con estos resultados, nuestra evidencia, parece indicar que la visión 3D que genera la RA mejora la comprensión de contenidos curriculares de Enfermería relacionados con la prevención, diagnóstico y tratamiento de las UEI (Rodríguez-Abad et al., 2022; Rodríguez-Abad et al., 2023).

6.3.2. El cuestionario IMMS

Se basa en el modelo de motivación “ARCS” de Keller. Esta teoría acerca de la motivación humana identifica los elementos que más influyen sobre la motivación hacia el aprendizaje. Estos factores motivacionales se

estructuran en cuatro componentes o dimensiones: atención, relevancia, confianza y satisfacción (Keller, 1987).

El procedimiento motivacional es el siguiente: mantener la atención de los/as estudiantes es crucial y, para ello, el docente debe crear un entorno de aprendizaje interactivo y participativo; el alumnado percibe relevante el contenido del curso, pudiéndolo asociar con sus objetivos personales y profesionales; de este modo, los/as alumnos/as confían en que podrían lograr tanto los resultados esperados de aprendizaje como la satisfacción que se derivaba de la instrucción (Johnson y Aragon, 2003). Por tanto, cada uno de los factores motivacionales desempeña un papel crucial en la motivación del alumnado en el proceso de aprendizaje (Di Serio et al., 2013).

Por ello, el cuestionario IMMS desarrollado por Keller (2010) y adaptado por Barroso et al. (2016) para su uso en una experiencia educativa con RA, como instrumento de medición resulta especialmente relevante en esta investigación. Además, se trata de un cuestionario validado que ya ha sido empleado en otras investigaciones que utilizan la RA u otras tecnologías como elemento motivacional hacia el aprendizaje (Barroso et al., 2016; Bollinguer et al., 2010; Cabero et al., 2018; Chen, 2012; Chiang et al., 2014; Di Serio et al., 2013; Henssen et al., 2020; Khan et al., 2019; Lu y Ying-Chieh 2014; Solak y Cakir, 2015).

Los resultados del cuestionario IMMS administrado en nuestras investigaciones desarrolladas tanto de modo presencial como de modo *online*, reportaron puntuaciones que podemos considerar elevadas, con valores medios superiores a 5 en un rango de 0 a 7. Estos resultados son consistentes con experiencias previas que también utilizaron RA como metodología docente (Barroso et al., 2016; Chiang et al., 2014; Di Serio et al., 2013; Kant et al., 2019).

El factor de motivación atención muestra el interés del alumnado hacia la experiencia educativa. Se considera el factor más importante de los cuatro mencionados, ya que inicia el mecanismo de la motivación de los/as estudiantes hacia el aprendizaje (Malik, 2014).

El entorno de aprendizaje basado en la RA presenta características que promueven la captación de la atención de los/as estudiantes. Esto se debe a que el contenido puede ser multimodal, es decir, la RA permite implementar diferentes estilos de aprendizaje y convierte la intervención educativa en una experiencia entretenida y divertida. Además, la RA facilita la interactividad al permitir al alumnado interactuar con el contenido, lo que facilita la implementación de actividades centradas en el/la estudiante (Di Serio et al., 2013).

En nuestra investigación, en la experiencia presencial la dimensión atención alcanzó la puntuación más elevada del cuestionario (M=5,93 sobre 7), en consonancia con los resultados obtenidos en otras investigaciones (Di Serio et al., 2013; Khan et al., 2019). Por su parte, en experiencia *online*, la atención fue la segunda dimensión mejor valorada (M=5,54 sobre 7).

Estos resultados nos hacen pensar que el entorno inmersivo que genera la RA ayuda al alumnado a captar y mantener la atención y el interés en los contenidos docentes. Además, según Dalgarno y Lee (2010) y Dickey (2005), la influencia positiva que la RA genera en la atención del alumnado es un resultado alentador a la vez que esperable cuando se implementan tecnologías emergentes en el entorno de aprendizaje.

El alumnado se mostró muy en desacuerdo con el ítem 31 “Hay tanto contenido que es irritante” (M=6,40 sobre 7 en la primera experiencia y M=5,78 sobre 7 en la segunda) lo que sugiere que se mostró conforme con la cantidad de contenido virtual y lo consideró apropiado. Las altas

puntuaciones registradas en los ítems 11 *“la calidad del material en RA me ayudó a mantener la atención”*, 12 *“el material era tan abstracto que era difícil mantener mi atención en él”*, 15 *“las imágenes, vídeos y textos que he descubierto a través de la lección son poco atractivos”*, 28 *“la variedad de material audiovisual ayudó a mantener mi atención en la lección”* y 29 *“el material audiovisual es aburrido”*, sugieren que los materiales empleados en la investigación fueron pertinentes, atractivos, de calidad y ayudaron al alumnado a mantener la atención en la lección.

La puntuación más baja de esta dimensión, en ambas experiencias (presencial y *online*) correspondió al ítem 24 *“he aprendido algunas cosas de la RA que fueron sorprendentes o inesperadas”*. Este hallazgo que resulta muy relevante, ya que creemos que indica que el alumnado conoce esta tecnología y que está familiarizado con ella, lo que facilita enormemente la implementación en el aula de metodologías didácticas basadas en RA.

El factor de motivación relevancia se relaciona con el grado en que el curso satisface las necesidades y objetivos del estudiante (Di Serio et al., 2013). La relevancia es fundamental para generar compromiso en el alumno hacia la intervención educativa. Para ello, los contenidos docentes deben estar relacionados con la experiencia e intereses del alumno (Aggaral et al., 2001; Keller, 2000).

En nuestra investigación, la relevancia obtuvo la mayor puntuación de las cuatro dimensiones en la experiencia *online* (M= 5,75 sobre 7) y fue la segunda mejor valorada en la experiencia presencial (M= 5,86 sobre 7). Estos resultados están en línea con los obtenidos por Barroso et al. (2016) y Cabero et al. (2018) en las que ésta fue la dimensión mejor valorada. Otros autores también encontraron puntuaciones elevadas en esta dimensión (Chiang et al., 2014; Di Serio et al., 2013).

Sin embargo, en la investigación de Khan et al. (2019), la comparación de la relevancia entre una experiencia educativa basada en RA y otra basada en apuntes arrojó un valor mayor en la experiencia educativa se basada en apuntes.

Nuestros resultados sugieren que las necesidades académicas de los estudiantes estuvieron alineadas con los objetivos curriculares y creemos que se deben a que tanto el diseño de la experiencia educativa como los materiales docentes se crearon específicamente para este curso.

Es destacable que la puntuación más alta del cuestionario, en ambas experiencias (presencial y *online*), se registró en esta dimensión, en el ítem 26 *“Esta lección no era relevante para mis necesidades, porque yo ya sabía más del contenido”* con una puntuación $M=6,66$ sobre 7 y $M=6,49$ sobre 7 respectivamente. Las puntuaciones muestran un fuerte desacuerdo con esta afirmación, por lo tanto, el alumnado percibió que los contenidos del laboratorio les resultaron interesantes al tiempo que les permitió aumentar sus conocimientos.

El factor de motivación confianza pretende medir la sensación de control y la expectativa de éxito en el desempeño de la actividad educativa (Di Serio et al., 2013). Aumentar las expectativas de éxito mejorará la confianza del alumnado en la realización de la tarea y, por tanto, aumentará la motivación hacia el aprendizaje (Keller, 2000).

Las elevadas puntuaciones obtenidas por el alumnado en esta dimensión en nuestra investigación ($M= 5, 28$ sobre 7 en la experiencia presencial y $M=5,33$ sobre 7 en la *online*) sugieren que los/as estudiantes confiaban en poder comprender y seguir los contenidos docentes.

Nuestros resultados son consistentes con los de otros autores como Di Serio et al. (2013).

Khan et al. (2019) también obtuvieron mayores resultados en la dimensión confianza cuando sus alumnos/as utilizaron RA como metodología docente, por lo que la RA pudo haber aumentado sus expectativas de éxito para completar la actividad educativa. De modo similar, de los trabajos de Quqandi et al. (2018) y Vaughn et al. (2016) se deduce que la RA incrementa la confianza del alumnado al mejorar el realismo de las aulas de simulación.

La puntuación más baja de esta dimensión se registró, en ambas experiencias, en el ítem 1 *“Cuando vi por primera la lección, tuve la impresión de que sería fácil para mí”* (M=3,87 y M=4 sobre 7). Estos hallazgos sugieren que, en un primer momento, el alumnado no mostró demasiadas expectativas en tener éxito para completar la actividad educativa propuesta. Sin embargo, a medida que profundizaron en el contenido, su confianza aumentó paulatinamente, tal como demuestran las puntuaciones del ítem 4 *“Después de la información de introducción, me sentí seguro de que yo sabía lo que tenía que aprender de esta lección”* (M=5,03 sobre 7 en la primera experiencia y M=5,39 sobre 7 en la segunda) y del ítem 13 *“Mientras trabajaba en esta lección, estaba seguro de que podría aprender el contenido”* (M=5,63 y M=5,54 sobre 7). Finalmente, la puntuación más alta de esta dimensión, en ambas experiencias, se registró en el ítem 34 *“Realmente no pude entender el material en esta lección”* (M=6,53 y M=6,36 sobre 7), lo que confirma que la confianza del alumnado aumentó a medida que profundizaron en los contenidos hasta finalmente completar con éxito la práctica de laboratorio. Es posible que el aumento de la confianza del alumnado a medida que avanzaban en los contenidos se deba a que el material estuvo bien organizado (ítem 35 - M=5,83 y M=5,66 sobre 7).

El factor de motivación satisfacción hace referencia a los sentimientos positivos acerca de los logros y experiencias de aprendizaje y a

la percepción de equidad entre la cantidad de trabajo planificado, la coherencia de los objetivos fijados en relación con los contenidos y con las pruebas de evaluación (Keller, 2.000). Di Serio et al. (2013) relacionan la satisfacción con la novedad generada por un entorno de aprendizaje basado en una tecnología novedosa y poco empleada en entornos educativos como la RA. Las puntuaciones registradas en esta dimensión en nuestra investigación fueron elevadas y muy similares en ambas experiencias, $M=5,57$ sobre 7 en la primera y $M=5,50$ sobre 7 en la segunda.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores (Barroso et al., 2016; Bongiovani, 2013; Chang et al., 2013; Hoang et al., 2017; Jamali et al., 2015; Khan et al., 2019; Quqandi et al., 2018) y sugieren que la tecnología de RA puede ser fácilmente implementada en educación, ya que el alumnado la percibe como verdaderamente útil (Cabero et al., 2018).

El alumnado experimentó una sensación de logro al completar los ejercicios de la lección (ítem 5, $M=5,56$ y $M=5,55$ sobre 7). Para Malik (2014), la satisfacción puede expresarse como una sensación de logro, elogio o entretenimiento. Por tanto, en base a las puntuaciones obtenidas en este ítem, se puede afirmar que los/as alumnos/as se entretuvieron utilizando la RA para completar los contenidos de la actividad. Disfrutó el estudio de la lección manifestando que le gustaría saber más sobre el tema (ítem 14, $M=5,30$ y $M=5,10$ sobre 7). Les gustó mucho el estudio de esta lección y los logros alcanzados fueron percibidos como una recompensa a su esfuerzo. Finalmente, el alumnado estuvo altamente de acuerdo con que la lección estuvo bien diseñada y les resultó placentero trabajar en ella (ítem 36), asignándole a este último la mayor puntuación de la dimensión en ambas experiencias ($M=6,23$ y $M=5,90$ sobre 7). En síntesis, los/as estudiantes valoraron positivamente la satisfacción que les reportaron las

experiencias docentes (presencial y *online*) desarrolladas mediante una metodología docente basada en RA. Esta percepción de satisfacción que manifestaron los/as estudiantes puede deberse a su participación activa en la exploración de los contenidos curriculares, derivado de la interactividad que caracteriza a la tecnología de RA (Di Serio et al., 2013).

Experiencia presencial versus experiencia *online*

Nuestra investigación también analizó las diferencias entre los resultados obtenidos en las diferentes determinantes del aprendizaje en la experiencia educativa desarrollada de modo *online* y la realizada de modo presencial.

En el cuestionario IMMS se encontraron diferencias significativas en la dimensión atención, a favor del grupo que realizó la intervención educativa de modo presencial. Este hallazgo se puede deber a la influencia que ejerce la presencia física en el aula, tanto del profesor como del alumnado durante el desarrollo de la actividad. Además, la ausencia de estímulos externos estimula la concentración de los/as estudiantes en los contenidos curriculares, al tiempo que permite la interacción y apoyo para completar con éxito la actividad.

En relación con el cuestionario validado por Ferrer-Torregrosa et al., (2016), los resultados muestran que los/as estudiantes mostraron un elevado grado de motivación hacia el aprendizaje en ambas experiencias (presencial y *online*). Sin embargo, en dos de las tres dimensiones, se encontraron diferencias significativas a favor del grupo que desarrolló la intervención educativa de modo *online*. Estas dimensiones fueron el aprendizaje autónomo y la comprensión 3D. Creemos que estos resultados se deben a que, en la experiencia presencial, el alumnado sólo pudo interactuar con los contenidos digitales de RA durante el tiempo que duró la actividad. Sin embargo, la experiencia *online* flexibilizó el acceso a los

contenidos, permitiendo la interacción en cualquier lugar y momento y, flexibilizando, por tanto, el aprendizaje al permitir adaptar la experiencia educativa al ritmo y características de cada alumno/a (Adarkwah, 2021; Goh, 2016).

Según *The Council of Independentnt Collegues* (2016), los/as estudiantes se sienten más involucrados en la experiencia de aprendizaje cuando el aprendizaje tradicional se combina con el aprendizaje *online*. En base a esto y a los resultados de nuestras investigaciones, es preciso contemplar la posibilidad de desarrollar una experiencia educativa mixta para la enseñanza-aprendizaje de los cuidados de Enfermería a pacientes con UEI, que combine los beneficios de ambas modalidades de educación, presencial y *online*.

Las investigaciones desarrolladas en esta tesis doctoral contribuyen a aportar luz a la escasa evidencia que existe en la actualidad sobre los beneficios de una metodología docente basada en una tecnología inmersiva e innovadora como la RA en el ámbito de la educación superior en Enfermería. Los avances en la tecnología móvil, unido al uso masivo de estos dispositivos por parte de toda la comunidad universitaria, facilitan la implementación de esta tecnología en el ámbito de la educación superior de una forma rentable (Akçayır y Akçayır, 2017; Chuang et al., 2018; Spetch et al., 2011; Wu et al., 2013)

7

Limitaciones y fortalezas

7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS

Las investigaciones que componen en esta tesis doctoral presentan ciertas limitaciones que se deben tener en consideración a la hora de interpretar los resultados, extraer conclusiones y diseñar nuevos proyectos de investigación sobre el uso de la RA como herramienta didáctica.

De este modo, **en relación con el primer estudio desarrollado y consistente en una revisión sistemática**, *A systematic review of augmented reality in health science: a guide to decision-making in higher education*, es preciso destacar que los resultados obtenidos sobre la influencia de la RA en el rendimiento académico o en factores determinantes del proceso de enseñanza-aprendizaje, derivan de investigaciones desarrolladas en un solo centro y, en su mayoría, con un pequeño tamaño muestral. Además, es probable que se hayan obviado resultados negativos debido al sesgo de publicación. Otra limitación de este estudio consiste en que dada la heterogeneidad de la metodología de los trabajos incluidos no se pudo realizar un metaanálisis que sintetice los resultados obtenidos acerca de la influencia de la RA como herramienta didáctica en la educación superior en Ciencias de la Salud.

En la segunda y tercera investigaciones, *Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: a quasi-experimental study in nursing students* y *Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: two quasi-experimental studies*, para las que se empleó un diseño cuasiexperimental

no aleatorizado, la principal limitación radica en que la selección de la muestra no fue aleatoria, ya que la experiencia educativa basada en RA estuvo vinculada a una materia del plan de estudios del grado en Enfermería. Además, las intervenciones educativas se desarrollaron en un solo centro. Aunque esto se corresponde con la mayoría de los estudios del campo, dada la naturaleza de las investigaciones, creemos que es necesario desarrollar más investigaciones que aborden este asunto y que incluyan muestras más heterogéneas, con alumnado de otras materias y cursos, así como multicéntricas, que representen diferentes contextos educativos a nivel internacional. De este modo, podremos generalizar los resultados.

Los instrumentos validados empleados para conocer la influencia de la RA en la motivación y otros determinantes del aprendizaje fueron ampliamente utilizados en diferentes investigaciones y, además, presentaron una adecuada consistencia interna. Sin embargo, se necesita desarrollar instrumentos específicos para medir la influencia de la RA en los/as estudiantes de Enfermería.

La implementación de los contenidos curriculares relativos al cuidado de las UEI en las diferentes plataformas de RA empleadas supuso un trabajo muy complejo, dada la alta especialización y dificultad de uso de algunas plataformas que requerían conocimientos informáticos avanzados. Por ello, contar en el ámbito universitario con desarrolladores de contenido podría contribuir a democratizar el uso de metodologías docentes basadas en esta tecnología y de este modo, aprovechar todos los beneficios que la RA aporta al proceso de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, las universidades suelen disponer de unidades de formación y/o apoyo para la implementación de tecnologías en los procesos de enseñanza-aprendizaje que podrían impulsar el uso de herramientas como la RA.

A pesar de las limitaciones descritas, creemos que las investigaciones desarrolladas en esta tesis doctoral contribuyen a aportar luz y aumentar el conocimiento en un campo escasamente explorado, el del uso de la RA como tecnología educativa en el ámbito de las Ciencias de la Salud en general y de la Enfermería en particular. De este modo, la primera publicación consistente en la revisión sistemática realizada incluyó una exhaustiva estrategia de búsqueda multidisciplinar en diferentes idiomas que permitió obtener información relevante y novedosa acerca del uso de la RA en educación superior. Así, este trabajo, por una parte, contribuye a aportar información relevante para futuras investigaciones. Por otra, a dar a conocer y fomentar el empleo de esta tecnología en el ámbito educativo, ya que se describen ampliamente los aspectos técnicos y pedagógicos de las experiencias educativas realizadas en los estudios incluidos. Además, los resultados obtenidos son contundentes y permiten afirmar que la RA empleada como herramienta didáctica en la educación superior en Ciencias de la Salud contribuye al proceso de enseñanza-aprendizaje. De este modo, ejerce una influencia positiva sobre determinantes fundamentales de este proceso, como la motivación, la atención o el rendimiento académico del alumnado.

Para llevar a cabo las investigaciones descritas en la segunda y la tercera publicación, se desarrollaron materiales docentes basados en RA sobre contenidos curriculares de Enfermería orientados a adquirir las competencias necesarias para prestar cuidados de Enfermería de máxima calidad y basados en la más actual evidencia científica al paciente con UEI. Esto resulta especialmente relevante, puesto que el cuidado de las heridas crónicas de miembro inferior es un campo en el que las enfermeras tienen competencias profesionales dentro de un equipo interdisciplinar, desde la prevención, diagnóstico y tratamiento. Además, este planteamiento

constituye un aspecto diferencial de nuestras investigaciones. Así, la mayoría de los estudios sobre RA se basan en contenidos curriculares comunes a diferentes profesiones de Ciencias de la Salud, mientras que nuestras investigaciones se centran en contenidos específicos de Enfermería.

En relación con los materiales docentes que se desarrollaron y utilizaron en las intervenciones educativas, los/as estudiantes los valoraron como pertinentes y relevantes para sus intereses. Sin duda, tener éxito en la creación y selección de los contenidos docentes es una de las claves para incrementar la motivación del alumnado hacia la experiencia de aprendizaje. Por el contrario, si los contenidos les resultan aburridos, poco relevantes o excesivos, se generará el efecto contrario en su motivación hacia la actividad.

A pesar de haber identificado como una limitación del estudio la homogeneidad de la muestra (alumnado de 2º curso del grado en Enfermería de la USC), el número de participantes en ambas intervenciones (n=137 y n=111) fue muy superior al reclutado en otras investigaciones similares que también se desarrollaron con alumnos/as del mismo curso de un único centro (Cabero et al., 2018; Hoang et al., 2017; Jamali et al., 2015; Küçüc et al., 2016; Moro et al., 2017; Vaughn et al., 2106).

Hasta donde tenemos conocimiento, la tercera publicación titulada *Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: two quasi-experimental studies*, representa el primer estudio en investigar la influencia de la RA sobre el rendimiento académico y los determinantes del aprendizaje en una sesión de interactiva de laboratorio desarrollada de modo *online* con alumnado del grado en Enfermería. Además, compara los resultados obtenidos en la experiencia

online con los obtenidos en la misma experiencia desarrollada de modo presencial. Los resultados obtenidos son alentadores y nos hacen pensar en como los entornos educativos *online* pueden ser un valioso complemento a la educación presencial.

8

Líneas futuras de investigación

8. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Esta tesis forma parte de una línea de trabajo de grupo de investigación *e-ducasaúde* compuesto por personal docente e investigador de las facultades de Enfermería y Ciencias de la Educación de la USC.

Los resultados de las investigaciones desarrolladas destacan la influencia positiva que ejerce la RA sobre los factores que determinan el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos curriculares relacionados con las UEI de los/as estudiantes del grado en Enfermería.

Se pudo comprobar que los/as alumnos/as que recibieron la instrucción mediante una metodología docente basada en RA de modo presencial, obtuvieron resultados significativamente mayores en el factor motivacional y atencional. Por su parte, quienes recibieron la misma instrucción, pero de modo *online*, obtuvieron resultados significativamente mayores en las dimensiones de trabajo autónomo y comprensión 3D. Por ello, como continuidad a esta tesis, se propone el desarrollo de una experiencia mixta que combine las bondades de ambas modalidades de enseñanza. Además, futuras investigaciones podrían centrarse en la influencia de la RA en el rendimiento académico y los factores determinantes del aprendizaje en estudiantes de Enfermería en otros contextos y cursos académicos. De este modo, se podrían determinar los entornos educativos en los que una metodología docente basada en esta tecnología puede brindar mayores beneficios.

De acuerdo con Di Serio et al. (2013), a pesar de los resultados positivos obtenidos en nuestras investigaciones se deben desarrollar intervenciones educativas basadas en RA por periodos de tiempo más prolongados con el fin de neutralizar el efecto novedoso de esta tecnología. La novedad y el escaso uso de la RA como herramienta educativa en el grado de Enfermería puede estar desarrollando un efecto de novedad sobre los parámetros analizados.

En las investigaciones desarrolladas en esta tesis se utilizó un nivel intermedio de RA basado en códigos QR e imágenes que actuaban como activadores de los contenidos digitales. El alumnado interactuó con los materiales docentes a través de sus propios dispositivos móviles, como *tablets* o *smartphones*. Experiencias futuras se podrían centrar en determinar si un nivel superior de RA, como el proporcionado por *smartglases*, genera mayores niveles motivación o de rendimiento académico en el alumnado.

9

Conclusiones

9. CONCLUSIONES

En este apartado final se enunciarán las conclusiones que emergen de los diferentes estudios que forman esta tesis por compendio de publicaciones.

Conclusiones derivadas de la publicación *A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education*

- ✓ La implementación de la RA como instrumento educativo en la educación superior en Ciencias de la Salud mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje al influir en él de un modo multidimensional: reduce la carga cognitiva, aumenta la motivación y la satisfacción del alumnado, mejora la comprensión espacial y promueve el aprendizaje autónomo.
- ✓ Las salas de simulación clínica constituyen un lugar muy apropiado para implementar con éxito la RA como herramienta didáctica, en donde los contenidos virtuales generados por el docente contribuyen a destacar aquella información que se encuentra oculta o no resulta fácilmente visible. Al aumentar el realismo en las salas de simulación aumenta el grado de confianza del alumnado y convierte la práctica de laboratorio en una experiencia de aprendizaje más satisfactoria.

- ✓ El uso de la RA en el ámbito de la educación superior en Ciencias de la Salud como método de enseñanza aún no es muy popular, por lo que se necesita más formación acerca de cómo emplear la RA de un modo eficaz en este ámbito educativo, así como desarrolladores de contenidos digitales que colaboren con los equipos docentes en la creación de experiencias de aprendizaje interactivas basadas en la RA.
- ✓ El uso masivo que toda la comunidad universitaria hace de los dispositivos electrónicos móviles, junto con el acceso gratuito a algunas plataformas de creación de contenido, puede contribuir a popularizar el uso de la RA en la educación superior.

Conclusiones derivadas de la publicación *Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students*

- ✓ El uso de la RA como herramienta didáctica mejoró, tanto el rendimiento académico como las expectativas y percepción de los/as estudiantes del grado en Enfermería hacia el proceso de enseñanza-aprendizaje de contenidos relacionados con los cuidados de Enfermería al paciente con UEI, en una sesión interactiva de laboratorio desarrollada de modo presencial.
- ✓ Se hace necesario realizar nuevas investigaciones que aporten datos que refuercen estos hallazgos y contribuyan a promover el uso basado en la evidencia, de esta tecnología eficaz en la formación de los/as estudiantes de Enfermería.

Conclusiones derivadas de la publicación *Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies*

- ✓ Una metodología docente basada en RA influyó positivamente en el rendimiento académico y en factores motivacionales del alumnado hacia el aprendizaje en una intervención educativa sobre los cuidados de Enfermería al paciente con UEI desarrollada de modo *online*.
- ✓ La comparación de la influencia de la RA sobre los determinantes del aprendizaje entre la experiencia *online* y presencial mostró que la experiencia *online* basada en RA estimuló la comprensión tridimensional y el trabajo autónomo del alumnado más que la experiencia presencial que, sin embargo, generó una mayor atención de los/as estudiantes.
- ✓ Los hallazgos nos hacen pensar que el desarrollo de una experiencia educativa basada en RA mixta, que combine los beneficios de ambas modalidades (*online* y presencial), puede resultar de gran interés para la enseñanza-aprendizaje de contenidos curriculares del grado en Enfermería relacionados con las UEI.

10

Referencias bibliográficas

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbasi, M.S., Nasser, A., Batool, S., Abdullah, A., Sumera, S., Shaur, S., Rana, A., Fahim, V., & Tariq, A., (2020). E-Learning perception and satisfaction among health sciences students amid the COVID-19 pandemic. *Work* 67(3), 549–556. <https://doi.org/10.3233/wor-203308>
- Abuleal, S. V. (2018). Wound care education for undergraduate nursing students. *Journal of Healthcare Communications*, 3(2:28), 1-5. <https://doi.org/10.4172/2472-1654.100138>
- Adarkwah, M.A. (2021). “I’m not against online teaching, but what about us?": ICT in Ghana post Covid-19. *Education and Information Technologies*, 26(2), 1665-1685. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10331-z>
- Aggarwal, A. K., Hatfield, J., Kemery, E., Valenti, S., & Esnault, L. (2001, Mayo). Web-based education: Changing the equilibrium in managing information technology in a global economy. En *IRMA International Conference*, Toronto.
- Agudelo Vizcaíno, M. F., & González Campos, J. A. (2019). Augmented reality for the learning of Phonoaudiology students from University of Playa Ancha. *Revista Cubana de Educacion Medica Superior*, 33(2), 1-16.
- Aguiar, B. O., Velázquez, R. M., & Aguiar, J. L. (2019). Innovación docente y empleo de las TIC en la Educación Superior. *Revista Espacios*, 40(02). <https://www.revistaespacios.com/a19v40n02/19400208.html>

- Agúndez, A. F., Imas, G. E., Pasamar, M. J. M., Villazán, L. C., & Rodríguez, J. M. N. (2016). "Dominate". Acrónimo de apoyo en la valoración de heridas. *Enfermería Dermatológica*, 10(29), 7-11.
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M., & Ocağ, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.054>
- Alarcia, Ò. F., & del Arco Bravo, I. (2012). La influencia de las TIC en la interacción docente y discente en los procesos formativos universitarios. *RUSC. Universities and Knowledge Society Journal*, 9(2), 31-47.
<http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v9i2.1243>
- Alegría-Martín, M. J. (2015). Aplicaciones de la realidad aumentada en el ámbito de la enseñanza superior. Diseño de un proyecto piloto. *Cuadernos de Gestión de Información*, 5(1), 18-35.
- Altbach, P. G. (2007). Research and training in higher education: the state of the art. *Higher education: A Worldwide Inventory of Centers and Programs*, 1-24. https://doi.org/10.1163/9789087903442_002
- Álvarez A., Artola S., Pardo J., Rubio, J., & Vela M. (2022). Abordaje del pie diabético. Estrategia de diabetes del Sistema Nacional de Salud. Ministerio de Sanidad.

- Álvarez Álvarez, B., González Mieres, C., & García Rodríguez, N. (2007). Motivation and evaluation methods as decisive variables to encourage autonomous learning. *Red U Revista de Docencia Universitaria*, 5(2).
<https://revistas.um.es/redu/article/view/3371/3271>
- American Nurses Association (2010). *Nursing: Scope and Standards of Practice*. American Nurses Association, Silver Spring, MD.
- Amezcuca, M. (2008). Espacio Europeo de Educación Superior y Formación Continuada de los profesionales: ¿es posible la convergencia?. *Index de Enfermería*, 17(4), 229-230.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962008000400001&lng=es&tlng=es
- Aragón-Sánchez, J., Lázaro-Martínez, J. L., Cecilia-Matilla, A., Quintana-Marrero, Y., & Hernández-Herrero, M. J. (2012). Limb salvage for spreading midfoot osteomyelitis following diabetic foot surgery. *Journal of Tissue Viability*, 21(2), 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2011.12.002>
- Arias, B. L., Domínguez, E. J. L., & Díaz, B. R. (2012). La estructura de un ECTS en la práctica. *eXtoikos*, (8), 93-96. <http://www.extoikos.es/n8/pdf/11.pdf>
- Armstrong, D. G., Swerdlow, M. A., Armstrong, A. A., Conte, M. S., Padula, W. V., & Bus, S. A. (2020). Five year mortality and direct costs of care for people with diabetic foot complications are comparable to cancer. *Journal of Foot and Ankle Research*, 13(1), 1-4.
<https://doi.org/10.1186/s13047-020-00383-2>

- Atkin, L., Bućko, Z., Conde Montero, E., Cutting, K., Moffatt, C., Probst, A., Romanelli, M., Schultz, G.S., Tettelbach, W. (2019). Implementing TIMERS: the race against hard-to-heal wounds. *Journal of Wound Care*, 28(Sup3a), S1-S50. <https://doi.org/10.12968/jowc.2019.28.Sup3a.S1>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Barmaki, R., Yu, K., Pearlman, R., Shingles, R., Bork, F., Osgood, G. M., & Navab, N. (2019). Enhancement of anatomical education using augmented reality: An empirical study of body painting. *Anatomical Sciences Education*, 12(6), 599-609. <https://doi.org/10.1002/ase.1858>
- Barroso, J., Cabero, J., & Moreno-Fernández, A. (2016). La utilización de objetos de aprendizaje en realidad aumentada en la enseñanza de la medicina. *Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation*, 2 (2),77-83. <https://doi.org/10.20548/innoeduca.2016.v2i2.1955>
- Beaskoetxea Gómez, P., Bermejo Martínez, M., Capillas Pérez, R., Cerame Pérez, S., García Collado, F., Gómez Coiduras, J. M., Manzanero López, E., Palomar Llatas, F., Salvador Morán, M.J., Segovia Gómez, T., & Zubiaur Barrenengoa, A. (2013). Situación actual sobre el manejo de heridas agudas y crónicas en España: Estudio ATENEA. *Gerokomos: Revista de la Sociedad Española de Enfermería Geriátrica y Gerontológica*, 24(1), 27-31.

- Beraún, Y. (2021). Estrategias metodológicas del docente y rendimiento académico en estudiantes de la Escuela Académica profesional de Educación de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. *Balance´s*, 8(11), 25-32.
<https://revistas.unas.edu.pe/index.php/Balances/article/viewFile/191/174>
- Bernabéu, E. (2017). La atención y la memoria como claves del proceso de aprendizaje. Aplicaciones para el entorno escolar. *ReiDoCrea*, 6(2), 16-23. <http://dx.doi.org/10.30827/Digibug.47141>
- Blázquez, A., (2017). *Realidad Aumentada en educación*. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada_Educacion.pdf
- Bobbink, P., et al. (2022). E-Learning and Blended-Learning Program in Wound Care for Undergraduate Nursing Students. *The Journal of Nursing Education*, 61(1), 53-57. <https://doi.org/10.3928/01484834-20211203-03>
- Bogomolova, K., van der Ham, I. J., Dankbaar, M. E., van den Broek, W. W., Hovius, S. E., van der Hage, J. A., & Hierck, B. P. (2020). The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy and the modifying effect of visual-spatial abilities: A double-center randomized controlled trial. *Anatomical Sciences Education*, 13(5), 558-567. <https://doi.org/10.1002/ase.1941>
- Bolliger, D. U., Supanakorn, S., & Boggs, C. (2010). Impact of podcasting on student motivation in the online learning environment. *Computers & Education*, 55(2), 714-722.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.03.004>

- Bongiovani P. (2013). *Realidad aumentada en la escuela: Tecnología, experiencias e ideas*. Educ@conTIC.
<http://www.educacontic.es/blog/realidad>
- Bork, F., Stratmann, L., Enssle, S., Eck, U., Navab, N., Waschke, J., & Kugelmann, D. (2019). The Benefits of an Augmented Reality Magic Mirror System for Integrated Radiology Teaching in Gross Anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 12(6), 585–598. <https://doi.org/10.1002/ase.1864>
- Bronack, S. C. (2011). The role of immersive media in online education. *The Journal of Continuing Higher Education*, 59(2), 113-117.
<https://doi.org/10.1080/07377363.2011.583186>
- Cabero, J., Barroso, J., Puentes, Á., & Cruz, I. (2018). Realidad Aumentada para aumentar la formación en la enseñanza de la Medicina. *Educación Médica Superior*, 32(4), 56-69.
<https://ems.sld.cu/index.php/ems/rt/prINTERfriendly/1539/716>
- Carbonell Carrera, C., & Bermejo Asensio, L. A. (2017). Landscape interpretation with augmented reality and maps to improve spatial orientation skill. *Journal of Geography in Higher Education*, 41(1), 119-133. <https://doi.org/10.1080/03098265.2016.1260530>
- Casals-Zorita, M., Masó-Albareda, C., Sarri-Plans, E., & Ferrer-Solà, M. (2023). Hábitos saludables para prevenir heridas complejas en la extremidad inferior. Relevancia de recomendaciones según los expertos. *Gerokomos: Revista de la Sociedad Española de Enfermería Geriátrica y Gerontológica*, 34(2), 144-149.
<https://scielo.isciii.es/pdf/geroko/v34n2/1134-928X-geroko-34-02-144.pdf>

- Cassany, D., & Sacristán, A. (2013). *Sociedad del Conocimiento, Tecnología y Educación*. Morata.
- Castillo De La Cadena, L. (2022). Insuficiencia venosa crónica en el adulto mayor. *Revista Medica Herediana*, 33(2), 145-154.
<https://dx.doi.org/10.20453/rmh.v33i2.4249>
- Chang, H., Wu, H., & Hsu, Y. (2013). Integrating a mobile augmented reality activity to contextualize student learning of a socioscientific issue. *British Journal of Educational Technology*, 44(3), E95-E99.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2012.01379.x>
- Chen, Y. T. (2012). A Study of Learning Effects on E-Learning with Interactive Thematic Video. *Journal of Educational Computing Research*, 47(3), 279–292. <https://doi.org/10.2190/EC.47.3.c>
- Chiang, T., Yang, S., & Hwang, G. (2014). An AR-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology and Society*, 17(4), 352–365. <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.352>
- Chrisman C. (2010). Care of chronic wounds in palliative care and end-of-life patients. *International Wound Journal*, 7(4), 214-235.
<https://doi.org/10.1111/j.1742-481X.2010.00682.x>
- Chuang, Y. H., Lai, F. C., Chang, C. C., & Wan, H. T. (2018). Effects of a skill demonstration video delivered by smartphone on facilitating nursing students' skill competencies and self-confidence: A randomized controlled trial study. *Nurse Education Today*, 66, 63-68.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.03.027>

Cobo, C., & Moravec, J. W. (2011). *Aprendizaje invisible. Hacia una nueva ecología de la educación*. Publicacions i Edicions Universitat de Barcelona.

https://www.uv.es/bellohc/MasterPolitic/Cobo_Moravec.pdf

Constitución Española. Boletín Oficial del Estado, 29 de diciembre de 1978, núm. 311. [https://www.boe.es/eli/es/c/1978/12/27/\(1\)/con](https://www.boe.es/eli/es/c/1978/12/27/(1)/con)

Covington, M. V. (2000). Goal theory, motivation, and school achievement: An integrative review. *Annual Review of Psychology*, 51(1), 171-200.

<https://doi.org/10.1146/annurev.psych.51.1.171>

Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10–32. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x>

De Pablos, J. (2007). El cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior y el papel de las Tecnologías de la Información y Comunicación. *RIEd. Revista Iberoamericana de Educación a distancia*, 10(2), 15-44. <https://doi.org/10.5944/ried.2.10.992>

Del Río, A. Z., Pastor, C. A., & Hípola, P. S. (2013). La tecnología como herramienta de respuesta a la diversidad en la universidad: análisis de la discapacidad como elemento de diferenciación en el acceso y uso de las TIC entre estudiantes universitarios. *Revista Fuentes*, (13), 193-216. <https://revistascientificas.us.es/index.php/fuentes/article/view/2575/2474>

Di Serio, Á., Ibáñez, M. B., & Kloos, C. D. (2013). Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course. *Computers & Education*, 68, 586-596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.002>

- Dias, T., Costa, I., Melo, M., Torres, S., Maia, E., & Torres, G. (2014). Quality of life assessment of patients with and without venous ulcer. *Revista Latino-Americana de Enfermagem*, 22, 576-581.
<https://doi.org/10.1590/0104-1169.3304.2454>
- Díaz-Agea, J. L., Pujalte-Jesús, M. J., Leal-Costa, C., García-Méndez, J. A., Adánez-Martínez, M. G., & Jiménez-Rodríguez, D. (2021). Motivation: bringing up the rear in nursing education. Motivational elements in simulation. The participants' perspective. *Nurse Educacion Today*, 103 (104925). <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2021.104925>
- Díaz-Herrera, M. A., Baltà-Domínguez, L., Blasco-García, M.C., Fernández-Garzón, M., Fuentes-Camps, E. M., Gayarre-Aguado, R., Girona-Zaguirre, M., González-Pérez, J., Ibars-Moncasi, M.P., Iruela-Sánchez, M.M., Lozano-Martí, N., Marquilles-Bonet, M.C., Mateo-Marín, E., Montoto-Lamela, M.J., Morros-Tomé, C., Muñoz-Carmona, A., Pons-Prat, M.A., Pont-García, C., Portillo-Gañan, M.J.,...Teruel Calero, T. (2018). Maneig i tractament d'úlceres d'extremitats inferiors. *Institut Català de Salut*.
https://scientiasalut.gencat.cat/bitstream/handle/11351/4546/maneig_tractament_ulceres_extremitats_inferiors_guia_practica_clinica_2018.pdf
- Dickey, M. D. (2005). Brave new (interactive) worlds: A review of the design affordances and constraints of two 3D virtual worlds as interactive learning environments. *Interactive Learning Environments*, 13(1-2), 121-137. <https://doi.org/10.1080/10494820500173714>
- Dörnyei, Z. (2001). *Teaching and researching motivation*. Pearson Education.

- Dugdall, H., & Watson, R. (2009). What is the relationship between nurses' attitude to evidence based practice and the selection of wound care procedures?. *Journal of Clinical Nursing*, 18(10), 1442-1450.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2008.02715.x>
- Durán-Sáenz, I., Verdú-Soriano, J., López-Casanova, P., & Berenguer-Pérez, M. (2022). Knowledge and teaching-learning methods regarding venous leg ulcers in nursing professionals and students: A scoping review. *Nurse Education in Practice*, 63, 103414.
<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2022.103414>
- Efklides, A. (2001). Metacognitive Experiences in Problem Solving: Metacognition, Motivation, and Self-Regulation. En A. Efklides, J. Kuhl, & R.M. Sorrentino, (Eds.). *Trends and prospects in motivation research* (pp. 297-323). Kluwer Academic. <https://doi.org/10.1007/0-306-47676-2>
- España, Jefatura del Estado (2001). Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades. *Boletín Oficial del Estado*, 24-12-2001, 307, 49400-49425. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2001/12/21/6/con>
- España, Jefatura del Estado (2007). Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, de Modificación de la Ley Orgánica de Universidades (LOMLOU). *Boletín Oficial del Estado*, 12-4-2007, 89, 16241-16260.
<https://www.boe.es/eli/es/lo/2007/04/12/4>
- España, Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades. *Boletín Oficial del Estado*, 24 de diciembre de 2001, núm. 307. [BOE-A-2001-24515-consolidado.pdf](https://www.boe.es/boe/2001/12/24/BOE-A-2001-24515-consolidado.pdf)

- España, Ministerio de Educación y Ciencia (2007). Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. *Boletín Oficial del Estado*, 30-10-2007, 260, 44037-44048. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/29/1393/con>
- España, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2003). Real Decreto 1125/2003, de 5 de septiembre, por el que se establece el sistema europeo de créditos y el sistema de calificaciones en las titulaciones universitarias de carácter oficial y validez en todo el territorio nacional. *Boletín Oficial del Estado*, 18-09-2003, 224, 34355-34356. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2003/09/05/1125>
- España, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2015). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, 21-01-2015, 25, 6986-7003. <https://www.boe.es/eli/es/o/2015/01/21/ecd65>
- España, Ministerio de Educación y Ciencia (2007). Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales. *Boletín Oficial del Estado*, 30-10-2007, 260, 44037-44048. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/29/1393/con>
- España, Universidades (2010). Resolución de 16 de febrero de 2010, de la Universidad de Santiago de Compostela, por la que se publica el plan de estudios de Graduado en Enfermería. *Boletín Oficial del Estado*, 56, 5-03-2010, 22681-22684. <https://www.boe.es/boe/dias/2010/03/05/pdfs/BOE-A-2010-3675.pdf>

- Esteve, F. (2009). Bolonia y las TIC: de la docencia 1.0 al aprendizaje 2.0. *La Cuestión Universitaria*, (5), 58-67.
<http://polired.upm.es/index.php/lacuestionuniversitaria/article/view/3337>
- European higher education área and Bologna Process. (s.f.). *Full members*.
https://eha.info/page-full_members
- Farrés-Tarafa, M., Bande, D., Roldán-Merino, J., Hurtado-Pardos, B., Biurrungarrido, A., Molina-Raya, L., Raurell Torredà, M., Casas, I., & Lorenzo-Seva, U. (2021). Reliability and validity study of the Spanish adaptation of the “Student Satisfaction and Self-Confidence in Learning Scale” (SCLS). *Plos One*, 16(7), e0255188.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255188>
- Fent, G., Gosai, J., & Purva, M. (2015). Teaching the interpretation of electrocardiograms: which method is best?. *Journal of Electrocardiology*, 48(2), 190-193.
<https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2014.12.014>
- Ferrer-Torregrosa, J., Jiménez-Rodríguez, M. Á., Torralba-Estelles, J., Garzón-Farinós, F., Pérez-Bermejo, M., & Fernández-Ehrling, N. (2016). Distance learning icts and flipped classroom in the anatomy learning: comparative study of the use of augmented reality, video and notes. *BMC Medical Education*, 16(1), 230. <https://doi.org/10.1186/s12909-016-0757-3>
- Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jiménez, M. A., García, S., & Barcia, J. M. (2015). ARBOOK: Development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 119-124. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9526-4>

- Fives, C., Lone, M., & Nolan, Y. M. (2022). Motivation and learning methods of anatomy: Associations with mental well-being. *Clinical Anatomy*, 35(1), 26-39. <https://doi.org/10.1002/ca.23781>
- Folguera-Álvarez, C. (2017). *Eficacia del vendaje compresivo multicapa en la cicatrización de las úlceras venosas* Universidad de Alicante. [Tesis de doctorado, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional Universidad de Alicante.
https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/71213/1/tesis_carmen_folguera_alvarez.pdf
- Frykberg, R. G., & Banks, J. (2015). Challenges in the Treatment of Chronic Wounds. *Advances in Wound Care*, 4(9), 560–582.
<https://doi.org/10.1089/wound.2015.0635>
- Gale, S. S., Lurie, F., Treadwell, T., Vazquez, J., Carman, T., Partsch, H., Alvarez, O., Langemo, D., Posthauer, M. E., Cheney, M., Wilkin, M. M., & Bursztynski, M. (2014). DOMINATE Wounds. *Wounds: A Compendium of Clinical Research and Practice*, 26(1), 1–12.
- Galicia-Alarcón, L., & Edel-Navarro, J. A. B. T. (2014). Revisión del modelo atención, relevancia, confianza y satisfacción (ARCS). En I. Esquivel (Ed.), *Los Modelos Tecno-Educativos, revolucionando el aprendizaje del siglo XXI* (pp 47-60). Universidad Veracruzana.
- García-Manjón, J. V., & Pérez-López, M. C. (2008). Espacio Europeo de Educación Superior: competencias profesionales y empleabilidad. *Revista Iberoamericana de Educación*, 46(9), 1-12.
<https://rieoei.org/historico/deloslectores/2444Manjon.pdf>

- Gascóns, M. P. (2007). La formación enfermera en el Espacio Europeo de Educación Superior. *Nursing (Ed. Española)*, 25(3), 58-66.
[https://doi.org/10.1016/S0212-5382\(07\)70887-7](https://doi.org/10.1016/S0212-5382(07)70887-7)
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2014). *Cognitiveneuroscience: The biology of the mind*. (4ª ed.). W. W. Norton & Company.
- Gethin, G., Probst, S., Janstryja, N., Price, P. (2020). Evidence for person-centred care in chronic wound care: a systematic review and recommendations for practice. *Journal of Wound Care* 29 (S9), 1–22.
<https://doi.org/10.12968/jowc.2020.29.Sup9b.S1>.
- Goh, P. S. (2016). eLearning for technology enhanced learning in medical education—Hope, not hype. *Medical Teacher*, 38, 957–958.
<https://doi.org/10.3109/0142159X.2016.1147538>
- Gonen, A., Sharon, D., & Lev-Ari, L. (2016). Integrating Information Technology's competencies into academic nursing education—An action study. *Cogent Education*, 3(1), 1193109.
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2016.1193109>
- González-Consuegra, R. V., & Verdú, J. (2010). Calidad de vida relacionada con heridas crónicas. *Gerokomos*, 21(3), 131-139.
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2010000300007&lng=es&tlng=es
- González de la Torre, H., Quintana-Lorenzo, M. L., Perdomo-Pérez, E., & Verdú, J. (2017). Correlation between health-related quality of life and venous leg ulcer's severity and characteristics: a cross-sectional study. *International Wound Journal*, 14 (2), 360–368.
<https://doi.org/10.1111/iwj.12610>

- Gopalan, V., Bakar, J. A. A., Zulkifli, A. N., Alwi, A., & Mat, R. C. (2017, Abril 3-5). A review of the motivation theories in learning. [Paper presented]. AIP Conference Proceedings, Kedah, Malasia.
<https://doi.org/10.1063/1.5005376>
- Goudy-Egger, L., & Dunn, K. S. (2018). Use of Continuing Education to Increase Nurses' Knowledge of Chronic Wound Care Management. *Journal of Continuing Education in Nursing*, 49(10), 454–459.
<https://doi.org/10.3928/00220124-20180918-05>
- Guest, J. F., Ayoub, N., McIlwraith, T., Uchegbu, I., Gerrish, A., Weidlich, D., Vowden, K., & Vowden, P. (2017). Health economic burden that different wound types impose on the UK's National Health Service. *International Wound Journal*, 14(2), 322–330.
<https://doi.org/10.1111/iwj.12603>
- Heaslip, V. (2013). District nursing: the hidden giant of the NHS?. *British Journal of Community Nursing*, 18(8), 404–406.
<https://doi.org/10.12968/bjcn.2013.18.8.404>
- Henssen, D. J., van den Heuvel, L., De Jong, G., Vorstenbosch, M. A., van Cappellen van Walsum, A. M., Van den Hurk, M. M., Kooloos, J. G., & Bartels, R. H. (2020). Neuroanatomy Learning: Augmented Reality vs. Cross-Sections. *Anatomical Science Education*, 13, 353-365.
<https://doi.org/10.1002/ase.1912>
- Herraiz-Adillo, Á., Cervera-Monteagudo, B., Cruz-López, M. V., Molina-Morate, Á., & Romero-Parrilla, J. J. (2021). Prevalencia de las úlceras de pierna en la provincia de Cuenca: un estudio en Atención Primaria. *Enfermería Clínica*, 31(6), 371-380. <https://doi.org/10.1016/j.enfcli.2021.01.010>

- Hoang, T., Reinoso, M., Joukhadar, Z., Vetere, F., & Kelly, D. (2017, May 2). Augmented studio: Projection mapping on moving body for physiotherapy education. [Paper presented]. *AIP Conference on Human Factors in Computing Systems, Denver, Colorado, USA*
<https://doi.org/10.1145/3025453.3025860>
- Hong, Q. N., Pluye, P., Bujold, M., & Wassef, M. (2017). Convergent and sequential synthesis designs: implications for conducting and reporting systematic reviews of qualitative and quantitative evidence. *Systematic Reviews, 6*(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s13643-017-0454-2>
- Hong, Q. N., González-Reyes, A., & Pluye, P. (2018). Improving the usefulness of a tool for appraising the quality of qualitative, quantitative and mixed methods studies, the Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT). *Journal of Evaluation in Clinical Practice, 24*(3), 459–467.
<https://doi.org/10.1111/jep.12884>
- Hong, Q. N., Turcotte-Tremblay, A. M., & Pluye, P. (2020). Revisión sistemática mixta. Un ejemplo sobre la financiación basada en los resultados. En V. Ridde & C. Dagenais (Eds.), *Evaluación de las intervenciones sanitarias en salud global. Métodos avanzados* (pp. 165-194). Éditions science et bien commun y Marseille: IRD Éditions.
<https://scienceetbiencommun.pressbooks.pub/evalsalud/chapter/revue-smixtes/>
- Ibáñez, M. B., Di Serio, Á, Villarán, D., & Delgado Kloos, C. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education, 71*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>

Instituto de Información Sanitaria. Agencia de Calidad del Sistema Nacional de Salud. Ministerio de Sanidad y Política Social. (2010). *Indicadores clave del Sistema Nacional de Salud. Fichas Técnicas*.

<https://www.sanidad.gob.es/estadEstudios/estadisticas/sisInfSanSNS/pdf/indicadoresClaveCISNS.pdf>

Jaemu, L., Kim, Y., & Lee, Y. (2008). A web-based program to motivate underachievers learning number sense. *International Journal of Instructional Media*, 35(2), 185+.

<https://link.gale.com/apps/doc/A306242125/AONE?u=anon~cdefe320&sid=googleScholar&xid=79d96754>

Jamali, S., Shiratuddin, M. F., Wong, K. W., & Oskam, C. L. (2015). Utilising Mobile-Augmented Reality for Learning Human Anatomy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 659-668.

<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.054>

Johnson, S. D. & Aragon, S. R. (2003), An instructional strategy framework for online learning environments. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 2003(100), 31-43. <https://doi.org/10.1002/ace.117>

Jorge, N., Morgado, L., & Gaspar, P. (2016, junio 14-17). Augmented Learning Environment for wound care simulation. [Paper presented]. AIP *EDEN Conference Proceedings* (No. 1, pp. 256-264). Budapest, Hungría.

<https://doi.org/10.1145/3025453.3025860>

Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The impact of an augmented reality application on learning motivation of students. *Advances in Human-Computer Interaction*, 2019, 1-14.

<https://doi.org/10.1155/2019/7208494>

- Keller, J. M. (1979). Motivation and instructional design: A theoretical perspective. *Journal of Instructional Development*, 26-34.
<https://doi.org/10.1007/BF02904345>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10, 2–10.
<https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- Keller, J. M. (2000, enero). How to integrate learner motivation planning into lesson planning: The ARCS model approach. [Paper presented]. VII Seminario, Cuba.
- Keller, J. M. (2010). The Arcs model of motivational design. In J. M. Keller, *Motivational design for learning and performance* (pp. 43-74). Springer.
- Kielo, E., Salminen, L., & Stolt, M. (2018). Graduating student nurses' and student podiatrists' wound care competence – an integrative literature review. *Nurse Educacion in Practice*, 28(3).
<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2017.11.002>
- Kielo, E., Suhonen, R., Salminen, L., & Stolt, M. (2019). Competence areas for registered nurses and podiatrists in chronic wound care, and their role in wound care practice. *Journal of Clinical Nursing*, 28(21-22), 4021–4034.
<https://doi.org/10.1111/jocn.14991>
- Kielo, E., Salminen, L., Suhonen, R., Puukka, P., & Stolt, M. (2019). Graduating student nurses' and student podiatrists' wound care competence: a cross-sectional study. *Journal of Wound Care*, 28(3), 136–145.
<https://doi.org/10.12968/jowc.2019.28.3.136>

- Kielo-Viljamaa, E., Viljamaa, J., Suhonen, R., Salminen, L., & Stolt, M. (2022). Learning goals and content for wound care education in Finnish nursing education—A Delphi study. *Nurse Education Today*, *110*, 105278. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105278>
- Kleinginna, P. R., & Kleinginna, A. M. (1981). A categorized list of motivation definitions, with a suggestion for a consensual definition. *Motivation and Emotion*, *5*, 263–291. <https://doi.org/10.1007/BF00993889>
- Knowles, J. W., Assimes, T. L., Li, J., Quertermous, T., & Cooke, J. P. (2007). Genetic susceptibility to peripheral arterial disease: a dark corner in vascular biology. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, *27*(10), 2068–2078. <https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000282199.66398.8c>
- Kotcherlakota, S., Pelish, P., Hoffman, K., Kupzyk, K., & Rejda, P. (2020). Augmented Reality Technology as a Teaching Strategy for Learning Pediatric Asthma Management: Mixed Methods Study. *JMIR Nursing*, *3*(1), e23963. <https://doi.org/10.2196/23963>
- Krishna, S. M., Moxon, J. V., & Golledge, J. (2015). A review of the pathophysiology and potential biomarkers for peripheral artery disease. *International Journal of Molecular Sciences*, *16*(5), 11294–11322. <https://doi.org/10.3390/ijms160511294>
- Küçük, S., Kapakin, S., & Göktaş, Y. (2016). Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load. *Anatomical Sciences Education*, *9*(5), 411–421. <https://doi.org/10.1002/ase.1603>

Kugelmann, D., Stratmann, L., Nühlen, N., Bork, F., Hoffmann, S., Samarbarksh, G., Pferschy, A., von der Heide, A. M., Eimannsberger, A., Fallavollita, P., Navab, N., & Waschke, J. (2018). An Augmented Reality magic mirror as additive teaching device for gross anatomy. *Annals of Anatomy - Anatomischer Anzeiger*, 215, 71–77.

<https://doi.org/10.1016/j.aanat.2017.09.011>

Lindahl, E., Holloway, S., Bobbink, P., Gryson, L., Pokorná, A., Ousey, K., Samuriwo, R., & Pancorbo Hidalgo, L. P. (2021). *Wound Curriculum for Student Nurses: European Qualification Framework level 4*. European Wound Management Association.

https://journals.cambridge.com.au/application/files/7116/9690/2176/Wound_management_curriculum_for_student_nurses_-_EQF_level_4.pdf

Lozano-Blasco, R., Quílez-Robres, A., Usán, P., Salavera, C., & Casanovas-López, R. (2022). Types of Intelligence and Academic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Intelligence*, 10(4), 123.

<https://doi.org/10.3390/jintelligence10040123>

Lu, J., & Ying-Chieh, L. (2014). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525-541.

<https://doi.org/10.1080/13504622.2014.911247>

Malik, S. (2014). Effectiveness of ARCS model of motivational design to overcome non completion rate of students in distance education. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 15(2), 194-200.

<https://doi.org/10.17718/tojde.18099>

- Martín-Gutiérrez, J., Luís Saorín, J., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D. C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>
- Mccluskey, P., & Mccarthy, G. (2012). Nurses' knowledge and competence in wound management. *Wounds UK*, 8(2), 37-47. https://www.researchgate.net/profile/Pat-Mccluskey/publication/288752995_Nurses%27_knowledge_and_competence_in_wound_management/links/5a12e19f0f7e9b1e572c1cd5/Nurses-knowledge-and-competence-in-wound-management.pdf
- Marinel.lo Roura, J., & Verdú Soriano, J. (Coord.). (2018). Conferencia nacional de consenso sobre las úlceras de la extremidad inferior (C.O.N.U.E.I.). Documento de consenso 2018. Ergon. <https://aeevh.org/wp-content/uploads/2020/04/conuei2018aeevh.pdf>
- Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D., & Mora, C. E. (2015). Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Computers in Human Behavior*, 51, 752-761.
- Martinengo L. J., Olsson, M., Bajpai, R., Soljak, M., Upton, Z., Schmidtchen, A., Car, J., Järbrink, K. (2019). Prevalence of chronic wounds in the general population: Systematic review and meta-analysis of observational studies, *Annals of Epidemiology*, 29, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2018.10.005>

- Martínez-Santos, A. E., Tizón Bouza, E., & Pesado Cartelle, J. Á. (2019). Conocimiento enfermero sobre prevención, diagnóstico y cuidados de las úlceras de extremidad inferior en un área sanitaria. *Gerokomos: Revista de la Sociedad Española de Enfermería Geriátrica y Gerontológica*, 30(1), 34-41.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S1134-928X2019000100034&script=sci_arttext&tlng=pt
- Martínez-Santos, A. E., Rodríguez-González, R., Fernández-de-la-Iglesia, C., Arantón-Areosa, L., & Rodríguez-Abad, C. (2022). Úlceras de extremidades inferiores: necesidades formativas basadas en la evidencia enfermera. En D. Cobos-Sanchiz, D. López-Meneses, L. Molina García, A. Jaén-Martínez, A. H. Martín-Padilla, *INNOVAGOGÍA 2022, VI Congreso Internacional sobre Innovación Pedagógica y Práxis Educativa. Libro de Actas*. (pág. 283). AFOE.
- Mendez, K. J., Piasecki, R. J., Hudson, K., Renda, S., Mollenkopf, N., Smith Nettles, B., & Han, H-R. (2020). Virtual and augmented reality: Implications for the future of nursing education. *Nurse Education Today*, 93, 104531. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2020.104531>
- Messier, E., Wilcox, J., Dawson-Elli, A., Diaz, G., & Linte, C. A. (2016). An interactive 3D virtual anatomy puzzle for learning and simulation - Initial demonstration and evaluation. *Studies in Health Technology and Informatics*, 220, 233–240.
- Milne, J. (2016). The challenge of providing cost-effective wound care. *Wounds UK*, 12(1), 52-57.

- Ministerio de Ciencia e Innovación (2008). ORDEN CIN/2134/2008, de 3 de julio, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Enfermero. Boletín Oficial del Estado, 19-09-2008, 174, 31680-31683. <https://www.boe.es/eli/es/o/2008/07/03/cin2134>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. (2008). *Memoria para la solicitud del título de grado en Enfermería de la Universidad de Santiago de Compostela*.
- Ministerio de Sanidad. (2020). *Resolución de la Dirección General de Salud Pública de 20 de octubre de 2020. Por la que se valida la "Guía para la indicación, uso y autorización de dispensación de medicamentos sujetos a prescripción médica por parte de las/los enfermeras/os de: Heridas"*. Boletín Oficial del Estado, 29-10-2020, 93619-93628. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-13190
- Missen, K., McKenna, L., Beauchamp, A., & Larkins, J. (2016). Qualified nurses rate new nursing graduates as lacking skills in key clinical areas. *Journal of Clinical Nursing*, 25, 2134-2143. <https://doi.org/10.1111/jocn.13316>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). The PRISMA Group 2009 Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6, e1000097. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Montero Curiel, M. L. (2010). El proceso de Bolonia y las nuevas competencias. *Tejuelo*, 9, 19-37. <http://hdl.handle.net/10662/4624>

- Mooij, M. C., & Huisman, L. C. (2016). Chronic leg ulcer: does a patient always get a correct diagnosis and adequate treatment?. *Phlebology*, 31(1 Suppl), 68–73. <https://doi.org/10.1177/0268355516632436>
- Moore, Z., & Clarke, E. (2011). A survey of the provision of education in wound management to undergraduate nursing students. *EWMA Journal*, 11(1), 35-38.
- Moro, C., Štromberga, Z., Raikos, A., & Stirling, A. (2017). The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 10(6), 549–559. <https://doi.org/10.1002/ase.1696>
- Navarro, R. E. (2003). El rendimiento académico: concepto, investigación y desarrollo. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 1(2), 0. <https://doi.org/10.15366/reice2003.1.2.007>
- Neyra-Arisméndiz, L., Solís-Villanueva, J., Castillo-Sayán, Ó., & García-Ramos, F. (2012). Pie diabético. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*, 25(2), 76-88. <https://doi.org/10.36393/spmi.v25i2.346>
- NMBI (2016). *Nurse Registration Programmes Standards and Requirements*. Nursing and Midwifery Board of Ireland. https://www.nmbi.ie/NMBI/media/NMBI/NMBI-Nurse-Registration-Programmes-Standards-and-Requirements-Fifth-Edition_1.pdf?ext=.pdf
- Nørgård, C., O’Neill, L. D., Chemnitz, J., & Majgaard, G. (2019). Learning Anatomy with Augmented Reality: Learning design and app design for optimal learning. *Tidsskriftet Læring og Medier (LOM)*, 12(20). <https://doi.org/10.7146/lom.v12i20.109569>

- Norgren, L., Hiatt, W. R., Dormandy, J. A., Nehler, M. R., Harris, K. A., Fowkes, F. G. R. (2007). Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery : the official journal of the European Society for Vascular Surgery*, 33 (Suppl 1), S1–S75.
<https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2006.09.024>
- Okoye, K., Nganji, J. T., & Hosseini, S. (2020). Learning analytics for educational innovation: A systematic mapping study of early indicators and success factors. *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 12, 138-154.
- Olsson, M., Järbrink, K., Divakar, U., Bajpai, R., Upton, Z., Schmidtchen, A., & Car, J. (2019). The humanistic and economic burden of chronic wounds: A systematic review. *Wound Repair and Regeneration* 27(1), 114–125.
<https://doi.org/10.1111/wrr.12683>
- Orsini, C., Binnie, V. I., & Wilson, S. L. (2016). Determinants and outcomes of motivation in health professions education: a systematic review based on self-determination theory. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 13, 19. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2016.13.19>
- Otero González, G., Agorio Norstrom, C., & Martínez Asuaga, M. (2012). Úlceras de miembros inferiores: características clínico-epidemiológicas de los pacientes asistidos en la unidad de heridas crónicas del Hospital de Clínicas. *Revista Médica del Uruguay*, 28(3), 182-189.
<http://www2.rmu.org.uy/ojsrmu311/index.php/rmu/article/view/333/327>

- Palomar-Llatas, F., Pastor-Orduñez, M.I., Bonías-López, J., Fornes-Pujalte, B., Sierra-Talamantes, C., Zamora-Ortiz, J., Diez-Fornes, P., & Palomar-Albert, D. (2018). Características y manejo del lecho de las heridas crónicas. *Enfermería Dermatológica*, 33, 10-18.
https://www.anedidic.com/descargas/formacion-dermatologica/33/caracteristicas_y_manejo_del_lecho_de_las_heridas_cronicas.pdf
- Pérez, A. I., Fernández, J., Arantón-Areosa, L., Rumbo, J. M., Romero, M., Trueba, M. A., García, F., & Ramírez, A. (2011). La enfermería ante el reto de la promoción de la salud en pacientes y cuidadores con riesgo de deterioro de la integridad cutánea o con heridas (1ª parte). *Enfermería Dermatológica*, 5(13), 16-21.
<https://anedidic.com/descargas/formacion-dermatologica/15/la-enfermeria-ante-el-reto-de-la-promocion-de-la-salud-parte-2.pdf>
- Phillips, C. J., Humphreys, I., Fletcher, J., Harding, K., Chamberlain, G., & Macey, S. (2016). Estimating the costs associated with the management of patients with chronic wounds using linked routine data. *International Wound Journal*, 13(6), 1193–1197. <https://doi.org/10.1111/iwj.12443>
- Pimmer, C., Mateescu, M., & Gröbriel, U. (2016). Mobile and ubiquitous learning in higher education settings. A systematic review of empirical studies. *Computers in Human Behavior*, 63, 490-501.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.057>
- Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and sustaining self-regulated learning. *International Journal of Educational Research*, 31(6), 459-470. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00015-4)

- Pizarroa, P. S. (2022). *La competencia de trabajo en equipo en la Universidad y su evaluación mediante rúbricas* [Tesis doctoral no publicada]. Universidad de Oviedo.
- Powers, J. G., Higham, C., Broussard, K., & Phillips, T. J. (2016). Wound healing and treating wounds: Chronic wound care and management. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 74(4), 607-625.
<https://doi.org/10.1016/j.jaad.2015.08.070>
- Probst S., Seppänen S., Gerber, V., Getting G., Hopkins, A., & Rimdeika, R., (2014). EWMA Document: Home Care-Wound Care: Overview, Challenges and Perspectives. *Journal of Wound Care*, 23, S1-S41.
<https://doi.org/10.12968/jowc.2014.23.Sup5a.S1>
- Quqandi, E., Joy, M., Rushton, M., & Drumm, I. (2018). Mobile augmented reality in nursing educational environments. In *2018 10th Computer Science and Electronic Engineering (CEECE)* (pp. 266-269). IEEE.
- Raman, J. (2015). Mobile technology in nursing education: where do we go from here? A review of the literature. *Nurse Education Today*, 35(5), 663-672. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2015.01.018>
- Ramírez, U. N., & Barragán, J. F. (2018). Autopercepción de estudiantes universitarios sobre el uso de tecnologías digitales para el aprendizaje. *Apertura (Guadalajara, Jal.)*, 10(2), 94-109.
<https://doi.org/10.32870/ap.v10n2.1401>
- Real Academia Española. (2022). Competencia. En *Diccionario de la lengua española* (23a ed). <https://dle.rae.es/competencia>

- Redmond, C., Hardie, P., Davies, C., Cornally, D., Daly, O., & O'Sullivan, C. (2020). Increasing competence in wound care: a cross-sectional study to evaluate use of a virtual patient by undergraduate student nurses. *Nurse Education in Practice*, 44, 102774
<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2020.102774>
- Ridao, J. (2016). La enseñanza del derecho constitucional mediante las TIC. Un estudio de caso no-presencial. *REJIE: Revista Jurídica de Investigación e Innovación Educativa*, (13), 49-61.
<https://doi.org/10.24310/REJIE.2016.v0i13.7683>
- Rikkerink, M., Verbeeten, H., Simons, R. J., & Ritzen, H. (2016). A new model of educational innovation: Exploring the nexus of organizational learning, distributed leadership, and digital technologies. *Journal of Educational Change*, 17(2), 223-249. <https://doi.org/10.1007/s10833-015-9253-5>
- Rochlen, L. R., Levine, R., & Tait, A. R. (2017). First person point of view augmented reality for central line insertion training: A usability and feasibility study. *Simulation in healthcare: Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, 12(1), 57.
<https://doi.org/10.1097/SIH.000000000000185>
- Rodríguez, J., & Gamboa, S. G. (2020). Intervenciones de enfermería dirigidas a las personas con úlceras venosas: una revisión integrativa. *Aquichan*, 20(1), 6. <https://doi.org/10.5294/aqui.2020.20.1.7>
- Rodríguez-Abad, C., Fernández-de-la-Iglesia, J. C., Martínez-Santos, A. E., & Rodríguez-González, R. (2021). A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education. *International journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 4262. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>

- Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Martínez-Santos, A. E., & Fernández-de-la-Iglesia, J. C. (2022). Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi-experimental study in nursing students. *Nurse Education Today* 119, 105565.
<https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105565>
- Rodríguez-Abad, C., Rodríguez-González, R., Fernández-de-la-Iglesia, J. C., Martínez-Santos, A. E. (2021a). *Diagnóstico, prevención y tratamiento de las úlceras de las extremidades inferiores a través de la realidad aumentada*. (España Nº Asiento Registral: 03/2021/865). Ministerio de Cultura y Deporte.
- Rodríguez-Abad, C., Martínez-Santos, A. E., Fernández de la Iglesia, J. C., & Rodríguez-González, R. (2023). Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: two quasi-experimental studies. *Nurse Education in Practice*, 71, 103715.
<https://doi.org/10.1016/j.nepr.2023.103715>
- Rodríguez García, A. M., Raso Sánchez, F., & Ruiz Palmero, J. (2019). Competencia digital, educación superior y formación del profesorado: un estudio de meta-análisis en la Web of Science. *Pixel-Bit*, 54, 65-81.
<https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i54.04>
- Roldán, A., Ibañez, P., Alba, C., Roviralta, S., Casajús, M. T., Gutiérrez, P., Pérez, D., Navarro, M. A., Esparza, G., Fuentes, A., Ruíz, C., Lázaro, J. L., & Hidalgo, S. (2017). Guía de práctica clínica: Consenso sobre úlceras vasculares y pie diabético de la Asociación Española de Enfermería Vasculare y Heridas (AEEVH). *Asociación Española de Enfermería Vasculare y Heridas*. [Guia-de-Practica-Clinica-web.pdf](#)

- Romero-Collado, A., Raurell-Torreda, M., Zabaleta-del-Olmo, E., Homs-Romero, E., & Bertran-Noguer, C. (2015). Course content related to chronic wounds in nursing degree programs in Spain. *Journal of Nursing Scholarship, 47*(1), 51–61. <https://doi.org/10.1111/jnu.12106>
- Rueda-López, J., Torra-Bou, J. E., Martínez-Cuervo, F., Verdú-Soriano, J., Soldevilla, J. J., Roche-Rebollo, E., & Arboix i Perejamo, M. (2004). Primer Estudio Nacional de Prevalencia de Úlceras de Pierna en España: Estudio GNEAUPP-UIFC-Smith & Nephew 2002-2003.-Epidemiología de las úlceras venosas, arteriales, mixtas y de pie diabético. *Gerokomos: Revista de la Sociedad Española de Enfermería Geriátrica y Gerontológica, 15*(4), 230-247.
- Ruiz-Rojo, H., Faulín-Ramos, E., Becerril, M., Gómez-Urquiza, J. L., Bárcena, C., Frutos, M., Iglesias, J. A., Garmendia-Leiza, J. R., & de Rojas, T. (2022). Standardizing nursing degree curriculum structure in Spain: A mixed-methods study. *Nurse Education Today, 112*, 105360. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105360>
- Rumbo-Prieto, J. M. (2022). Grado de enfermería y competencias básicas en heridas crónicas. *Enfermería Dermatológica, 16*(47), 6-7.
- Sabariego, M. (2015). La evaluación de competencias transversales a través de las rúbricas. *Revista D'innovació Educativa, 14*, 50-58. <https://10.7203/attic.14.4176>
- Schmidt, J. T. (2007). *Preparing students for success in blended learning environments: Future oriented motivation and self-regulation*. [Doctoral dissertation, Universitat Munchen]. LMU. <https://doi.org/10.5282/edoc.6561>

- Scharper, N., van Netten, J., Apelqvist, J., Bus, S., Hinchliff, B., & Lipsky, B., (2019). Guías para la prevención y el manejo del Pie Diabético del Grupo Internacional de Trabajo de Pie Diabético (IWGDF).
https://iwgdfguidelines.org/wp-content/uploads/2020/03/IWGDF-Guidelines-2019_Spanish.pdf
- Sen, C. K., Gordillo, G.M., Roy, S., Kirsner, R., Lambert, L., Hunt, T. K., Gottrup, F., Gurtner, G. C., & Longaker, M. T. (2009). Human skin wounds: A major and snowballing threat to public health and the economy. *Wound Repair Regen*, 17(6), 763–771. <https://doi.org/10.1111/j.1524-475X.2009.00543.x>
- Serrano Hernando, F. J., & Martín Conejero, A. (2007). Enfermedad arterial periférica: aspectos fisiopatológicos, clínicos y terapéuticos. *Revista Española de Cardiología*, 60(9), 969-982.
<https://doi.org/10.1157/13109651>
- Skinner, E. A., & Belmont, M. J. (1993). Motivation in the classroom: Reciprocal effects of teacher behavior and student engagement across the school year. *Journal of Educational Psychology*, 85(4), 571–581.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.85.4.571>
- Solak, E., & Cakir, R. (2015). Exploring the Effect of Materials Designed with Augmented Reality on Language Learners' Vocabulary Learning. *Journal of Educators Online*, 12(2), 50-72.
- Solís, S. G., Gómez, G. R., & Madrigal, A. U. (2022). Abordaje interdisciplinario de una persona con una úlcera venosa: Reporte de un caso clínico. *Horizonte de Enfermería*, 33(1), 142-150.
<https://docs.bvsalud.org/biblioref/2022/05/1367876/11.pdf>

Specht, M., Ternier, S., & Greller, W. (2011). Dimensions of mobile augmented reality for learning: a first inventory. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 7(1), 117–127.

<https://research.ou.nl/ws/portalfiles/portal/1000757/rcetj-+specht-ternier-greller.pdf>

Sussman, G. (2014). Ulcer dressings and management. *Australian Family Physician*, 43(9), 588-592.

<https://www.racgp.org.au/getattachment/611bacde-bd39-4a25-aebd-91ae4eb6f625/Ulcer-dressings-and-management.aspx>

Turney B. W. (2007). Anatomy in a modern medical curriculum. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 89(2), 104–107.

<https://doi.org/10.1308/003588407X168244>

Uribe, F. C. (2015). Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de la geometría descriptiva. *AUS [Arquitectura/Urbanismo/Sustentabilidad]*, (18), 18-22.

Uymaz, P., & Uymaz, A. O. (2022). Assessing acceptance of augmented reality in nursing education. *PloS One*, 17 (2), e0263937.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263937>

Vaskivska, H. O., Palamar, S. P., Kravtsova, N. V., & Khodakivska, O. V. (2021). Transformation of the Learning Process in Higher Education Institutions under the Influence of the Pandemic Covid-19. *Wiadomosci Lekarskie*, 74(6), 1505-1509. <https://doi.org/10.36740/WLek202106140>

- Vaughn, J., Lister, M., & Shaw, R. J. (2016). Piloting Augmented Reality Technology to Enhance Realism in Clinical Simulation. *Computers, Informatics, Nursing: CIN*, 34(9), 402–405.
<https://doi.org/10.1097/CIN.0000000000000251>
- Wang, S., Zhang, Q., Huang, W., Tian, H., Hu, J., Cheng, Y., & Peng, Y. (2018). A new smart mobile system for chronic wound care management. *IEEE Access*, 6, 52355–52365. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2864264>
- Welsh, L. (2018). Wound care evidence, knowledge and education amongst nurses: a semi-systematic literature review. *International Wound Journal*, 15(1), 53-61. <https://doi.org/10.1111/iwj.12822>
- Wu, H., Lee, S. W., Chang, H., & Liang, J. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- Wüller, H., Behrens, J., Garthaus, M., Marquard, S., & Remmers, H. (2019). A scoping review of augmented reality in nursing. *BMC Nursing*, 18, 19. <https://doi.org/10.1186/s12912-019-0342-2>
- Yamine, K., & Violato, C. (2015). A meta-analysis of the educational effectiveness of three-dimensional visualization technologies in teaching anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 8(6), 525–538.
<https://doi.org/10.1002/ase.1510>
- Yen, J. C., Tsai, C. H., & Wu, M. (2013). Augmented reality in the higher education: Students’ science concept learning and academic achievement in astronomy. *Procedia-social and Behavioral Sciences*, 103, 165-173. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.322>

- Zambrano-Quiroz, D. L. & Zambrano-Quiroz, M. S. (2019). Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TICs) en la educación superior: consideraciones teóricas. *REFCaIE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 7(1), 213-228.
- Zarchi, K., Latif, S., HAUGAARD, V. B., HJALAGER, I. R., & JEMEC, G. B. (2014). Significant differences in nurses' knowledge of basic wound management-implications for treatment. *Acta Dermato-Venereológica*, 94(4), 403-407. <https://doi.org/10.2340/00015555-1770>
- Zhu, E., Hadadgar, A., Masiello, I., & Zary, N. (2014). Augmented reality in healthcare education: an integrative review. *PeerJ Life & Environment*, 2, e469. <https://doi.org/10.7717/peerj.469>
- Zubillaga del Río, A., Alba Pastor, C., & Sánchez Hípola, P. (2013). La tecnología como herramienta de respuesta a la diversidad en la universidad: análisis de la discapacidad como elemento de diferenciación en el acceso y uso de las TIC entre estudiantes universitarios. *Revista Fuentes*, 13, 193-216.

11

Anexos

- 6. ¿Qué apósito indicarías para la realización de la cura de una úlcera de grado III altamente exudativa sin signos y/o síntomas de infección?**
- a- Film de poliuretano. c- Apósito hidrocoloide.
b- Espuma de poliuretano. d. Apósito de cadexómero lodado.
- 7. En úlceras exudativas, infectadas y malolientes, ¿Qué apósito aplicarías?**
- a- Apósito de hidrocoloide. c- Apósito de carbón activado
b- Apósito de gasa. d- Film de poliuretano.
- 8. ¿Qué apósito está contraindicado en el tratamiento de úlceras si estas presentan signos y/o síntomas de infección?**
- a- Espuma de poliuretano. c- Apósito de hidrogel.
b- Apósito hidrocoloide. d- Alginato con plata.
- 9. ¿Cuál de los siguientes apósitos es más apropiado para realizar la cura después de haber realizado un injerto de piel?**
- a- Apósito de silicona. c- Apósito de carbón activado.
b- Apósito de fibras de alginato cálcico. d- Ninguno de los anteriores.
- 10. Las cremas barrera con óxido de cinc no se deben emplear en la piel periulceral porque la maceran e irritan.**
- a. Verdadero. b- Falso.

**ANEXO 2. CUESTIONARIO DE PERCEPCIÓN ACERCA DE LA METODOLOGÍA DOCENTE
BASADA EN REALIDAD AUMENTADA.**

Por favor, responda a las siguientes afirmaciones, teniendo en cuenta que el grado de acuerdo es 1= nunca y 4= siempre.

DNI ALUMN@: _____		Nc/Ns	1	2	3	4
1	Me ayuda a fijar mi atención					
2	Me ayuda a retener los contenidos					
3	Me motiva a aprender					
4	Posibilita estudiar de diferentes maneras evitando así la sensación de frustración					
5	Me ayuda a ver/imaginar muy claramente lo que me están explicando					
6	Me ayuda a comprender los cuidados de Enfermería de las úlceras de miembro inferior					
7	Me ayuda a comprender el tema sin excesivas explicaciones por parte del profesor					
8	Me ayuda a repasar en mi casa					
9	Me estimula el aprendizaje activo					
10	Potencia mi trabajo autónomo					
11	Me permitiría repetir por mi cuenta, fuera de la universidad, las actividades realizadas en clase					
12	Después de la sesión de hoy soy capaz de reconocer la etiología de una úlcera de miembros inferiores					
13	Esta práctica me ha permitido aprender a orientar el tratamiento de elección					
14	Soy capaz de reconocer los signos y síntomas de infección y establecer una actuación.					
15	He mejorado mi capacidad de selección del apósito más adecuado en función de las características de la úlcera					
16	He mejorado mi capacidad de visualizar la colocación de los diferentes apósitos					
17	Me ha ayudado a saber aplicar cuidados básicos de úlceras de miembros inferiores (prevención, diagnóstico y cuidados)					

ANEXO 3. CUESTIONARIO INSTRUCTIONAL MATERIAL MOTIVATIONAL SURVEY (IMMS).

Por favor, responda a las siguientes afirmaciones, teniendo en cuenta que 1=Extremadamente improbable/en desacuerdo y 7=Extremadamente probable/de acuerdo.

CÓDIGO ALUMN@:	1	2	3	4	5	6	7
1	Cuando vi por primera vez la lección, tuve la impresión de que sería fácil para mí						
2	Había algo interesante en los materiales con RA que me llamó la atención						
3	Este material es más difícil de entender de lo que me gustaría que fuera						
4	Después de la información de introducción, me sentí seguro de que yo sabía lo que tenía que aprender de esta lección						
5	Completar los ejercicios de esta lección me dio una sensación de satisfacción de logro						
6	Es claro para mí cómo el contenido de este material está relacionado con cosas que ya sé						
7	La información era tanta que me era difícil recordar los puntos importantes						
8	La tecnología de la RA me llama la atención						
9	No había imágenes, vídeos y textos que me mostraron cómo este material podría ser importante para algunas personas						
10	Completar esta lección con éxito era importante para mí						
11	La calidad del material en RA me ayudó a mantener la atención						
12	El material era tan abstracto que era difícil mantener mi atención en él						
13	Mientras trabajaba en esta lección, estaba seguro de que podía aprender el contenido						

CÓDIGO ALUMN@:		1	2	3	4	5	6	7
14	He disfrutado esta lección tanto que me gustaría saber más sobre este tema							
15	Las imágenes, vídeos y textos que he descubierto a través de la lección son poco atractivos							
16	El contenido de este material es relevante para mis intereses							
17	La forma de organizar la información usando esta tecnología me ayudó a mantener la atención							
18	Hay explicaciones o ejemplos de cómo la gente usa el conocimiento de esta lección							
19	Era difícil descubrir la información digital asociada con la imagen real							
20	La información descubierta a través de la experiencia estimuló mi curiosidad							
21	Me gustó mucho el estudio de esta lección							
22	La cantidad de repetición de las actividades me aburre							
23	El contenido y el material audiovisual en esta lección transmiten la impresión de que vale la pena conocer su contenido							
24	He aprendido algunas cosas de la RA que fueron sorprendentes o inesperadas							
25	Después de trabajar en esta lección por un tiempo, estaba seguro de que iba a ser capaz de pasar una prueba sobre el contenido presentado							
26	Esta lección no era relevante para mis necesidades, porque yo ya sabía más del contenido							
27	Los logros alcanzados me ayudaron a sentirme recompensado por mi esfuerzo							
28	La variedad de material audiovisual ayudó a mantener mi atención en la lección							
29	El material audiovisual es aburrido							
30	Podría relacionar el contenido de esta lección con las cosas que he visto, hecho o pensado anteriormente							

CÓDIGO ALUMN@:		1	2	3	4	5	6	7
31	Hay tanto contenido que es irritante							
32	Me sentía bien para completar con éxito esta lección							
33	El contenido de esta lección será útil para mí							
34	Realmente no pude entender el material en esta lección							
35	La buena organización del material me ayudó a estar seguro de que iba a aprender el contenido							
36	Fue un placer trabajar esta lección que está bien diseñada							

**ANEXO 4. CASOS REALES SOBRE CONTENIDOS DOCENTES RELACIONADOS CON LAS
ÚLCERAS DE EXTREMIDAD INFERIOR.**

ENFERMERÍA CLÍNICA I

ENFERMEDADES DEL SISTEMA VASCULAR PERIFÉRICO

Nombre y apellidos _____

CASO PRÁCTICO 1

Condiciones para la resolución de este ejercicio:

- Bibliografía utilizada se debe basar en artículos científicos o páginas web de sociedades científicas.

Varón de 70 años, que presenta una úlcera en el tercio distal del MII, zona tercio distal del miembro inferior izquierdo, de cuatro meses de evolución (ver imagen).

En la consulta de enfermería se realizan diversas pruebas que arrojan los resultados que se muestran a continuación:

- TA: 150/85 mm/Hg
- Tº: 36ºC
- IMC: 34
- ITB = 0.9

Presenta edemas en ambos MMII.



**ANTECEDENTES
PERSONALES.**

- Hábito tabáquico.
- Estreñimiento crónico
- F.A. a tto. con Clopidogrel 100 (0-1-0)
- Sedentarismo.

1. Enumera los parámetros que sería necesario valorar en la extremidad afectada.
2. ¿Cuál es la etiología de la úlcera? Justifica tu respuesta.
3. ¿Qué estrategia de tratamiento aplicarías bajo estas circunstancias?
4. De entre todo el material disponible en el catálogo de productos para cura en ambiente húmedo del "SERGAS", ¿cuál o cuáles seleccionarías para realizar la cura?
5. Enumera las ventajas de la cura en ambiente húmedo frente a la cura tradicional.
6. ¿Qué signos y/o síntomas nos hacen sospechar de una infección?
7. En tu opinión, ¿cuál es el pilar fundamental en el tratamiento de la úlcera presentada en este caso?

Justifica tu respuesta.

ENFERMERÍA CLÍNICA I

ENFERMEDADES DEL SISTEMA VASCULAR PERIFÉRICO

Nombre y apellidos _____

CASO PRÁCTICO 2

Condiciones para la resolución de este ejercicio:

- Bibliografía utilizada se debe basar en artículos científicos o páginas web de sociedades científicas.

Mujer 60 años que presenta la siguiente úlcera en miembro inferior derecho de 6 meses de evolución.



ANTECEDENTES PERSONALES.

- Hábito tabáquico desde hace 10 años. Actualmente fuma un paquete diario.
- Estreñimiento crónico.
- HTA a tratamiento con enalapril (1-0-0)
- Hipercolesterolemia. Pravastatina (1-0-0)

Tras la anamnesis y exploración, encontramos los siguientes datos.

Refiere que lleva una vida sedentaria porque trabaja en la cocina de un restaurante y cuando finaliza su jornada de trabajo está muy cansada no puede hacer ejercicio. Además, engordó en 10 kg en el último año.

TA: 148/86 mm/Hg. Glucemia capilar preprandial: 190 mg/dl. IMC: 31.

ITB: 1.

Responde las siguientes preguntas.

1. ¿Qué parámetros se han de valorar, tanto de la extremidad afectada como de la úlcera?
2. ¿Cuál es el origen o etiología de la úlcera? Justifica tu respuesta.
3. ¿Qué indica el ITB?
4. ¿Cuál sería la estrategia a seguir en el tratamiento de la úlcera?
5. De entre todos los materiales disponibles en el catálogo de productos para cura en ambiente húmedo del "SERGAS", ¿cuál o cuáles seleccionarías para realizar la cura?
6. ¿Qué signos y/o síntomas nos harían sospechar de infección?
7. Después de 3 meses de tratamiento, la herida cicatrizó. ¿Qué le recomendarías para evitar una recidiva?

ENFERMERÍA CLÍNICA I

ENFERMEDADES DEL SISTEMA VASCULAR PERIFÉRICO

Nombre y apellidos _____

CASO PRÁCTICO 3

Condiciones para la resolución de este ejercicio:

- Bibliografía utilizada se debe basar en artículos científicos o páginas web de sociedades científicas.

Varón de 64 años con herida en región plantar pie Izq. de 3 semanas de evolución.

No refiere traumatismo previo en la zona. No presenta fiebre.

AP: Diagnóstico de Diabetes Mellitus II hace 15 años. Último resultado

Hb Glicosilada: 7.1.

Alergia a Penicilina.

Dislipemia, HTA y Obesidad.

Tto Actual: Insulatard 16 u.i./24 H (1-0-0).

Metformina 850, 2 comprimidos /24 H.

Pravastatina 20 mg (0-1-0).

Enalapril 20 mg (1-0-0).

Observación Visual. Se observan dos lesiones en región plantar de aprox. 2x2 cm. Lecho de la herida con tejido de granulación. Bordes definidos y vascularizados. Piel perilesional macerada, no signos de inflamación.



Tas la anamnesis y la exploración, realizamos el Índice Tobillo-Brazo, obteniendo un resultado de 0.9

1. Describe el procedimiento para la realización del ITB. Interpreta los posibles resultados.
2. En tu opinión, ¿Cuál es la etiología de la herida? Justifica tu respuesta.
3. ¿Cómo tratarías la úlcera?
4. ¿Estaría indicado derivar al paciente a Cirugía Vasculard? ¿Por qué?

Tras 15 días de tratamiento el paciente comenta que tiene dolor en la zona, las glucemias capilares (basales y post-pandriales) aumentaron. Presenta cetonuria y no tiene fiebre.

La herida presenta un leve enrojecimiento perilesional y aumento de la Tª local.

5. ¿Qué sugieren los nuevos signos y síntomas? Describe cómo actuarías ante esta nueva situación.

6. Sería adecuado tomar una muestra de la úlcera para cultivo. ¿Qué información nos aportarán los resultados? Describe el procedimiento de recogida de la muestra de la úlcera para cultivo mediante "Frotis".

Tras dos meses de tratamiento, la úlcera se solucionó y se proceda al alta del paciente.

7. ¿Qué aconsejarías al paciente con respecto al cuidado de sus pies?

ANEXO 5. RÚBRICA EMPLEADA PARA LA EVALUACIÓN DE LOS CASOS REALES.

CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS ESTRUCTURALES DADAS POR EL PROFESORADO 10%	No ha seguido ninguna norma 0 puntos	Ha seguido al menos el 50% de las normas 0.5 puntos	Ha seguido el 100% de las normas 1 punto
IDENTIFICA LA ETIOLOGÍA DE LA HERIDA CRÓNICA 30%	No reconoce la etiología 0 puntos	Reconoce la úlcera de pie diabético, pero no indica origen neuropático o isquémico 2 puntos	Identifica correctamente la etiología 3 puntos
TRATAMIENTO DE LA ÚLCERA 20%	El tratamiento seleccionado no es apropiado o está contraindicado. 0 puntos	El tratamiento no está contraindicado pero no es el óptimo 1 punto	El tratamiento aplicado es el más apropiado 2 puntos
PREVENCIÓN DE RECIDIVAS 10%	No Especifica recomendaciones para la prevención de nuevas heridas 0 puntos	Especifica al menos el 50% de las recomendaciones 0.5 puntos	Especifica el 100% de las recomendaciones 1 punto
ÍNDICE TOBILLO BRAZO (ITB) 10%	Interpreta incorrectamente los resultados y/o comete errores al describir el procedimiento. 0 puntos	Describe correctamente los pasos para la realización del procedimiento y/o Interpreta adecuadamente los resultados. 1 punto	
IDENTIFICA SIGNOS/ SÍNTOMAS DE INFECCIÓN 10%	No los identifica 0 puntos	Identifica el 50% 0.5 puntos	Identifica el 100% 1 puntos
RESTO DE RESPUESTAS 10%	Responde correctamente a menos del 50% o no responde 0 puntos	Responde correctamente al 50% 0.5 puntos	Responde correctamente al 100% 1 puntos

ANEXO 6. CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTOS INICIAL Y FINAL EMPLEADO EN EL ESTUDIO 3.

CUESTIONARIO DE CONOCIMIENTOS PRE-POST SOBRE ÚLCERAS DE EXTREMIDADES INFERIORES (UEEII).

- 1. Las pomadas o cremas que contienen agentes antibióticos son el tratamiento de elección cuando los signos y/o síntomas indiquen infección en la úlcera de EEII.**
 - a- Verdadero.
 - b- Falso.

- 2. El vendaje terapéutico en MMII (indica la correcta):**
 - a) Empeora la insuficiencia valvular de MMII.
 - b) Disminuye la velocidad del flujo sanguíneo.
 - c) Aumenta la movilidad de la articulación afectada.
 - d) Activa la fibrinolisis.

- 3. ¿Qué apósito es de elección cuando la UEEII es altamente exudativa?**
 - a- Apósito hidrocoloide fino.
 - b- Apósito de fibras de alginato cálcico.
 - c- Apósito film de poliuretano.
 - d- Apósito de hidrogel.

- 4. ¿En cuál de las siguientes situaciones está contraindicado el vendaje compresivo de MMII?**
 - a) Si existe linfedema.
 - b) Si existen varices en MMII durante el embarazo.
 - c) Si el índice tobillo-brazo es menor de 0.6
 - d) Durante el periodo post-quirúrgico tras una intervención de varices de MMII.

- 5. Las UEEII que se localizan en el $\frac{1}{3}$ distal de la extremidad, cara lateral interna, zona supramaleolar, tendrán, mayoritariamente, un origen:**
- a) Venoso.
 - b) Arterial.
 - c) Se trata de úlceras de pie diabético.
 - d) La localización de la úlcera no guarda relación con la etiología.
- 6. Las cremas barreras con óxido de cinc no se deben emplear en la piel periulceral porque la maceran e irritan.**
- a. Verdadero.
 - b- Falso.
- 7. En UEEII exudativas, infectadas y malolientes. ¿Cuál sería el apósito de elección?**
- a- Apósito de hidocoloide.
 - c- Apósito de carbón activado
 - b- Apósito de gasa.
 - d- Film de poliuretano.
- 8. ¿Cuál es el principal factor agravante en una úlcera de pie diabético?**
- a) Traumatismo.
 - c) Isquemia.
 - b) Infección.
 - d) Neuropatía.
- 9. ¿Cuál de los siguientes apósitos es más apropiado para realizar la cura después de haber realizado un injerto de piel?**
- a- Apósito de silicona.
 - c- Apósito de carbón activado.
 - b- Apósito de fibras de alginato cálcico.
 - d- Ninguno de los anteriores.
- 10. ¿Qué apósito está indicado para la realización de la cura de una UEEII de grado III altamente exudativa sin signos y/o síntomas de infección?**
- a- Film de poliuretano.
 - c- Apósito hidocoloide.
 - b- Espuma de poliuretano.
 - d. Apósito de cadexómero lodado.

11. ¿Qué sustancia está indicada para la protección de la piel periucleral?

- a- Ácidos grasos hiperoxigenados. c- Povidona yodada.
- b- Pomada antibiótica. d- Solución de alcohol de romero al 70%.

12. Indica la correcta en relación a un vendaje compresivo de MMII.

- a) el vendaje tendrá mayor efecto sobre el sistema venoso superficial.
- b) el vendaje tendrá mayor efecto sobre el sistema venoso profundo.
- c) está indicado siempre que existan edemas en miembros inferiores (MMII).
- d) la presión que ejerce el vendaje es menor en prominencias óseas.

13. El vendaje compresivo de MMII está indicado en:

- a) Úlceras arteriales.
- b) Úlceras venosas.
- c) Insuficiencia cardíaca congestiva.
- d) Está indicado en todos los casos anteriores.

14. Con la aplicación de un apósito buscamos promover la cicatrización de la herida proporcionando un ambiente estéril, transpirable y húmedo que facilita la granulación y la epitelización.

- a- Verdadero. b- Falso.

15. ¿Cuál de los siguientes términos es más apropiado para referirse a las UEEII?

- a) Úlcera crónica en EEII.
- b) Úlcera vascular en EEII.
- c) Herida crónica en EEII.
- d) Úlcera por presión en EEII.

16. Las UEEII que afectan al músculo, son UEEII de:

- a) Grado I
- b) Grado II.
- c) Grado III.
- d) Grado IV.

17. Una de las principales complicaciones para realizar un dx. precoz de infección en las UEEII es que presentan signos como edema, fiebre, etc. pero no presentan síntomas.

- a) Verdadero.
- b) Falso.

18. ¿Qué apósito está contraindicado en el tratamiento de UEEII si éstas presentan signos y/o síntomas de infección?

- a- Espuma de poliuretano.
- c- Apósito de hidrogel.
- b- Apósito hidrocoloide.
- d- Alginato con plata.

19. ¿Cuál de las siguientes es una característica de las úlceras vasculares de etiología arterial?

- a- Se localizan fundamentalmente en la zona supramaleolar interna.
- b- En relación al tamaño, se comportan de modo variable, desde muy extensas a pequeñas.
- c- Los pulsos suelen estar conservados en el miembro afectado
- d- La piel perilesional suele ser pálida, brillante, sin presencia de vello y delgada.
- e- Todas son características de las úlceras vasculares de origen venoso.

20. El acrónimo DOMINATE constituye un instrumento que permite realizar una valoración integral del paciente con heridas crónicas.

- a- Verdadero.
- b- Falso.

ANEXO 7. CONSENTIMIENTO INFORMADO SOLICITADO AL ALUMNADO.



CONSENTIMIENTO E INFORMACIÓN DE PROTECCIÓN DE DATOS

Identificación de la investigación: Realidad Aumentada en el estudio de úlceras en enfermería

Equipo investigador: Profa. Raquel Rodríguez González, Prof. Carlos Rodríguez Abad, Profa. Alba Elena Martínez Santos, Profa. Josefa del Carmen Fernández de la Iglesia, Profa. Lorena Casal Otero. Universidad de Santiago de Compostela.

El alumno/a _____, con DNI _____ da su consentimiento para que el equipo de investigación acceda a la **nota media de su expediente con la finalidad de analizar estadísticamente resultados del estudio e investigar nuevas metodologías de enseñanza-aprendizaje, contribuir a la mejora de la docencia y mejorar el proceso de aprendizaje de los estudiantes.**

Los datos serán codificados y no permitirán la identificación de la persona.

Fdo.

En Santiago de Compostela 10 de junio de 2019

De conformidad con el Reglamento UE 2016/679 y la Ley Orgánica 3/2018, los datos serán incorporados por la Universidad de Santiago de Compostela al tratamiento denominado "Actividades de investigación de la USC" con la finalidad de gestión de los datos de las investigaciones en actividades científicas, históricas, culturales y lingüísticas para crear resultados de investigación con fines científicos.

El responsable de dicho tratamiento es el Vicerrectorado de Investigación. Universidade de Santiago de Compostela, cuyos datos de contacto son Colexio de San Xerome, Praza do Obradoiro s/n, 15782- Santiago de Compostela, vr.comunicacion@usc.es, teléfono 881811011. El Delegado de Protección de Datos es José Julio Fernández Rodríguez, dpd@usc.es

La base de justificación de este tratamiento es el consentimiento de las personas interesadas.

No se cederán datos salvo en los supuestos de obligaciones legales.

Las personas interesadas pueden ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, limitación de tratamiento, oposición y portabilidad a través de la sede electrónica en

<https://sede.usc.es/sede/publica/catalogo/procedemento/55/ver.htm>

También pueden dirigirse a la Agencia Española de Protección de Datos para realizar la reclamación que considere oportuna.

Los datos serán conservados durante el período en el que se realice la finalidad para la que fueron recogidos, o el tiempo necesario para cumplir con las obligaciones legales. Cumplida la finalidad, los datos que no formen parte de la prestación del servicio público se bloquearán hasta que transcurran los plazos de prescripción aplicables.

La política de privacidad y protección de datos de la USC se puede consultar en

<http://www.usc.es/es/normativa/protecciondatos/Politica-privacidade.html>

ANEXO 8. RESOLUCIÓN FAVORABLE DEL COMITÉ DE BIOÉTICA DE LA USC.



VICERREITORÍA DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN
Oficina de Investigación e Tecnoloxía
Servizo de Convocatorias e Recursos Humanos de I+S
Edificio CACTUS – Campus Vida
15782 Santiago de Compostela
Tel. 981 547 040 - Fax 981 547 077
Correo electrónico: ctiinfo@usc.es
<http://fmaisid.usc.es>

JOSÉ MANUEL CIFUENTES MARTÍNEZ, PRESIDENTE DEL COMITÉ DE BIOÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA,

INFORMA:

Que el proyecto de investigación: **“Proxecto de innovación docente a través do Grupo de Innovación Docente e-ducaSaude (Educación para a Saúde con TIC).”**, del que es investigadora principal Dña. **Josefa del Carmen Fernández de la Iglesia**, ha sido examinado por el Comité de Bioética de esta Universidad, cumpliendo su protocolo experimental los requisitos éticos exigidos.

Este Comité recomienda que se procure guardar la mayor equidad posible con aquellos alumnos que no participan en la investigación

Este documento no exime de la obtención de permisos o autorizaciones y el cumplimiento de otras normativas de aplicación.

Lugo, 8 de julio de 2019.

ANEXO 9. PERMISO DE REPRODUCCIÓN. CAPTURAS DE PANTALLA DEL TEXTO COMPLETO LIBRE O PERMISO DE REPRODUCCIÓN.


- **Captura de pantalla del texto completo libre del artículo 1**

A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education

IK Order Article Reprints 

Open Access Review

A Systematic Review of Augmented Reality in Health Sciences: A Guide to Decision-Making in Higher Education

by  Carlos Rodríguez-Abad ^{1,†} ,  Josefa-del-Carmen Fernández-de-la-Iglesia ^{2,†} ,  Alba-Elena Martínez-Santos ¹  and  Raquel Rodríguez-González ^{1,*}  

¹ Department of Psychiatry, Radiology, Public Health, Nursing and Medicine, Faculty of Nursing, University of Santiago de Compostela, 15704 Santiago de Compostela, Spain

² Department of Pedagogy and Didactics, Faculty of Education Sciences, University of Santiago de Compostela, 15704 Santiago de Compostela, Spain

* Author to whom correspondence should be addressed.

† Both authors contributed equally to this work.

Int. J. Environ. Res. Public Health **2021**, *18*(8), 4262; <https://doi.org/10.3390/ijerph18084262>

Submission received: 22 March 2021 / Revised: 13 April 2021 / Accepted: 14 April 2021 / Published: 17 April 2021

(This article belongs to the Special Issue Transculturality, Education and Health in the Digital Age and Times of Uncertainty)

Download  Browse Figures Versions Notes

CARLOS RODRÍGUEZ ABAD

- **Captura pantalla permiso de reproducción de los artículos 2 y 3.**

Effectiveness of augmented reality in learning about leg ulcer care: A quasi experimental study in nursing students.

Online (versus face-to-face) augmented reality experience on nursing students' leg ulcer competency: Two quasi-experimental studies.

Dear Dr. Carlos,

Thank you for your response.

As an Elsevier journal author, you retain the right to Include the article in a thesis or dissertation (provided that this is not to be published commercially) whether in full or in part, subject to proper acknowledgment; see <https://www.elsevier.com/about/policies/copyright> for more information. As this is a retained right, no written permission from Elsevier is necessary.

As outlined in our permissions licenses, this extends to the posting to your university's digital repository of the thesis provided that if you include the published journal article (PJA) version, it is embedded in your thesis only and not separately downloadable.

Thank you.

Kind regards,

Thomas Rexson Yesudoss

Copyrights Specialist

ELSEVIER | HCM - Health Content Management

ANEXO 10. ÍNDICE FIGURAS Y TABLAS

Figuras*

Figura 1 <i>Fisiopatología de la úlcera de extremidad inferior de etiología venosa</i>	30
Figura 2 <i>Evolución del pie diabético expuesto a factores predisponentes, desencadenantes y agravantes de lesión</i>	35
Figura 3 <i>Úlcera de extremidad inferior de etiología venosa</i>	37
Figura 4 <i>Úlcera de extremidad inferior de etiología arterial</i>	38
Figura 5 <i>Úlcera de extremidad inferior de origen neuropático</i>	39
Figura 6 <i>Resumen de los cuatro conceptos clave del acrónimo TIME</i>	40
Figura 7 <i>Estructura de la enseñanza superior en Enfermería en España</i>	43
Figura 8 <i>Propiedades de la Realidad Aumentada</i>	55
Figura 9 <i>Recursos necesarios para generar una experiencia de RA</i>	57
Figura 10 <i>Fases de la investigación y descripción de las tareas desarrolladas en cada fase</i>	71
Figura 11 <i>Miembros del grupo experimental en estación 1</i>	81
Figura 12 <i>Realización de la prueba diagnóstica Índice Tobillo-Brazo</i>	82
Figura 13 <i>Alumnado interactuando con contenidos digitales en la estación de aprendizaje 2</i>	82
Figura 14 <i>Miembros del grupo experimental interactuando con contenidos digitales</i>	84
Figura 15 <i>Distribución de los participantes en la investigación e instrumentos de evaluación administrados a grupo control y experimental. RA: Realidad Aumentada. IMMS: Instructional Material Motivational Survey</i>	86

Figura 16 <i>Diseño de las dos experiencias del estudio 3. RA: Realidad aumentada.</i>	88
Figura 17 Instrumentos de evaluación empleados en cada experiencia. IMMS: Instructional Material Motivational Survey	91
Figura 18 <i>Captura de pantalla de las estaciones virtuales de aprendizaje incluidas en el campus virtual de la materia.</i>	93

*** Todas las figuras incluidas en esta tesis doctoral son de elaboración propia**

Tablas*

Tabla 1 Clasificación morfológica y tisular de las UEI. Principales mecanismos fisiopatológicos desencadenantes de UEI.....	27
Tabla 2 <i>Características clínicas de las úlceras de miembro inferior según su etiología</i>	36
Tabla 3 <i>Distribución de créditos en el grado de Enfermería de la USC</i>	49
Tabla 4 <i>Competencias específicas de la materia Enfermería Clínica I</i>	50
Tabla 5 <i>Competencias transversales de la materia Enfermería Clínica I</i>	51
Tabla 6 <i>Variables de la experiencia que componen el estudio 2</i>	75
Tabla 7 <i>Variables de las dos experiencias que componen el estudio 3</i>	89

***Todas las tablas incluidas en esta tesis doctoral son de elaboración propia**



Las úlceras de extremidad inferior son el tipo más común de heridas crónicas y constituyen un grave problema de salud a nivel mundial y afectan a todas las esferas del individuo, mermando su calidad de vida. Las enfermeras desempeñan un papel fundamental en su cuidado a través de intervenciones preventivas y terapéuticas. La implementación de tecnologías de la información y comunicación (TIC) ha facilitado al alumnado la adquisición de competencias relacionadas con contenidos prácticos en Ciencias de la Salud. Entre las TIC, la realidad aumentada (RA) se ha perfilado como una herramienta tecnológica prometedora en aquellos casos donde se necesite una visión tridimensional o inmersión en la práctica. Sin embargo, existen escasas experiencias que analicen su utilidad real en contenidos específicos de Enfermería.