

**REALIDAD VIRTUAL EN EL TRATAMIENTO DEL DOLOR AGUDO  
EN PACIENTES CON QUEMADURAS**

**MARIA SONSOLES CEPEDA DIEZ**

**ADVERTIMENT.** L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=ca>

**ADVERTENCIA.** El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=es>

**WARNING.** The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



# **REALIDAD VIRTUAL EN EL TRATAMIENTO DEL DOLOR AGUDO EN PACIENTES CON QUEMADURAS**

Tesis Doctoral presentada por:

**MARIA SONSOLES CEPEDA DIEZ**

Para obtener el grado de Doctora en Psiquiatría

Directores:

**PROF. JOSEP ANTONI RAMOS QUIROGA**

Profesor titular de Psiquiatría de la Universitat Autònoma de Barcelona

Doctor en Psiquiatría y Psicología Clínica por la Universitat Autònoma de Barcelona

Jefe de Servicio del Hospital Universitario Vall d'Hebron, Barcelona

**PROF. AZUCENA GARCÍA PALACIOS**

Catedrática de Psicopatología de la Universitat Jaume I de Castellón

Doctora en Psicología por la Universitat Jaume I de Castellón

Directora del equipo de investigación LABPSITEC de la Universitat Jaume I

**DRA. SARA GUILA FIDEL KINORI**

Doctora en Psicología por la Universitat Autònoma de Barcelona

Psicóloga Clínica Adjunta en Hospital Universitari Vall d'Hebron

Psicóloga Consultora de la Unidad de Quemados

Programa de Doctorat en Psiquiatría

Departament de Psiquiatría i de Medicina Legal

Universitat Autònoma de Barcelona

Barcelona, Noviembre de 2025





**PROF. JOSEP ANTONI RAMOS QUIROGA**

(Universitat Autònoma de Barcelona)

**PROF. AZUCENA GARCÍA PALACIOS**

(Universitat Jaume I de Castellón)

**DRA. SARA GUILA FIDEL KINORI**

(Universitat Autònoma de Barcelona)

Declaran y certifican que han supervisado la tesis doctoral titulada:

**REALIDAD VIRTUAL EN EL TRATAMIENTO DEL DOLOR AGUDO EN  
PACIENTES CON QUEMADURAS**

### **FIRMAS**

DIRECTORES:

Prof. Josep Antoni Ramos Quiroga

Prof. Azucena García Palacios

Dra. Sara Guila Fidel Kinori

DOCTORANDA

Maria Sonsoles Cepeda Diez

Noviembre de 2025

A David y Martí, por mover el sol y las estrellas.

El origen de este trabajo tiene sus raíces en el desarrollo de mi práctica clínica como psiquiatra de enlace con los pacientes de la Unidad Especializada de Quemados (UEQ) del Hospital Universitari Vall d'Hebron.

En el año 2015, gracias al soporte institucional del Dr. Josep Antoni Ramos Quiroga, tuve el privilegio de asumir la continuidad del trabajo del Dr. José María Argüello Alonso, psiquiatra referente histórico de la unidad, tras su jubilación. Su legado, humano y clínico, permanece vivo entre quienes tuvieron la suerte de compartir con él los años de ejercicio, junto a la Dra. Guila Fidel, psicóloga clínica consultora de la unidad. Ambos consolidaron un modelo de atención caracterizado por el rigor clínico, la mirada compasiva y una profunda comprensión del sufrimiento humano.

De la Dra Fidel he tenido la oportunidad de aprender durante todos estos años una forma de trabajo sostenida en la observación fina, la serenidad y un acompañamiento terapéutico anclado en la realidad del paciente, donde el vínculo y el cuidado emocional se entiende como parte inseparable del proceso de curación. En este espacio, los pacientes nos enseñan la capacidad humana para integrar la pérdida, reconstruir significados tras una fractura vital y sobreponerse a las secuelas y al dolor.

El trabajo en la UEQ, menos conocido fuera de este ámbito hospitalario, exige convivir con la vulnerabilidad y la fortaleza humanas, con la presencia constante del dolor y los largos procesos de hospitalización que, con frecuencia, se inician en la Unidad de Cuidados Intensivos. En este entorno, los esfuerzos de los pacientes se entrelazan con el compromiso del equipo multidisciplinar, que pone su conocimiento y su humanidad al servicio de la recuperación.

A partir de esta experiencia clínica fueron confluyendo distintas trayectorias profesionales que hicieron posible que este proyecto tomara forma. El interés del Dr. Josep Antoni Ramos Quiroga por impulsar líneas de investigación innovadoras en el ámbito de la salud mental facilitó la colaboración con la Dra. Azucena García Palacios; catedrática de la Universitat Jaume I y directora del grupo LABPSITEC, referente en el uso de nuevas tecnologías, en especial la realidad virtual, aplicadas a la psicología clínica y al dolor. Gracias a esta colaboración, y al trabajo de la Dra. Diana Castilla, integrante del mismo grupo de trabajo, se pudo adaptar la tecnología al entorno físico de la UEQ, configurando el equipo que permitió implementar los ensayos en condiciones reales de hospitalización.

El proyecto contó, además, con la colaboración del equipo del Dr. Hunter Hoffman, pionero en el desarrollo del entorno *SnowWorld*, lo que hizo posible trasladar por primera vez esta línea de trabajo a población española hospitalizada por quemaduras.

La facilitación desde la UEQ fue clave. Agradezco al Jefe de Servicio de Cirugía Plástica y Quemados, Dr. Joan Pere Barret, y al equipo de la unidad su disponibilidad para hacer posible el despliegue de la intervención; al Dr. Jordi Serracanta, como Jefe de la UEQ, Carlos Moreno, como supervisor de enfermería en aquel periodo y el conjunto de enfermeras/os, auxiliares, rehabilitadores/as y personal administrativo.

Su saber permitió resolver lo que no figura en los protocolos: tiempo, propuestas, motivación y acompañamiento. Agradecida, muy especialmente, a los protagonistas: los pacientes que aceptaron participar, por su generosidad y su confianza que sostienen cada línea de este trabajo.

La pandemia de COVID-19 y los cambios organizativos que siguieron, obligaron a reorganizar los planteamientos y escenarios del proyecto, con un mismo objetivo: investigar sobre la posibilidad de actuar frente al dolor en pacientes con quemaduras mediante una técnica coadyuvante prometedora como la realidad virtual, en marcos asistenciales complementarios.

La continuidad del proyecto se desarrolló en la Unidad del Dolor del Hospital Vall d'Hebron, donde se exploró el uso de la RV durante la aplicación de capsicina en pacientes con dolor neuropático periférico. Mi agradecimiento al Jefe de Servicio de la Unidad del Dolor, Dr. Javier Medel, y a la Dra. Ana Server, por su papel en la puesta en marcha y desempeño del proyecto durante los tratamientos en el hospital de día de dicha unidad; y al Dr. Carlos Suso-Rivera, cuya participación metodológica y estadística fue fundamental y quedó reflejada en la publicación del segundo estudio.

Más allá de los nombres propios, esta tesis quiere reconocer a una comunidad clínica que cuida a diario en condiciones exigentes. Las curas de quemados son procedimientos largos y dolorosos, sumadas a una rehabilitación igualmente ardua. Los equipos trabajan coordinados, con una mezcla potente de técnica, compasión y oficio. Si la realidad virtual puede contribuir a disminuir el sufrimiento, abrir vías de intervención que faciliten la evasión temporal de un marco tan doloroso y reducir el riesgo de cronificación o de impacto emocional prolongado, habrá merecido la pena.

A nivel académico, este trabajo se apoya en la dirección, tutorización y el impulso en innovación clínica en salud mental del Dr. Josep Antoni Ramos Quiroga, jefe del Servicio de Psiquiatría del Hospital Vall d'Hebron, y de las codirectoras: la generosidad y experto conocimiento de la Dra. Azucena García Palacios, y la sabiduría, supervisión y ánimo constante de la Dra. Guila Fidel Kinori, a quienes agradezco su criterio, paciencia y confianza.

En lo personal, a mi familia de origen: a mis padres por su apoyo incluso en la distancia, y a mi hermano, y su familia, por estar siempre cerca, con cariño, sensatez y ayuda generosa. A esa otra familia, la que se escoge, por las nuevas raíces, la complicidad y el sostén también en los momentos difíciles. A Francisca Esplá, por su acompañamiento lúcido y cálido, que me permitió ampliar la mirada y reconstruir la narrativa, este trabajo es posible también gracias a ese recorrido compartido.

A David, mi compañero de vida, por su generosidad, paciencia, amor y apoyo incondicional durante los años de trabajo. Y a Martí, nuestro hijo, cuya pasión, curiosidad y entusiasmo nos recuerdan cada día que el deseo de comprender y aliviar forma parte de lo más esencial del ser humano.

Esta tesis es producto de muchas manos que empujaron en la misma dirección: el alivio del dolor, la humanización de la experiencia y y la apertura de espacio a intervenciones que sumen en este camino.

Ojalá lo aquí aprendido contribuya a que el estándar de cuidado en nuestro entorno sea, también, un poco más habitable para quienes transitan por él.

**INDICE**

## INDICE

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>INDICE DE TABLAS</b>                                                       | iv |
| <b>ABREVIATURAS</b>                                                           | v  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>                                                        | 9  |
| <b>1.1. DOLOR AGUDO EN PACIENTES CON QUEMADURAS</b>                           | 9  |
| 1.1.1. Fisiopatología del dolor agudo por quemaduras                          | 10 |
| 1.1.2. Interacción neuroinmune y regulación autonómica                        | 11 |
| 1.1.3. Evaluación del dolor                                                   | 11 |
| 1.1.4. Consecuencias fisiológicas, funcionales y psicológicas                 | 13 |
| <b>1.2. TRATAMIENTOS ACTUALES PARA EL DOLOR AGUDO EN QUEMADURAS</b>           | 14 |
| 1.2.1. Intervenciones farmacológicas                                          | 15 |
| 1.2.2. Intervenciones no farmacológicas                                       | 18 |
| <b>1.3. LA REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA TERAPÉUTICA</b>                  | 21 |
| 1.3.1. Definición, evolución y aplicaciones generales                         | 21 |
| 1.3.2. Mecanismos terapéuticos de acción de la Realidad Virtual               | 22 |
| <b>1.4. ESTUDIOS PREVIOS SOBRE LA REALIDAD VIRTUAL EN EL MANEJO DEL DOLOR</b> | 26 |
| 1.4.1. Aplicaciones generales de la realidad virtual en el manejo del dolor   | 26 |
| 1.4.2. Dolor agudo en procedimientos médicos                                  | 27 |
| 1.4.3. Dolor crónico y neuropático                                            | 29 |
| 1.4.4. Aplicaciones específicas en oncología y cuidados paliativos            | 30 |
| 1.4.5. Rehabilitación física                                                  | 30 |
| 1.4.6. Uso específico de la RV en pacientes con quemaduras                    | 31 |
| <b>2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO, OBJETIVOS E HIPÓTESIS</b>                    | 35 |
| <b>2.1. JUSTIFICACIÓN</b>                                                     | 35 |
| <b>2.2. OBJETIVOS</b>                                                         | 36 |
| <b>2.3. HIPÓTESIS</b>                                                         | 37 |
| <b>2.4. ESTUDIO 3: OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO</b>                               | 38 |
| <b>3. METODOLOGÍA</b>                                                         | 40 |

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1. ESTUDIO 1: Realidad Virtual como tratamiento coadyuvante para el tratamiento del dolor agudo asociado a procedimientos médicos en la Unidad de Quemados.....                  | 40 |
| 3.1.1. Diseño.....                                                                                                                                                                 | 40 |
| 3.1.2. Participantes.....                                                                                                                                                          | 40 |
| 3.1.3. Criterios de inclusión y exclusión.....                                                                                                                                     | 40 |
| 3.1.4. Procedimiento.....                                                                                                                                                          | 41 |
| 3.1.5. Instrumentos y herramientas de medida.....                                                                                                                                  | 42 |
| 3.1.6. Análisis de datos.....                                                                                                                                                      | 45 |
| 3.1.7. Consideraciones éticas y protección de datos.....                                                                                                                           | 46 |
| 3.2. ESTUDIO 2: Realidad Virtual como tratamiento coadyuvante para el dolor agudo durante un procedimiento intervencionista con capsaicina en Unidad del Dolor.....                | 46 |
| 3.2.1. Diseño.....                                                                                                                                                                 | 46 |
| 3.2.2. Participantes.....                                                                                                                                                          | 47 |
| 3.2.3. Criterios de inclusión y exclusión.....                                                                                                                                     | 47 |
| 3.2.4. Procedimiento.....                                                                                                                                                          | 47 |
| 3.2.5. Instrumentos y herramientas de medida.....                                                                                                                                  | 48 |
| 3.2.6. Análisis de datos.....                                                                                                                                                      | 50 |
| 3.2.7. Consideraciones éticas y protección de datos.....                                                                                                                           | 50 |
| 3.3. ESTUDIO 3: Revisión de la literatura sobre metaanálisis y revisiones sistemáticas sobre la eficacia de la Realidad Virtual en el dolor agudo en pacientes con quemaduras..... | 50 |
| 3.3.1. Diseño.....                                                                                                                                                                 | 50 |
| 3.3.2. Estrategia de búsqueda.....                                                                                                                                                 | 51 |
| 3.3.3. Criterios de inclusión y exclusión.....                                                                                                                                     | 51 |
| 3.3.4. Proceso de selección.....                                                                                                                                                   | 51 |
| 4. RESULTADOS.....                                                                                                                                                                 | 55 |
| 4.1. Estudio 1: Realidad Virtual como método coadyuvante para el tratamiento del dolor agudo durante las curas en la Unidad de Quemados.....                                       | 55 |
| 4.1.1. Descripción de la muestra.....                                                                                                                                              | 55 |
| 4.1.2. Resultados de la variable principal y de las medidas secundarias de resultado.....                                                                                          | 58 |
| 4.2. Estudio 2: Realidad Virtual como tratamiento coadyuvante para el dolor agudo durante un procedimiento intervencionista con capsaicina.....                                    | 62 |
| 4.2.1. Descripción de la muestra.....                                                                                                                                              | 62 |
| 4.2.2. Resultados de la variable principal y de las medidas secundarias de resultado.....                                                                                          | 64 |
| 4.3. Revisión de la Literatura sobre Metaanálisis y Revisiones Sistemáticas del impacto de la Realidad Virtual en el Dolor Agudo en Pacientes con Quemaduras.....                  | 66 |
| 4.3.1. Características generales de las revisiones incluidas.....                                                                                                                  | 66 |
| 4.3.2. Variables analizadas y principales hallazgos.....                                                                                                                           | 67 |

|                                                            |            |
|------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.3. Calidad metodológica de los estudios incluidos..... | 74         |
| <b>5. DISCUSIÓN.....</b>                                   | <b>80</b>  |
| 5.1. <b>UNIDAD DE QUEMADOS.....</b>                        | <b>80</b>  |
| 5.1.1. Perfil de la muestra.....                           | 80         |
| 5.1.2. Variable principal y variables secundarias.....     | 80         |
| 5.1.3. Factibilidad, aceptabilidad y usabilidad.....       | 82         |
| 5.2. <b>UNIDAD DEL DOLOR.....</b>                          | <b>83</b>  |
| 5.2.1. Perfil de la muestra.....                           | 83         |
| 5.2.2. Variable principal y secundarias.....               | 84         |
| 5.2.3. Factibilidad, aceptabilidad y usabilidad.....       | 84         |
| 5.3. <b>LECTURA INTEGRADA.....</b>                         | <b>85</b>  |
| 5.4. <b>INTERPRETACIÓN A LA LUZ DE LA EVIDENCIA.....</b>   | <b>86</b>  |
| 5.5. <b>FORTALEZA Y LIMITACIONES.....</b>                  | <b>87</b>  |
| <b>6. CONCLUSIONES.....</b>                                | <b>91</b>  |
| <b>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                  | <b>93</b>  |
| <b>8. ANEXO.....</b>                                       | <b>116</b> |

## INDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabla 4.1: Estudio 1: Características sociodemográficas (n = 12).....</b>                                                                                                               | <b>56</b> |
| <b>Tabla 4.2: Estudio 1: Características clínicas y tratamiento farmacológico basal (n = 12).....</b>                                                                                      | <b>57</b> |
| <b>Tabla 4.3: Estudio 1: Resultados de la variable principal (dolor máximo) y medidas secundarias (dolor promedio, rumiación, aversión, ansiedad y diferencia de tiempo estimado).....</b> | <b>59</b> |
| <b>Tabla 4.4: Estudio 1: Usabilidad y Aceptabilidad de la RV.....</b>                                                                                                                      | <b>61</b> |
| <b>Tabla 4.5: Estudio 1: Temas emergentes en la experiencia subjetiva con RV....</b>                                                                                                       | <b>61</b> |
| <b>Tabla 4.6: Estudio 1: Valoración del personal de enfermería sobre la intervención con RV.....</b>                                                                                       | <b>62</b> |
| <b>Tabla 4.7: Estudio 2: Características sociodemográficas de la muestra.....</b>                                                                                                          | <b>63</b> |
| <b>Tabla 4.8: Estudio 2: Características clínicas y psicológicas basales.....</b>                                                                                                          | <b>63</b> |
| <b>Tabla 4.9: Estudio 2: Resultados de la variable principal (dolor máximo) y medidas secundarias (dolor promedio, rumiación, aversión y ansiedad).....</b>                                | <b>64</b> |
| <b>Tabla 4.10: Estudio 2 Usabilidad y Aceptabilidad RV.....</b>                                                                                                                            | <b>65</b> |
| <b>Tabla 4.11: Estudio 2 Temas emergentes en la experiencia subjetiva con RV... </b>                                                                                                       | <b>66</b> |
| <b>Tabla 4.12: Características principales y calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión narrativa estructurada.....</b>                                                 | <b>75</b> |

## ABREVIATURAS

|                  |                                                          |
|------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>ABA</b>       | American Burn Association                                |
| <b>AINEs</b>     | Antiinflamatorios no esteroideos                         |
| <b>Akt</b>       | Proteína quinasa B                                       |
| <b>APA</b>       | American Psychological Association                       |
| <b>APPT-WGRS</b> | Adolescent Pediatric Pain Tool Word Graphic Rating Scale |
| <b>BPI</b>       | Brief Pain Inventory                                     |
| <b>BPS</b>       | Behavioral Pain Scale                                    |
| <b>BSPAS</b>     | Burn Specific Pain Anxiety Scale                         |
| <b>CEIm</b>      | Comité de Ética de Investigación con Medicamentos        |
| <b>CPU</b>       | Central Processing Unit                                  |
| <b>CPOT</b>      | Critical Care Pain Observation Tool                      |
| <b>DNP</b>       | Dolor neuropático periférico                             |
| <b>ECA</b>       | Ensayo clínico aleatorizado                              |
| <b>ENV (NRS)</b> | Escala Numérica de Valoración (Numeric Rating Scale)     |
| <b>EQ-5D-5L</b>  | EuroQol 5 Dimensions 5 Levels                            |
| <b>EVN</b>       | Escala Verbal Numérica                                   |
| <b>EVA (VAS)</b> | Escala Visual Analógica (Visual Analogue Scale)          |
| <b>FHD</b>       | Full High Definition                                     |
| <b>FLACC</b>     | Face, Legs, Activity, Cry, Consolability                 |
| <b>FPS-R</b>     | Faces Pain Scale-Revised                                 |

|                |                                                                                        |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GPU</b>     | Graphics Processing Unit                                                               |
| <b>GRS</b>     | Escala de Valoración Gráfica (Graphic Rating Scale)                                    |
| <b>HADS</b>    | Hospital Anxiety and Depression Scale                                                  |
| <b>HHa</b>     | Eje hipotálamo-hipófisis-adrenal                                                       |
| <b>HITLab</b>  | Human Interface Technology Laboratory                                                  |
| <b>HMD</b>     | Head-Mounted Display (visor o casco de realidad virtual)                               |
| <b>IASP</b>    | International Association for the Study of Pain                                        |
| <b>IL-6</b>    | Interleucina-6                                                                         |
| <b>IoMT</b>    | Internet of Medical Things                                                             |
| <b>ISBI</b>    | International Society for Burn Injuries                                                |
| <b>IV</b>      | Intravenoso/a                                                                          |
| <b>LAN</b>     | Local Area Network                                                                     |
| <b>LOPDGDD</b> | Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de los<br>Derechos Digitales |
| <b>MeSH</b>    | Medical Subject Headings                                                               |
| <b>MPQ</b>     | McGill Pain Questionnaire                                                              |
| <b>NMDA</b>    | Receptor N-metil-D-aspartato                                                           |
| <b>nNOS</b>    | Óxido nítrico sintasa neuronal                                                         |
| <b>OLED</b>    | Organic Light-Emitting Diode                                                           |
| <b>OMS</b>     | Organización Mundial de la Salud                                                       |
| <b>PCS</b>     | Pain Catastrophizing Scale                                                             |

|                               |                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| <b>PICO</b>                   | Population, Intervention, Comparison, Outcomes                     |
| <b>PKC<math>\gamma</math></b> | Proteína quinasa C gamma                                           |
| <b>PRISMA</b>                 | Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses |
| <b>RA</b>                     | Realidad Aumentada                                                 |
| <b>RAM</b>                    | Random Access Memory                                               |
| <b>RGPD</b>                   | Reglamento General de Protección de Datos                          |
| <b>ROM</b>                    | Range of Motion (rango de movimiento articular)                    |
| <b>RV</b>                     | Realidad virtual                                                   |
| <b>SCT / SCQ</b>              | Superficie corporal total / Superficie corporal quemada            |
| <b>SPSS</b>                   | Statistical Package for the Social Sciences                        |
| <b>STAT-3</b>                 | Transductor de señal y activador de la transcripción 3             |
| <b>STAI-C</b>                 | State-Trait Anxiety Inventory for Children                         |
| <b>TCC</b>                    | Terapia cognitivo-conductual                                       |
| <b>TEPT</b>                   | Trastorno por estrés postraumático                                 |
| <b>UEQ</b>                    | Unidad Específica de Quemados                                      |
| <b>VRS</b>                    | Escala Verbal Categórica (Verbal Rating Scale)                     |

## **1.INTRODUCCIÓN**

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 DOLOR AGUDO EN PACIENTES CON QUEMADURAS

Las lesiones por quemaduras afectan cada año a más de 8 millones de personas en todo el mundo (Yakupu et al., 2022). Suelen inducir uno de los dolores más intensos conocidos en la práctica clínica (Haruta & Mandell, 2023; Romanowski et al., 2020; You et al., 2025).

Estas lesiones pueden ser causadas por agentes térmicos, químicos, eléctricos o por radiación, y se clasifican en función de su profundidad como quemaduras superficiales o de primer grado, de espesor parcial o de segundo grado, y quemaduras de espesor total o de tercer grado, con posibles lesiones aún más profundas según la afectación de tejidos subyacentes (Haruta & Mandell, 2023).

La intensidad del dolor varía según la extensión y profundidad de la quemadura. Por ejemplo, las quemaduras superficiales, que afectan únicamente la epidermis, pueden resultar muy dolorosas debido a la integridad de las terminaciones nerviosas cutáneas. En cambio, las quemaduras de espesor total, que destruyen por completo la dermis y las terminaciones nerviosas, pueden ser inicialmente indoloras, aunque con el tiempo pueden evolucionar hacia un dolor neuropático persistente, difícil de tratar y con implicaciones funcionales relevantes.

Además del dolor extremo que generan, estas lesiones por quemadura pueden ocasionar daños físicos graves y duraderos, debido a sus efectos sistémicos sobre el organismo, los cuales pueden derivar en una morbilidad y mortalidad considerable.

El dolor en pacientes con quemaduras es una experiencia multidimensional que incluye componentes sensoriales, emocionales y cognitivos. Según la definición actualizada de la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP), es “una experiencia sensorial y emocional desagradable asociada o similar a la asociada a una lesión tisular real o potencial” (IASP, 2020). Esta formulación pone el acento en su naturaleza subjetiva y reconoce su existencia incluso en ausencia de lesión objetivable.

Esta experiencia dolorosa se origina en la interacción de distintos mecanismos subyacentes, nociceptivos, inflamatorios y neuropáticos, que explican su complejidad sintomática y fisiopatológica. Su presentación clínica incluye distintos tipos de dolor, habitualmente descritos en la literatura internacional con términos en inglés que se han generalizado, entre los que se incluyen:

- Dolor basal (*background pain*): dolor persistente, presente incluso en reposo, que puede mantenerse durante todo el proceso de hospitalización y requiere un control farmacológico sostenido.

- Dolor procedimental: se desencadena en relación con intervenciones clínicas como curas, fisioterapia o desbridamientos. Suele alcanzar picos elevados de intensidad y representa un reto analgésico en la práctica diaria.
- Dolor irruptivo (*breakthrough pain*): exacerbaciones breves pero intensas que se superponen al dolor basal, a menudo impredecibles y que requieren estrategias analgésicas de acción rápida.
- Dolor postquirúrgico y dolor crónico: puede persistir tras la fase aguda o incluso aparecer tiempo después de la cicatrización, asociado a fenómenos de sensibilización central o alteraciones neuropáticas de difícil manejo (You et al., 2025).

El dolor por quemaduras es un fenómeno complejo que no depende únicamente del daño físico visible. Su origen y procesamiento abarca desde la detección del estímulo en la piel hasta su interpretación en el cerebro, lo que implica la participación de nervios periféricos, vías nerviosas ascendentes y centros cerebrales especializados. Además, su intensidad no siempre se relaciona con el tamaño de la quemadura, sino que también está condicionada por factores como la localización y profundidad de la lesión y el estado emocional del paciente, entre otros aspectos individuales.

El abordaje terapéutico de este tipo de dolor es especialmente difícil, ya que muchas de las intervenciones orientadas a favorecer la curación, como los cambios de apósitos, el desbridamiento quirúrgico, la fisioterapia o las cirugías sobre zonas afectadas y sitios donantes, pueden intensificar la experiencia dolorosa.

### **1.1.1 Fisiopatología del dolor agudo por quemaduras**

Desde una perspectiva fisiopatológica, el dolor agudo por quemaduras suele integrar tres componentes principales: nociceptivo, inflamatorio y neuropático.

Componente nociceptivo:

Se origina por la activación de nociceptores en fibras nerviosas A-delta y C, en respuesta al daño tisular directo producido por el calor. Este tipo de dolor se manifiesta de forma inmediata tras la lesión, con sensaciones de ardor o punzadas agudas, y suele agravarse durante los procedimientos de atención como el cambio de vendajes o el desbridamiento.

Componente inflamatorio:

La lesión térmica desencadena una respuesta inflamatoria local y sistémica, mediada por células inmunitarias como macrófagos y neutrófilos, que liberan histamina, bradiquinina, prostaglandinas, leucotrienos y catecolaminas. Estos mediadores sensibilizan los nociceptores, amplificando la señal dolorosa. Además, la inflamación no se limita a los tejidos periféricos, sino que puede extenderse al sistema nervioso central. En la médula espinal, la activación de microglía y astrocitos genera un entorno neuroinflamatorio que potencia la transmisión nociceptiva. La acumulación de citoquinas como la interleucina-6 (IL-6) se ha asociado con hipersensibilidad sostenida en el área lesionada, sugiriendo un papel clave en la cronificación del dolor inflamatorio (You et al., 2025).

### Componente neuropático:

Las quemaduras también pueden ocasionar lesiones en fibras nerviosas periféricas, generando dolor neuropático que puede aparecer tanto en la fase aguda como mantenerse tras la cicatrización. Este dolor, caracterizado por sensaciones de ardor, hormigueo o descargas eléctricas, no se debe a un estímulo externo, sino a disfunciones en la transmisión nerviosa. La regeneración anómala de axones, la reinervación deficiente de cicatrices, así como la neuroinflamación central, contribuyen a este fenómeno. A nivel espinal, se observa una mayor expresión de receptores N-metil-D-aspartato (NMDA) y alteraciones en vías intracelulares como el transductor de señal y activador de la transcripción 3 (STAT-3), la proteína quinasa B (Akt) o la proteína quinasa C gamma (PKC $\gamma$ ), junto a una disminución de la actividad de enzimas como la óxido nítrico sintasa neuronal (nNOS). Estas alteraciones provocan hiperexcitabilidad neuronal, inicialmente en el lado de la lesión, y más tarde también en el contralateral, lo que puede cronificar el dolor. El conocimiento de estos mecanismos justifica el uso de tratamientos dirigidos, como la ketamina, y refuerza la necesidad de un abordaje integral.

#### **1.1.2 Interacción neuroinmune y regulación autonómica del dolor por quemaduras**

Además de los mecanismos periféricos y centrales, se ha identificado un papel clave del sistema nervioso autónomo en la modulación del dolor y la inflamación tras una quemadura. El sistema nervioso autónomo, compuesto por las ramas simpática y parasimpática, establece una comunicación bidireccional con el sistema inmunitario.

Una de las vías más destacadas es la vía colinérgica antiinflamatoria, regulada por el nervio vago, que mediante la liberación de acetilcolina puede inhibir la producción de citoquinas proinflamatorias al activar receptores  $\alpha 7$  nicotínicos ( $\alpha 7$ AChR) en células inmunes como microglía y macrófagos. En modelos animales, esta vía ha demostrado reducir la inflamación y aliviar el dolor inducido por quemaduras.

En paralelo, el sistema simpático también modula el dolor. Su activación, común en situaciones de estrés agudo, puede intensificar la sensibilidad a estímulos nocivos y contribuir a un fenómeno conocido como “dolor mantenido por actividad simpática”. No obstante, también puede inducir respuestas antiinflamatorias descendentes bajo determinadas condiciones. Se ha propuesto que estructuras como el cuerpo carotídeo funcionan como sensores periféricos de inflamación y, ante niveles elevados de citoquinas circulantes, activan respuestas simpáticas que regulan la inflamación sistémica.

Estas complejas interacciones entre sistema inmune y sistema nervioso autónomo amplían la comprensión del dolor inducido por quemaduras y abren nuevas estrategias terapéuticas centradas en la modulación neuroinmune (Haruta & Mandell, 2023).

#### **1.1.3 Evaluación del dolor**

De acuerdo con la definición actual de la IASP, el dolor es una experiencia multidimensional en la que la trayectoria personal y la dimensión subjetiva del paciente

tiene un peso relevante. En el paciente quemado, además, coexisten distintos tipos de dolor (basal, procedimental, irruptivo) y su intensidad fluctúa a lo largo del día.

En consonancia, las guías de la *American Burn Association* (ABA) sobre el manejo del dolor agudo en el paciente adulto con quemaduras recomiendan registros sistematizados y mediciones repetidas a lo largo del día y en distintas fases de la atención. Asimismo, instan a protocolizar y documentar la evaluación de forma coordinada entre medicina y enfermería, usando un lenguaje común y medidas comparables que orienten la toma de decisiones durante la hospitalización (Romanowski et al., 2020). Por su parte, la Guía de Práctica Clínica de la *International Society for Burn Injuries* (ISBI) respalda en esta misma dirección, subrayando la estandarización de procesos y el uso de registros consistentes que permitan una evaluación del dolor reproducible y comparable a lo largo del episodio asistencial (ISBI Practice Guidelines Committee et al., 2016).

Con base en estos principios, se recomienda priorizar las escalas de autoinforme para la intensidad del dolor por su sensibilidad al cambio y sencillez:

- la Escala Numérica de valoración (EN, en inglés NRS, *Numeric Rating Scale* ; 0 “sin dolor” - 10 “el peor dolor imaginable”). Es la más empleada en la práctica clínica e investigación para valorar la intensidad del dolor, con registros en reposo, durante actividad y procedimiento/postprocedimiento, varias veces al día. Es práctica y fácil de comprender. Entre las escalas unidimensionales, la EN muestra una capacidad de respuesta similar a la Escala Visual Analógica (EVA) y superior a la Escala Verbal Categórica (VRS), detectando bien pequeñas variaciones de intensidad. Puede administrarse de forma verbal y presenta menores tasas de fallo de cumplimentación que la EVA (Ferreira-Valente et al., 2011).
- EVA/VAS: consiste en una línea, habitualmente de 10 cm, que tiene descriptores polares en sus dos extremos, desde “sin dolor” a “peor dolor imaginable”. El paciente marca un punto en la línea. Ofrece un espectro continuo con el que cuantificar de forma subjetiva la intensidad de un estímulo doloroso. Ofrece gran sensibilidad, aunque requiere visión, motricidad fina y soporte material.
- GRS (Escala de Valoración Gráfica, 0–10): es similar a la EVA, excepto que continene descriptores colocados a intervalos iguales a lo largo de la base de la escala (sin dolor, molestia, dolor leve, algo más de dolor leve, dolor, muy doloroso y dolor insoportable). La literatura respalda que la EVA y la GRS son, en general, más sensibles que las escalas descriptivas/categóricas, como la VRS, para detectar cambios clínicamente relevantes (Hjermstad et al., 2011; Scott & Huskisson, 1976).
- La VRS (sin dolor/leve/moderado/intenso): escala descriptiva simple. Útil y fiable cuando se prioriza la simplicidad (p. ej., pacientes con dificultades cognitivas), asumiendo su menor resolución.
- En población pediátrica, cuando se prefiere un formato pictográfico de autoinforme, puede emplearse la *Wong-Baker FACES Pain Rating Scale* o la

*Faces Pain Scale-Revised* (FPS-R). Esta última, aunque desarrollada para pediatría, ha mostrado validez también en adultos y puede ser útil en población con barreras idiomáticas/cognitivas o en estudios transculturales.

La evidencia respalda la fiabilidad y validez de cada una de estas medidas en múltiples poblaciones (Ferreira-Valente et al., 2011; Jensen et al., 1998).

En pacientes que no pueden comunicarse (sedación, ventilación mecánica, alteraciones neurológicas), se recomiendan escalas observacionales validadas, especialmente CPOT (*Critical-Care Pain Observation Tool*) y BPS (*Behavioral Pain Scale*); en pediatría, es habitual FLACC (*Face, Legs, Activity, Cry, Consolability*). Estas escalas complementan, pero no sustituyen, al autoinforme cuando este es posible.

Dada la modulación de la experiencia dolorosa por la ansiedad, algunas unidades de quemados proponen medirla con escalas específicas, como la BSPAS (*Burn Specific Pain Anxiety Scale*), para interpretar mejor las puntuaciones de dolor y ajustar intervenciones farmacológicas y no farmacológicas. Existen dos versiones: 9 ítems (0–10 por ítem; total 0–90) y una abreviada de 5 ítems (0–50); (Aaron et al., 2001; Taal & Faber, 1997).

Cuando se pretende valorar la dimensión cualitativa y funcional del dolor, se recurre a instrumentos multidimensionales como:

- BPI (*Brief Pain Inventory*): evalúa intensidad (NRS) e interferencia en sueño, estado de ánimo, trabajo, relaciones, etc.
- MPQ (*McGill Pain Questionnaire*): explora calidad del dolor en dominios sensorial, afectivo y evaluativo.

Aunque su aplicación rutinaria en las curas diarias de pacientes quemados no es práctica, aportan información útil en seguimiento del dolor subagudo, crónico y en investigación.

Signos fisiológicos como la frecuencia cardíaca o la reactividad a los cuidados pueden complementar la evaluación, sobre todo en críticos, aunque no la sustituyen. La preferencia sigue siendo el autoinforme cuando es viable y, en su defecto, escalas observacionales validadas.

La validación de muchas escalas en población de quemados es todavía limitada. Faltan instrumentos, por ejemplo, que integren de forma robusta ansiedad, prurito y dolor neuropático en un mismo marco. Una evaluación sistemática y bien documentada no solo ayuda a ajustar el tratamiento analgésico, sino que también contribuye a prevenir complicaciones clínicas y psicológicas asociadas a un manejo inadecuado del dolor (Romanowski et al., 2020).

#### **1.1.4 Consecuencias fisiológicas, funcionales y psicológicas del dolor agudo por quemaduras**

El dolor agudo derivado de las quemaduras no solo representa una experiencia sensorial intensa, sino que también tiene un importante impacto fisiológico, funcional

y psicológico. Cuando no se controla de manera adecuada, puede desencadenar una serie de efectos adversos que afectan negativamente la evolución clínica del paciente.

Desde el punto de vista fisiológico, el dolor intenso y sostenido puede activar de forma persistente el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) y el sistema simpático, lo que incrementa el estado hipermetabólico característico de las quemaduras graves. Este fenómeno favorece el catabolismo proteico, dificulta la cicatrización de las heridas y puede contribuir a la disfunción inmunológica, aumentando así el riesgo de infecciones y complicaciones sistémicas (Haruta & Mandell, 2023).

En el plano funcional, un dolor mal manejado interfiere con la participación activa del paciente en actividades esenciales como la fisioterapia, la movilización precoz o los cuidados postoperatorios, prolongando la estancia hospitalaria y dificultando la recuperación integral.

En el ámbito psicológico, la experiencia dolorosa intensa y repetitiva puede generar una sobrecarga emocional significativa. No es infrecuente observar en estos pacientes síntomas de ansiedad anticipatoria, alteraciones del sueño, conductas de evitación e incluso trastorno por estrés postraumático (TEPT). Cuando se prolonga en el tiempo, puede facilitar la aparición de trastornos afectivos, alteraciones del sueño y riesgo de dependencia a analgésicos, especialmente opioides, lo que complica aún más el abordaje terapéutico.

Por todo ello, el dolor agudo en el paciente quemado no debe considerarse una manifestación secundaria, sino una prioridad terapéutica que exige un abordaje temprano, multidisciplinar e individualizado, tanto para mejorar la calidad de vida del paciente como para optimizar su evolución clínica y funcional (Lang et al., 2019).

## **1.2. TRATAMIENTOS ACTUALES PARA EL DOLOR AGUDO EN QUEMADURAS**

Debido a los complejos mecanismos fisiopatológicos que se activan en las quemaduras, su tratamiento supone un reto clínico considerable.

Por ello, la evidencia actual recomienda una estrategia terapéutica que combine intervenciones quirúrgicas, farmacológicas y no farmacológicas (Castro Torres et al., 2023; Romanowski et al., 2020).

Este abordaje debe adaptarse tanto a la severidad de las lesiones como a las características individuales de cada paciente, con el objetivo de optimizar el control analgésico y minimizar las consecuencias documentadas en la literatura en caso de un manejo inadecuado del dolor, tanto a corto como a largo plazo. Estas incluyen la aparición de dependencia a opioides, dolor crónico con fenómenos de sensibilización central, peores resultados en la rehabilitación funcional y un impacto negativo en la salud mental, con mayor riesgo de ansiedad, depresión y TEPT (Schug & Bruce, 2017; Sinatra et al., 2010).

Las recomendaciones más recientes, como las propuestas por la ABA (Romanowski et al., 2020), constituyen una referencia clave para la práctica clínica en este ámbito. A continuación se desarrollan las principales recomendaciones basadas en dichas guías y otros trabajos de referencia.

### 1.2.1 Intervenciones farmacológicas

El tratamiento farmacológico del dolor agudo en quemaduras debe adaptarse al tipo de dolor predominante en cada fase del proceso asistencial (Castro Torres et al., 2023; Romanowski et al., 2020). Entre los tipos más frecuentes, tal como se expuso en el apartado anterior, se encuentran el dolor basal, procedimental, irruptivo, postoperatorio y, en algunos casos, dolor crónico. Cada uno de ellos puede requerir estrategias específicas, combinando analgésicos opioides y no opioides con fármacos coadyuvantes, dentro de un enfoque multimodal, dinámico y personalizado.

#### Dolor basal

El dolor basal es de carácter persistente y suele estar presente incluso en reposo, manteniéndose a lo largo de toda la fase aguda, especialmente en pacientes con quemaduras profundas o de gran extensión. Se relaciona tanto con el daño tisular inicial como con la inflamación sostenida principalmente.

Su abordaje requiere una estrategia farmacológica sostenida, que combine distintos mecanismos de acción para mejorar la eficacia analgésica y minimizar efectos adversos a largo plazo (Romanowski et al., 2020; Schug & Bruce, 2017). El tratamiento de primera línea suele incluir opioides, por su eficacia en el dolor nociceptivo moderado-severo (Romanowski et al., 2020; Sinatra et al., 2010). Sin embargo, su uso debe valorarse con cautela dado que el margen terapéutico es estrecho y no es infrecuente observar fenómenos de tolerancia, hiperalgesia inducida o dependencia, especialmente en pacientes que requieren dosis elevadas durante períodos prolongados.

Por este motivo, se recomienda un enfoque de analgesia multimodal que combine opioides con coadyuvantes que actúen por diferentes mecanismos. El paracetamol es una opción habitual por su buen perfil de tolerancia, mientras que los antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) pueden aportar un beneficio adicional en el control del dolor inflamatorio, aunque su uso debe limitarse en pacientes críticos debido al riesgo de nefrotoxicidad, sangrado o disfunción gastrointestinal (Castro Torres et al., 2023). Cuando se sospecha la presencia de un componente neuropático, es razonable introducir gabapentinoides como la gabapentina o la pregabalina. Estos fármacos modulan la excitabilidad neuronal al actuar sobre canales de calcio dependientes de voltaje y han demostrado utilidad tanto en dolor neuropático agudo como en fases subagudas (Romanowski et al., 2020).

En determinados contextos clínicos, como pacientes con mal control del dolor o requerimientos crecientes de opioides, puede valorarse la introducción de ketamina en dosis subanestésicas. Su acción como antagonista del receptor NMDA ayuda a contrarrestar la sensibilización central y puede contribuir a reducir la hiperalgesia sin comprometer la estabilidad hemodinámica ni respiratoria (Kim et al., 2019).

Asimismo, en casos seleccionados, especialmente cuando se identifica una respuesta inadecuada a opioides convencionales o se sospecha hiperalgesia inducida, la metadona representa una alternativa eficaz. Su doble mecanismo de acción, como agonista  $\mu$  y antagonista NMDA, junto con su vida media prolongada, le confiere un

perfil útil para el tratamiento del dolor basal en escenarios clínicos complejos (Kim et al., 2019; Romanowski et al., 2020).

Finalmente, los agonistas alfa-2 como la clonidina o la dexmedetomidina se han empleado en regímenes coadyuvantes, debido a su acción analgésica, ansiolítica y simpaticolítica. Aunque su uso requiere una monitorización estrecha por sus efectos sobre la presión arterial y la frecuencia cardíaca, pueden ser de especial utilidad en pacientes con elevada activación autonómica o ansiedad asociada al dolor (Romanowski et al., 2020).

### Dolor procedimental

El dolor procedimental es habitualmente el más intenso que experimentan los pacientes con quemaduras. Aunque suele ser de duración limitada, se presenta de forma anticipable durante procedimientos terapéuticos como los cambios de apósitos, el desbridamiento (retirada de tejido desvitalizado), la fisioterapia o intervenciones quirúrgicas como la escisión e injertos. Su intensidad puede alcanzar picos muy elevados, interfiriendo no solo con la experiencia subjetiva del paciente, sino también con su participación activa en el tratamiento.

El abordaje farmacológico de elección incluye opioides de acción rápida, como el fentanilo, por su inicio rápido y corta duración, lo que permite una titulación flexible. Con frecuencia se combinan con ansiolíticos, como el diazepam, para reducir la ansiedad que suele amplificar la percepción del dolor. En contextos seleccionados, especialmente en unidades críticas, puede requerirse sedación controlada con agentes como propofol, dexmedetomidina, ketamina o midazolam, según la intensidad del estímulo y la situación clínica del paciente (Kim et al., 2019; Romanowski et al., 2020).

En procedimientos especialmente dolorosos o localizados (p. ej. toma de injertos en zonas donantes), pueden considerarse técnicas de anestesia regional, como los bloqueos nerviosos periféricos, que permiten una analgesia más focal, prolongada y con menor afectación sistémica.

Aunque se trata de un dolor en principio previsible, en la práctica puede variar considerablemente entre sesiones e incluso superar las expectativas iniciales. Esta variabilidad se ve influida por factores acumulativos como la frecuencia de los procedimientos, la presencia de infección, la localización de la lesión en zonas sensibles y, especialmente, la carga emocional del paciente, que puede amplificar la vivencia dolorosa (Summer et al., 2007).

Por todo ello, el dolor procedimental exige un enfoque anticipado, dinámico y multimodal, que combine fármacos con estrategias no farmacológicas, con el objetivo de mejorar la tolerancia del paciente, facilitar su implicación activa en los cuidados y reducir el sufrimiento global asociado a cada intervención (Kim et al., 2019; Romanowski et al., 2020).

### Dolor irruptivo

El dolor irruptivo se refiere a exacerbaciones transitorias que aparecen de forma súbita sobre un fondo de dolor basal previamente controlado. En el contexto de las

quemaduras, estas crisis pueden surgir de manera espontánea o desencadenarse por el movimiento, especialmente tras periodos prolongados de inmovilidad o en presencia de lesiones articulares (Faucher & Furukawa, 2006; Summer et al., 2007). Aunque se trata de un fenómeno distinto al dolor procedimental, en la práctica ambos pueden coexistir o solaparse, dificultando su diferenciación.

Este tipo de dolor puede estar relacionado con una mayor sensibilidad de la zona afectada, o bien con una dosificación insuficiente del tratamiento analgésico de base. Su abordaje requiere una respuesta rápida, basada en la administración puntual de opioides de acción rápida, como el fentanilo, que permitan un control eficaz de estos picos dolorosos sin inducir acumulación ni sedación prolongada (You et al., 2025).

Cuando los episodios de dolor irruptivo se repiten con frecuencia, suelen ser indicio de que el esquema basal resulta insuficiente, y debe revisarse el plan analgésico general para garantizar un control más estable del dolor sostenido. Identificar y tratar de forma adecuada este tipo de dolor es clave para evitar un círculo vicioso de escalada de dosis sin beneficio clínico, y para preservar la participación activa del paciente en su recuperación.

### Dolor crónico

El dolor crónico postquemadura puede persistir más allá de la cicatrización de las lesiones, con una prevalencia significativa entre quienes han sufrido quemaduras profundas o tratamientos quirúrgicos extensos. Suele presentar un componente neuropático relevante, vinculado a la regeneración anómala de fibras nerviosas, la sensibilización central sostenida y la neuroinflamación residual (You et al., 2025).

Su abordaje farmacológico se basa principalmente en el uso de gabapentinoides (gabapentina o pregabalina). En casos de respuesta limitada, pueden añadirse antidepresivos tricíclicos, como la amitriptilina, por su acción sobre dolor neuropático (Bittner et al., 2015). La metadona, de nuevo, representa una alternativa en pacientes con mala respuesta a opioides convencionales o sospecha de hiperalgesia inducida.

En esta fase, es frecuente la aparición de prurito postquemadura, considerado en muchos casos una manifestación de sensibilización neuropática. Su tratamiento puede requerir una combinación de gabapentinoides, antihistamínicos sedantes (como la hidroxicina) y, en casos refractarios, el uso de neuromoduladores tópicos como capsaicina o anestésicos locales (Salati, 2023; You et al., 2025). El manejo debe adaptarse al grado de afectación funcional y al impacto subjetivo sobre la calidad de vida del paciente.

### Consideraciones farmacocinéticas específicas en pacientes quemados

El tratamiento farmacológico del dolor en pacientes con quemaduras debe adaptarse no solo al tipo de dolor y a la fase asistencial, sino también a las alteraciones fisiopatológicas propias de esta condición. Tras una quemadura extensa, el paciente atraviesa una fase inicial de shock hipovolémico, seguida por un estado hipermetabólico mantenido que puede prolongarse durante semanas o meses.

Durante la fase de shock, la hipoalbuminemia y la reducción del flujo hepático y renal alteran la distribución y eliminación de múltiples fármacos, especialmente los que presentan alta unión a proteínas plasmáticas o metabolismo hepático dependiente. Por el contrario, en la fase hipermetabólica, el aumento del gasto cardíaco y del flujo hepático, junto con una inducción enzimática significativa, pueden incrementar el aclaramiento de muchos analgésicos, como los opioides, requiriendo ajustes frecuentes de dosis y una monitorización estrecha (Romanowski et al., 2020; Schug & Bruce, 2017). Estas variaciones interindividuales en la farmacocinética refuerzan la necesidad de un enfoque terapéutico dinámico, personalizado y vigilado, particularmente en pacientes críticos o con grandes quemaduras.

### **1.2.2 Intervenciones no farmacológicas**

Las intervenciones no farmacológicas ocupan un lugar clave como coadyuvantes de los tratamientos farmacológicos en el control del dolor agudo por quemaduras. Como se ha descrito previamente, este dolor alcanza su máxima expresión durante las curas, que incluyen la limpieza, el desbridamiento y los cambios de apósitos, donde puede superar al de la propia lesión y conllevar una elevada carga física y emocional. De ahí el interés en incorporar estrategias complementarias orientadas a modular estos componentes.

Las guías clínicas actuales, entre ellas las de la ABA, recomiendan que todos los pacientes hospitalizados por quemaduras reciban, siempre que sea posible, al menos una de estas estrategias como parte de un abordaje analgésico multimodal (Romanowski et al., 2020).

Desde una perspectiva mente-cuerpo, la IASP define estas intervenciones como aquellas que articulan los vínculos entre cerebro, mente, cuerpo y comportamiento con el fin de promover bienestar y calidad de vida (Berna, 2023; Garland et al., 2020). Su selección debe individualizarse en función del perfil clínico y psicológico del paciente y de la disponibilidad de recursos humanos y materiales.

En función de su mecanismo de acción, se agrupan en cuatro grandes categorías: terapia cognitivo-conductual, hipnosis, técnicas de relajación (respiración diafragmática, musicoterapia, masajes y otras como la aromaterapia) y técnicas de focalización externa (Romanowski et al., 2020).

Si bien prácticamente todas muestran beneficios en la reducción del dolor y/o la ansiedad, su grado de evidencia varía. Un metaanálisis de 21 ensayos controlados aleatorizados en dolor procedimental por quemaduras (Scheffler et al., 2018) concluye que las intervenciones de focalización externa (en especial RV inmersiva) y la hipnosis obtienen los mayores efectos analgésicos, mientras que otras técnicas muestran efectos más modestos aunque significativos en la reducción de la ansiedad.

#### **Terapia cognitivo-conductual (TCC)**

Constituye una intervención psicológica basada en identificar y modificar pensamientos disfuncionales, expectativas negativas y estilos de afrontamiento inadecuados frente al dolor con el objetivo de reducir la catastrofización, reinterpretar señales nociceptivas y aumentar la sensación de control sobre la experiencia dolorosa. Diversos estudios han mostrado su eficacia para disminuir ansiedad

anticipatoria, dolor autopercibido y síntomas depresivos durante la hospitalización. El programa SMART (*Safety, Meaning, Activation and Resilience Training*) demostró una reducción significativa de sintomatología depresiva y estrés postraumático (O'Reilly et al., 2022). La ABA le otorga un nivel de recomendación alto (A) como coadyuvante durante el dolor procedimental. Su bajo coste y su impacto en el empoderamiento del paciente constituyen sus ventajas principales, si bien requiere cooperación activa del paciente y de profesionales entrenados.

## Hipnosis

Reconocida clínicamente por la *British Medical Society* (1955) y la *American Medical Association* (1958), la hipnosis es una de las intervenciones coadyuvantes más antiguas para el manejo del dolor. En el marco del modelo multicomponente del dolor derivado de la teoría de la compuerta (Loeser, 2006; Melzack & Wall, 1965), la hipnosis se plantea como una técnica que trasciende el daño tisular y actúa modulando el procesamiento cognitivo y afectivo de la experiencia dolorosa (Patterson, 2010).

La hipnosis constituye una técnica en la que, mediante sugerencias guiadas, se induce un estado de atención focalizada que permite modular tanto la interpretación sensorial como las respuestas emocionales ante el dolor, efecto vinculado a cambios neurofuncionales en regiones como la corteza cingulada anterior, la ínsula y los circuitos prefrontales responsables del procesamiento atencional y emocional del dolor.

En el contexto del dolor agudo por quemaduras, la ABA le otorga un nivel de recomendación alto (Nivel A), especialmente para el dolor procedimental. Diversos ensayos clínicos han demostrado reducciones clínicamente significativas en intensidad de dolor, ansiedad y síntomas postraumáticos en adultos y niños. Tal y como señalan O'Reilly et al. (2022) los estudios disponibles apuntan a una reducción sostenida del malestar, la depresión y la ansiedad cuando la hipnosis se integra de forma repetida en el marco de programas multimodales durante la hospitalización. Gasteratos et al (2022) destacan, además, que sus efectos son especialmente relevantes en pacientes con mayor componente emocional del dolor.

Entre sus principales ventajas destacan la ausencia de necesidad de equipamiento, su bajo coste, la posibilidad de autohipnosis y el hecho de favorecer una sensación de control sobre la experiencia dolorosa, promoviendo un afrontamiento activo por parte del paciente. Ahora bien, su eficacia puede verse condicionada por diversos factores, como la susceptibilidad hipnótica individual, el grado de cooperación del paciente y la disponibilidad de profesionales específicamente formados. En población pediátrica, la mayor sugestionabilidad y la predisposición lúdica podrían favorecer respuestas más intensas a la hipnosis, especialmente en el contexto de dolor procedimental repetido, donde se recomienda aplicar varias sesiones para obtener un efecto acumulativo (Chester et al., 2018). No obstante, la fatiga o la reducción de la colaboración a lo largo de procedimientos frecuentes pueden limitar su aplicabilidad clínica.

## Técnicas de relajación

Las técnicas de relajación persiguen disminuir la activación fisiológica asociada al dolor procedimental y favorecer un estado emocional que mejore la tolerancia al malestar. Entre las más utilizadas se encuentran la respiración diafragmática, la relajación muscular progresiva, la visualización guiada, la inoculación de estrés o el automasaje. Todas ellas contribuyen a reducir la ansiedad, la tensión muscular y la percepción de amenaza vinculadas al procedimiento, si bien su efecto analgésico suele ser moderado, motivo por el cual se recomienda su uso como complemento a intervenciones cognitivo-conductuales o farmacológicas. En las guías clínicas, su nivel de recomendación suele situarse entre B y C, como terapias adyuvantes. Diversos estudios han mostrado que la enseñanza de ejercicios de respiración o de visualización antes o durante el cambio de apósitos puede disminuir el distrés y mejorar la tolerancia al dolor, especialmente cuando se combinan con música u otras estrategias distractoras (Aghakhani et al., 2022; Bozorg-Nejad et al., 2018).

### Técnicas de focalización externa (distractibilidad)

Las técnicas de distracción se basan en la capacidad que tiene la atención, las expectativas y las creencias sobre el dolor para modular las señales nociceptivas, en línea con la teoría de la compuerta. Desde recursos sencillos como conversar, la música o la televisión, hasta herramientas complejas como los videojuegos interactivos o la realidad virtual, se trata de una de las estrategias con mayor eficacia en el dolor agudo procedimental en pacientes quemados (Fernandez & Turk, 1989; Hoffman et al., 2001; Miller et al., 1992). Entre las más empleadas, clásicamente, destaca la musicoterapia, que facilita la focalización externa de la atención y ejerce un efecto sedante sobre el sistema nervioso autónomo. Su aplicación durante las curas se ha asociado a reducciones en la intensidad del dolor, la ansiedad y la frecuencia cardíaca, así como a una mayor sensación subjetiva de control y bienestar emocional (J. Li et al., 2017). Su carácter sencillo, económico y adaptable permite su utilización en prácticamente cualquier entorno hospitalario, tanto de forma aislada como combinada con otras estrategias distractoras o de relajación.

### Realidad Virtual (RV)

Aunque se desarrollará con mayor detalle en el apartado 1.3, cabe señalar que la evidencia disponible sugiere un impacto significativo en la reducción del dolor procedimental, fundamentalmente a través de mecanismos de distracción inmersiva. Entre sus beneficios se incluye la disminución de la actividad cerebral vinculada a la percepción del dolor, una mejor tolerancia a los procedimientos y una reducción en el consumo de opioides.

### Limitaciones y consideraciones metodológicas de las intervenciones no farmacológicas

El estudio de las intervenciones no farmacológicas plantea desafíos metodológicos relevantes, ya que muchas de ellas no se basan en un único componente bien delimitado, sino que implican la interacción directa con profesionales, la participación activa del paciente y el aprendizaje de nuevas estrategias de regulación cognitiva o somática. Todo ello dificulta el diseño de ensayos clínicos clásicos con controles doble ciego o placebo.

En consecuencia, aunque existe un creciente interés por integrarlas dentro del abordaje multimodal del dolor, la evidencia disponible procede de estudios con niveles de validez interna y externa muy variables, que abarcan desde ensayos clínicos aleatorizados controlados, hasta estudios pragmáticos, diseños de caso único o investigaciones cualitativas centradas en la experiencia del paciente.

Valorar su verdadera utilidad clínica requiere, por tanto, considerar no sólo los efectos específicos del tratamiento, sino también su aplicabilidad en contextos reales, su coste-efectividad y su aceptación por parte de los propios pacientes. A pesar de estas limitaciones, su incorporación a la práctica asistencial se considera hoy un componente esencial del manejo multimodal del dolor agudo por quemaduras, contribuyendo a mejorar el confort, el afrontamiento psicológico y la calidad global de la experiencia terapéutica (O'Reilly et al., 2022).

### **1.3. LA REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA TERAPÉUTICA**

#### **1.3.1 Definición, evolución y aplicaciones generales**

La RV es una tecnología que permite al usuario sumergirse en entornos tridimensionales generados por ordenador, diseñados para simular situaciones e interactuar con escenarios del mundo real o completamente ficticios. Esta interacción se produce en tiempo real a través de canales sensoriales, principalmente visuales, auditivos y en algunos casos táctiles, mediante dispositivos como cascos de realidad virtual (*head-mounted displays*, HMD), mandos hápticos o sistemas de seguimiento de movimiento (Burdea, Georges C. & Coiffet, Philippe, 2003). Más allá del equipamiento utilizado, la RV se caracteriza por generar una fuerte sensación de presencia, es decir, la percepción subjetiva de estar situado dentro del entorno virtual, lo que parece un elemento clave para su efectividad en contextos clínicos (Slater & Sanchez-Vives, 2016). En este sentido, se ha definido como una herramienta capaz de crear entornos emocionalmente significativos, controlados y seguros, con especial utilidad terapéutica en ámbitos como la gestión del dolor, la rehabilitación o la intervención psicológica (Botella et al., 2017).

Aunque se utilizan a menudo como sinónimos, conviene diferenciar la RV, sumerge completamente al usuario en un entorno digital (sin contacto visual directo con el entorno físico), de la realidad aumentada (RA), que superpone elementos digitales al mundo real, y de la realidad mixta, que permite la interacción simultánea entre objetos reales y virtuales. Esta distinción resulta relevante para comprender mejor sus posibles aplicaciones clínicas.

Los orígenes de la RV se remontan a la década de 1960, en contextos de ingeniería informática (Sutherland, 1968) y simulación aeroespacial (Furness III, 1986). En los años noventa, aunque fracasaron los intentos de comercialización masiva en el sector del ocio, la RV despertó el interés de la psicología clínica, que comenzó a utilizarla experimentalmente en el tratamiento de fobias específicas. Su principal ventaja reside en la posibilidad de diseñar entornos virtuales adaptativos y graduales, que permiten realizar exposiciones controladas y personalizadas sin los riesgos o dificultades logísticas de la vida real (Glantz et al., 1996; Rothbaum et al., 1995), lo que marcó el inicio del uso terapéutico de esta tecnología.

Durante la década siguiente, junto a la continuidad en el desarrollo de entornos clínicos para el tratamiento de los trastornos de ansiedad, comenzaron a explorarse nuevas líneas de aplicación en ámbitos como el estrés postraumático (Rothbaum et al., 1999), los trastornos de la conducta alimentaria y la modificación de la imagen corporal (Perpiñá et al., 1999). A estos avances se sumaron los primeros estudios sobre el uso de la realidad virtual en el manejo del dolor agudo en contextos médicos complejos, entre los que destacan los trabajos de Hoffman et al (Hoffman et al., 2000; Hoffman, Patterson, et al., 2004), pioneros en su aplicación en unidades de quemados. Estas investigaciones sentaron las bases para el uso clínico de la RV como herramienta analgésica y abrieron nuevas vías para su aplicación en contextos más amplios de sufrimiento físico y psicológico.

Desde entonces, la RV se ha extendido a otros ámbitos sanitarios como la rehabilitación física, la formación médica, la neuropsicología, el manejo del dolor y otros campos médicos. Una revisión bibliométrica reciente (Zuo et al., 2024) que analiza la literatura científica publicada entre 2012 y 2023, identifica tres etapas clave en su desarrollo médico: una fase inicial (2012–2014) centrada en simulación quirúrgica, una segunda (2015–2018) marcada por la incorporación de RA en procedimientos médicos; y una etapa actual, desde 2019, caracterizada por la integración de la RV con tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el análisis masivo de datos, los dispositivos médicos conectados (Internet of Medical Things, IoMT) y los gemelos digitales: réplicas virtuales de órganos o pacientes u órganos utilizadas para simular intervenciones clínicas.

En esta línea, Miltiadis et al., (2025) destacan el papel de la RV en la medicina 4P (preventiva, predictiva, personalizada y participativa), subrayando su capacidad para generar experiencias adaptadas al perfil del paciente y fomentar su implicación activa en el tratamiento.

No obstante, el uso clínico de la RV aún enfrenta varios desafíos: la falta de una definición estandarizada, la heterogeneidad de los dispositivos y plataformas disponibles, los costes de implementación, las barreras tecnológicas y la necesidad de una base de evidencia más robusta que permita consolidar su aplicación en entornos sanitarios.

En definitiva, la RV representa una tecnología en evolución constante, con un potencial significativo en el ámbito de la salud. Su progresiva integración con disciplinas como la neurociencia, la inteligencia artificial o los sistemas inteligentes de salud anticipa un futuro en el que esta herramienta podría desempeñar un papel central en la transformación de la atención médica, la educación clínica y la relación terapéutica.

### **1.3.2 Mecanismos terapéuticos de acción de la RV**

Diversos mecanismos psicológicos, neurocognitivos y fisiológicos subyacen al impacto terapéutico de la RV, especialmente en contextos como la salud mental, la rehabilitación neuromotora y el manejo del dolor. Entre estos, destacan de forma particular la distracción atencional, la presencia y la inmersión, cuyos efectos se han observado de manera consistente en el tratamiento del dolor agudo, como ocurre en pacientes con quemaduras o durante procedimientos médicos dolorosos.

La efectividad de la RV no depende únicamente de los avances tecnológicos que la hacen posible, sino de los procesos psicobiológicos que se activan durante la experiencia inmersiva. A continuación, se describen los principales mecanismos implicados en su acción terapéutica.

### **Distracción atencional y control cognitivo**

La distracción como técnica para aliviar el dolor no es nueva: desde hace décadas se han utilizado estrategias de focalización externa, como la conversación, la música o la lectura. Estas técnicas se basan en la idea de que el sistema atencional tiene una capacidad limitada, por lo que centrar la atención en estímulos alternativos puede reducir la percepción del dolor (McCaul & Malott, 1984).

Desde una perspectiva cognitiva, el dolor se concibe como una experiencia dinámica que compite con otras demandas por el control de la atención. Cuando esta se dirige hacia el estímulo nociceptivo, la percepción dolorosa tiende a intensificarse; en cambio, si se orienta hacia estímulos emocional y cognitivamente relevantes, puede atenuarse (Eccleston & Crombez, 1999).

Este principio se basa en la teoría de la compuerta de Melzack y Wall (1965), que postula que la médula espinal actúa como un filtro o sistema modulador de la señal nociceptiva antes de que llegue al cerebro. Según este modelo, ciertos estímulos no dolorosos, como los sensoriales visuales, auditivos o táctiles, pueden activar fibras nerviosas de conducción rápida ( $A\beta$ ), que compiten con las fibras que transmiten el dolor ( $A\delta$  y C). Esta competencia puede "cerrar la compuerta", modulando la transmisión del dolor hacia los centros superiores.

Más adelante, Melzack amplió este modelo mediante la teoría de la neuromatriz, según la cual el dolor es una experiencia multidimensional generada por una red neuronal distribuida en el cerebro. Esta "neuromatriz" integra no solo señales sensoriales, sino también factores emocionales, cognitivos y contextuales, lo que permite explicar fenómenos como el dolor persistente en ausencia de una lesión física evidente (Melzack, 1999).

El efecto analgésico de este mecanismo ha sido documentado en pacientes con quemaduras, así como en otros procedimientos médicos dolorosos, como la inserción de catéteres, intervenciones odontológicas o procedimientos ginecológicos, y también en estudios experimentales con estímulos térmicos o mecánicos en voluntarios sanos (Dreesmann et al., 2022; Wender et al., 2009).

En definitiva, el uso de la RV en contextos de dolor agudo puede entenderse desde una perspectiva neurocognitiva, en la que el control atencional y la modulación central del dolor desempeñan un papel fundamental.

### **Sentido de presencia en entornos virtuales**

Uno de los factores determinantes en la eficacia terapéutica de la RV es el sentido de presencia, entendido como la experiencia subjetiva de estar físicamente inmerso en el entorno virtual, a pesar de la conciencia de encontrarse en un entorno artificial (Slater & Wilbur, 1997). Aunque el usuario mantiene esa conciencia, su cerebro responde como si los estímulos fueran auténticos, lo que permite activar patrones

cognitivos, emocionales y fisiológicos comparables a los que se generan ante situaciones reales.

La presencia no es una experiencia todo o nada, sino que puede variar en intensidad según distintos factores. Entre los más importantes se encuentran el realismo del entorno virtual, la coherencia entre los estímulos sensoriales, la posibilidad de interactuar con el entorno y la forma en que este responde de manera realista a las acciones del usuario (Witmer & Singer, 1998). Estos elementos contribuyen a una experiencia inmersiva más sólida y, por tanto, explican en parte su eficacia clínica en distintas condiciones.

En el tratamiento del dolor agudo, se ha observado que un mayor grado de presencia se asocia a una mayor reducción de la percepción dolorosa. Estudios con pacientes con quemaduras han demostrado que aquellos que reportan un nivel elevado de presencia durante la experiencia inmersiva presentan una disminución significativa en el dolor subjetivo (Hoffman, Sharar, et al., 2004; Schmitt et al., 2011).

Además, este efecto ha sido correlacionado con cambios neurofisiológicos, como una menor activación de regiones cerebrales tradicionalmente implicadas en el procesamiento del dolor, entre ellas, la ínsula anterior y la corteza somatosensorial secundaria, según evidencian estudios con resonancia magnética funcional (Hoffman, Richards, et al., 2004).

### **Inmersión y participación activa**

La inmersión se refiere al grado en que un sistema de RV logra captar y mantener la atención del usuario, generando una experiencia sensorialmente envolvente. A diferencia de la presencia, que está determinada por la vivencia subjetiva del usuario, la inmersión depende de características tecnológicas del entorno, como la calidad de los estímulos visuales, auditivos y cinestésicos, así como la coherencia entre ellos. Una mayor integración sensorial favorece una experiencia inmersiva más sólida (Slater, 2003), lo que a su vez se ha asociado con una mayor eficacia analgésica en diversos estudios clínicos (Das et al., 2005; Hoffman et al., 2008).

La participación activa dentro del entorno refuerza esta inmersión al implicar al usuario en la dinámica de la simulación. Esta interacción no solo incrementa la atención sostenida, sino que favorece la sensación de control y reduce la ansiedad anticipatoria, lo cual puede potenciar el efecto analgésico. En el caso de entornos interactivos como *SnowWorld*, donde el paciente puede lanzar bolas de nieve, se ha observado una mayor eficacia en la reducción del dolor frente a versiones pasivas del mismo entorno (Hoffman et al., 2011; Riva et al., 2007). Resultados similares se han obtenido con otras aplicaciones interactivas de RV, tanto en contextos experimentales como clínicos, donde la participación activa se ha asociado con un mayor umbral de dolor, menor ansiedad y una mejor experiencia de afrontamiento (Evans et al., 2021; Lier et al., 2023).

La calidad del hardware de RV también puede influir en la eficacia analgésica. Se ha observado que dispositivos con mayor resolución y campo de visión más amplio generan una reducción del dolor significativamente superior a la obtenida con equipos de menor calidad (Hoffman et al., 2006). Esto resalta la importancia de atender no solo

al contenido del entorno virtual, sino también a las características técnicas del sistema para optimizar su impacto terapéutico.

### Otros principios implicados en el efecto terapéutico de la RV

Además de los mecanismos principales ya descritos, como la distracción atencional, el sentido de presencia y la inmersión, investigaciones recientes han comenzado a identificar otros procesos que podrían contribuir a los efectos terapéuticos de la RV. Algunos de ellos han sido explorados principalmente en el tratamiento del dolor crónico o en programas de rehabilitación neurológica, y ofrecen nuevas perspectivas sobre cómo esta tecnología puede influir en la experiencia del dolor y otros aspectos clínicos relevantes.

#### Aprendizaje emocional y cognitivo en entornos virtuales

Más allá del efecto distractor inmediato, la experiencia en RV puede favorecer la incorporación de estrategias útiles para afrontar el dolor. Al interactuar con entornos diseñados con intención terapéutica, el paciente no solo se implica durante el momento, sino que puede interiorizar respuestas mentales y emocionales que le sirvan en futuras situaciones difíciles. Este tipo de aprendizaje, apoyado en la intensidad emocional de la experiencia y en la posibilidad de actuar con libertad dentro del entorno, puede aumentar la confianza en uno mismo y reducir el malestar anticipado frente a experiencias médicas potencialmente estresantes (Riva et al., 2007; Wiederhold et al., 2014).

#### Neuroplasticidad

La RV podría facilitar cambios funcionales y estructurales duraderos en el cerebro. Diversos trabajos han comenzado a documentar cómo la exposición repetida a entornos virtuales inmersivos influye en la forma en que el sistema nervioso procesa el dolor. Se ha observado, por ejemplo, que podría fortalecer los sistemas de modulación descendente del dolor, favoreciendo la inhibición de las señales que transmiten información dolorosa desde la periferia, y atenuar procesos de sensibilización central, entendida como una amplificación anómala de la señal dolorosa (Mehesz et al., 2021). Desde el ámbito de la rehabilitación neurológica también se han reportado hallazgos en esta línea: en pacientes con ictus, la práctica repetida en entornos virtuales ha mostrado mejoras en la conectividad funcional entre distintas regiones cerebrales (Hao et al., 2022).

#### Embodiment y modulación de la percepción corporal

El uso de avatares corporales sincronizados con el movimiento del usuario puede generar fenómenos de *embodiment*, es decir, la percepción de que el cuerpo virtual forma parte del propio esquema corporal (Petkova & Ehrsson, 2008). Esta ilusión de apropiación puede influir en cómo se integra la información corporal y modular la experiencia dolorosa. Aunque ha sido estudiada principalmente en contextos de dolor neuropático y miembro fantasma, algunos trabajos recientes han comenzado a explorar su aplicabilidad en el dolor agudo, especialmente en entornos experimentales. En estos estudios, se ha observado que el *embodiment* puede reducir la intensidad del dolor ante estímulos térmicos controlados o pruebas de inmersión en frío (Matamala-Gomez et al., 2019).

## Activación emocional

La RV tiene la capacidad de despertar emociones intensas en un entorno seguro y controlado. Esta cualidad cobra especial valor en contextos donde el dolor se acompaña de ansiedad, miedo o rechazo corporal, como ocurre en muchos pacientes con quemaduras. Además de actuar como potente distractor, el entorno virtual puede evocar sensaciones de calma, sorpresa o incluso diversión, lo que ayuda a modular la respuesta emocional del paciente ante procedimientos dolorosos.

Algunos estudios señalan que este tipo de activación afectiva puede reducir la ansiedad anticipatoria y favorecer un afrontamiento más adaptativo (Maples-Keller et al., 2017; Mosadeghi et al., 2016). Se ha sugerido, además, que la vivencia de emociones positivas durante la experiencia inmersiva podría contribuir al efecto analgésico de la RV, más allá de su impacto atencional.

En conjunto, estos principios adicionales enriquecen la comprensión del impacto terapéutico de la RV en el tratamiento del dolor agudo. Su integración estratégica dentro de experiencias inmersivas permite intervenir simultáneamente sobre múltiples niveles, sensorial, emocional, cognitivo y corporal, lo que podría optimizar tanto la eficacia analgésica como la experiencia subjetiva del paciente durante procedimientos médicos dolorosos.

En el siguiente apartado (1.4) se revisa la evidencia empírica que sustenta estos efectos en contextos clínicos reales y modelos experimentales, con especial atención al uso de la RV en pacientes con quemaduras y en procedimientos médicos dolorosos.

## 1.4 ESTUDIOS PREVIOS SOBRE LA RV EN EL MANEJO DEL DOLOR

### 1.4.1 Aplicaciones generales de la RV en el manejo del dolor

La aplicación de la RV al tratamiento del dolor se ha explorado en una amplia variedad de contextos clínicos, tanto en dolor agudo como crónico. Su potencial versatilidad favorece su uso como coadyuvante analgésico en diferentes procedimientos médico-quirúrgicos y en diversos ámbitos clínicos, como la rehabilitación física, los cuidados paliativos, la obstetricia y la pediatría, entre otros. Las investigaciones más recientes sugieren beneficios clínicos prometedores, como la reducción del dolor percibido, la disminución de la ansiedad, una mayor satisfacción del paciente y, en algunos casos, una menor necesidad de la medicación analgésica.

Estos efectos se explican por mecanismos como la distracción atencional, potenciada por la estimulación multisensorial junto con otros elementos característicos de la RV, la modulación de circuitos cerebrales implicados en la percepción del dolor y la reestructuración de la percepción corporal, tal como se ha expuesto en el apartado anterior.

Entre las revisiones recientes, destaca la revisión paraguas (umbrella review) de (Viderman et al., 2023), que sintetiza los resultados de 21 metaanálisis y revisiones sistemáticas que abarcan un total de 17.680 pacientes. Los hallazgos sugieren que la RV puede mejorar significativamente la experiencia del paciente en múltiples

situaciones dolorosas, con especial eficacia en intervenciones breves, procedimientos intensos y contextos pediátricos.

Estos resultados coinciden con estudios clásicos como los de Hoffman et al. (2001, 2007), pioneros en el uso de entornos virtuales inmersivos para el control del dolor en pacientes con quemaduras, tanto en su aplicación clínica como en la demostración de sus efectos neurofisiológicos mediante técnicas de neuroimagen. También resulta especialmente relevante el metaanálisis de Malloy & Milling (2010), que evaluó la eficacia de la RV en distintos tipos de dolor; así como los trabajos de Li et al. (2011), centrados en el uso clínico de la RV en cirugía, fisioterapia y procedimientos invasivos. Finalmente, las aportaciones de García-Palacios et al. (2015), quienes han documentado su utilidad en el manejo del dolor durante procedimientos médicos y su impacto positivo en la experiencia emocional del paciente.

A continuación, se presentan las principales áreas de aplicación clínica de la RV en el manejo del dolor, organizadas según el tipo de situación o población: procedimientos médicos, dolor crónico y neuropático, oncología, rehabilitación física y, de manera más detallada, pacientes con quemaduras, que constituyen el núcleo empírico de esta tesis.

#### **1.4.2 Dolor agudo en procedimientos médicos**

El dolor agudo continúa representando un desafío clínico significativo, pese a los avances en su evaluación y tratamiento. Su manejo sigue siendo subóptimo en múltiples entornos asistenciales, lo que ha impulsado la exploración de estrategias no farmacológicas complementarias (Sinatra et al., 2010). Este tipo de dolor, habitualmente breve pero intenso, es frecuente en procedimientos asistenciales como curas, venopunciones, canalizaciones vasculares, biopsias o ciertas intervenciones quirúrgicas menores.

En este ámbito, la RV ha ganado protagonismo como intervención complementaria, con un volumen creciente de estudios que respaldan su utilidad clínica. Uno de los desarrollos más influyentes ha sido el entorno inmersivo *SnowWorld*, diseñado por Hoffman y colaboradores para pacientes con quemaduras. Su aplicación durante procedimientos como el desbridamiento ha demostrado reducciones significativas del dolor, incluso en pacientes bajo tratamiento con opioides, lo que sugiere un efecto analgésico adicional de la RV. Además, estudios de neuroimagen funcional revelaron una menor activación en regiones cerebrales vinculadas a la percepción del dolor, como la corteza somatosensorial y la ínsula, lo que indica un efecto modulador sobre la experiencia nociceptiva (Hoffman et al., 2007; Hoffman, Richards, et al., 2004).

A nivel de síntesis de evidencia, Chan et al. (2018) realizaron un metaanálisis centrado en procedimientos médicos con dolor agudo, en niños y adultos, que encontró una reducción significativa del dolor con el uso de RV frente a los cuidados estándar. Sin embargo, también señalaron la heterogeneidad de los estudios incluidos, tamaños muestrales pequeños y el riesgo de sesgo, lo que exige cautela al interpretar sus conclusiones. Estos hallazgos coinciden con la revisión sistemática y metaanálisis de Mallari et al. (2019), que incluyó 20 estudios con adultos y evaluó el efecto analgésico de la RV en contextos de dolor agudo y crónico. En el caso del dolor agudo, concluyeron que la RV es eficaz como intervención analgésica complementaria

durante procedimientos médicos, aunque advirtieron también una considerable heterogeneidad metodológica entre los estudios y una limitada estandarización de las intervenciones, en línea con lo señalado por Chan et al. (2018). En este sentido, la revisión de Indovina et al.(2018) aporta una perspectiva metodológica relevante, al señalar que factores técnicos como la calidad del visor (resolución, campo de visión, seguimiento de movimiento), el nivel de interactividad y el tipo de estímulos sensoriales presentes en el entorno virtual pueden influir de forma significativa en la eficacia analgésica de la RV. Estas variables ayudan a explicar, en parte, la variabilidad de los resultados observados en la literatura, como las de Chan y Mallari. Además, los autores subrayan la importancia de incorporar medidas fisiológicas complementarias a las escalas subjetivas y la necesidad de avanzar hacia una mayor estandarización de los protocolos de intervención, aún poco desarrollados en muchos estudios clínicos actuales.

La evidencia procedente de ensayos clínicos controlados en contextos específicos ofrece una perspectiva más detallada. En población pediátrica, Eijlers et al.(2019) documentaron una reducción significativa de la ansiedad preoperatoria tras la exposición a RV, y una disminución del dolor postoperatorio con resultados más variables. También en el ámbito pediátrico, Gold et al.(2021) evaluaron el uso de RV durante la colocación de catéter intravenoso periférico, observando una reducción significativa del dolor y la ansiedad en comparación con la atención estándar, así como una mayor satisfacción por parte del personal sanitario encargado del procedimiento.

En adultos, Mosso Vázquez et al.(2019) estudiaron a pacientes adultos sometidos a resección ambulatoria de lipomas, comparando el uso de RV mediante dispositivos móviles y visores de inmersión (HMD). Ambos grupos experimentaron una reducción significativa del dolor, más pronunciada con los HMD. Además se registraron mejoras fisiológicas objetivas, como la disminución de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, lo que constituye un valor añadido metodológico al estudio al incorporar medidores biométricos. Respalda el uso de la RV, especialmente la de mayor capacidad inmersiva, como recurso analgésico eficaz en cirugía menor. De igual modo, Tashjian et al.(2017) evaluaron la eficacia de la RV inmersiva en pacientes adultos hospitalizados con dolor agudo de diversa etiología. En comparación con una distracción audiovisual convencional, la RV logró una mayor reducción del dolor de manera clínicamente significativa. De forma similar, Groninger et al.(2024) evaluaron una sesión breve de RV en pacientes oncológicos hospitalizados con dolor moderado-severo, logrando una reducción significativa del dolor mantenida a las 24 horas y una menor afectación emocional asociada al dolor, lo que refuerza su utilidad como complemento seguro y eficaz en entornos clínicos complejos.

En conjunto, la evidencia disponible respalda el uso de la RV inmersiva como herramienta eficaz y segura para el manejo del dolor agudo asociado a procedimientos médicos. Su buena tolerabilidad y su impacto positivo sobre la experiencia del paciente refuerzan su valor en la práctica clínica. No obstante, se requieren más estudios con diseños metodológicamente rigurosos que permitan consolidar estos hallazgos, establecer criterios de aplicación homogéneos y definir su efectividad en poblaciones diversas.

Muchas de las investigaciones más relevantes sobre el uso de RV en procedimientos dolorosos agudos se han desarrollado en pacientes con quemaduras. Estos estudios,

por su especial relevancia para esta tesis, se analizarán en detalle en el apartado 1.4.6.

### **1.4.3 Dolor crónico y neuropático**

El dolor crónico constituye una de las principales causas de discapacidad global y sigue representando un desafío clínico por la compleja interacción entre factores neurofisiológicos, emocionales y contextuales (Vos et al., 2020).

En este grupo, también se está investigando si la RV puede intervenir sobre la experiencia compleja del dolor en sus distintos niveles y aliviar, en consecuencia, su impacto funcional en la vida diaria.

En la revisión de Viderman et al.(2023), que integra 21 revisiones sistemáticas y metaanálisis sobre el uso de la RV en distintos contextos, se describen beneficios también en el ámbito del dolor crónico, si bien los autores subrayan la necesidad de estudios más homogéneos y metodológicamente robustos para confirmar estos hallazgos.

En el dolor musculoesquelético crónico, especialmente lumbar, la evidencia apoya el uso de programas de RV, tanto inmersivos como no inmersivos, centrados en reeducar el movimiento (mejorar el control postural y los patrones de actividad) y en entrenar estrategias prácticas de afrontamiento del dolor, como la respiración, atención plena o el manejo de pensamientos y emociones ligados a la experiencia dolorosa. García et al., (2021) evaluaron un programa domiciliario de 8 semanas basado en estas habilidades (*EaseVRx*) frente a una condición control. En pacientes con lumbalgia crónica, el programa redujo la intensidad del dolor y su interferencia con la actividad, el estado de ánimo y el estrés al final del tratamiento. La aceptación del programa fue alta y los efectos adversos, como cibercinetosis, poco frecuentes.

Algunos estudios experimentales aportan información sobre posibles mecanismos implicados. Nambi et al. (2022) realizaron un ensayo clínico con deportistas jóvenes con lumbalgia crónica inespecífica, comparando tres tipos de intervenciones: ejercicios con RV interactiva, entrenamiento isocinético (movimientos con resistencia controlada) y ejercicio convencional. Tanto la RV como el entrenamiento isocinético lograron reducciones significativas del dolor, pero la RV mostró además un perfil antiinflamatorio más favorable, con descensos en los niveles de marcadores sistémicos proinflamatorios. Estos hallazgos sugieren que la RV interactiva podría actuar también sobre procesos biológicos vinculados a la inflamación, al tiempo que favorece la implicación del paciente y la constancia en la práctica de los ejercicios, aspectos clave en los programas de rehabilitación.

Alemanno et al. (2019) llevaron a cabo un estudio prospectivo en pacientes con lumbalgia crónica que siguieron un programa de tres semanas de rehabilitación con RV inmersiva (plataforma VRRS). La intervención redujo de forma significativa la intensidad del dolor y mejoró la función física, la sensación de energía y la interacción social, además de disminuir los niveles de ansiedad y depresión. Estos resultados indican que la RV aplicada a la rehabilitación puede incidir tanto en los procesos corporales implicados en el dolor como en su componente emocional, más allá del efecto de distracción.

En el dolor neuropático, la evidencia más sólida procede de los estudios sobre dolor por miembro fantasma, donde la RV y la RA permiten utilizar un miembro virtual, algo que no sería posible con la terapia espejo clásica. Los metaanálisis disponibles describen reducciones significativas del dolor y una mejor integración entre la percepción corporal y el movimiento, aunque el número de estudios es aún limitado y con muestras pequeñas (Vassantachart et al., 2022).

En conjunto, la RV se perfila como una intervención adyuvante prometedora en el manejo del dolor crónico, incluido el neuropático, con resultados positivos sobre la intensidad del dolor, la ansiedad y la función física, aunque sobre una base aún heterogénea y con necesidad de estandarización metodológica.

#### **1.4.4 Aplicaciones específicas en oncología y cuidados paliativos**

El dolor en el ámbito de la oncología afecta a más de la mitad de los pacientes, con mayor prevalencia en fases avanzadas y suele plantear retos para su control. Es una fuente de sufrimiento físico y emocional que a menudo requiere enfoques multimodales donde se integren componentes médicos, psicológicos y de rehabilitación (Deng, 2019; Preti et al., 2024)

La aplicación de la RV en oncología sigue en desarrollo, con un número creciente de estudios que analizan su utilidad como apoyo en el manejo del dolor y del malestar emocional. Revisiones recientes coinciden en que la RV puede actuar como coadyuvante útil para reducir el dolor y el malestar emocional en distintas fases del proceso oncológico (Wu et al., 2023). De forma recurrente, se emplean entornos inmersivos de relajación o distracción (paisajes naturales, escenas guiadas, experiencias interactivas suaves) diseñados para inducir calma y facilitar una desconexión temporal del entorno hospitalario.

En pacientes oncológicos hospitalizados con dolor moderado-severo, un ensayo aleatorizado comparó una sesión breve de RV inmersiva frente a imágenes guiadas en 2D y observó una reducción significativa del dolor junto con mejoras en bienestar y satisfacción, sin efectos adversos relevantes (Groninger et al., 2024). Durante la administración de quimioterapia, un estudio en pacientes ambulatorios mostró que visualizar escenarios relajantes en RV se asociaba con menor malestar psicológico y menor percepción del tiempo, también sin eventos adversos reseñables (Niki et al., 2019). Otras revisiones sistemáticas señalan alta aceptación y escasa incidencia de efectos adversos leves como mareo o náuseas (Moloney et al., 2023).

En conjunto, la evidencia disponible sugiere que la RV podría contribuir a aliviar el dolor y el malestar emocional en pacientes con cáncer y en contextos de cuidados paliativos, ofreciendo una experiencia sensorial positiva dentro de entornos clínicos habitualmente asociados al sufrimiento. Sin embargo, los estudios disponibles son todavía escasos, con tamaños muestrales reducidos y protocolos heterogéneos, por lo que se requieren investigaciones más amplias y sistematizadas.

#### **1.4.5 Rehabilitación física**

La RV se presenta también en este ámbito como una modalidad prometedora, atractiva y participativa, centrada en el paciente y orientada a potenciar la

recuperación funcional. Permite explorar e interactuar con entornos simulados que reproducen tareas del mundo real, ofreciendo retroalimentación inmediata a través de múltiples canales sensoriales. Esta tecnología permite ajustar la práctica a las necesidades individuales (intensidad, complejidad, motivación, focalización atencional y *feedback* de progreso). Además, se ha sugerido que la RV podría estimular el sistema de neuronas espejo, lo que podría favorecer los mecanismos de aprendizaje y reorganización motora implicados en la recuperación funcional, como ocurre tras un ictus u otras lesiones neurológicas (Barger et al., 2023).

En rehabilitación neurológica, la RV ha mostrado utilidad como complemento del tratamiento tras ictus y en la enfermedad de Parkinson. La revisión Cochrane de Laver et al. (2017), con 72 ensayos y más de 2400 pacientes, concluye que la RV, o la interacción mediante videojuegos no es claramente superior a la fisioterapia convencional, pero puede aportar ligeros beneficios cuando se añade a la terapia habitual, probablemente por incremento del tiempo de práctica. En Parkinson, una revisión con metaanálisis (Wang et al., 2021) y síntesis posteriores informan mejoras en equilibrio y, en algunos casos, en calidad de vida, con alta adherencia; los efectos sobre la marcha son menos consistentes y predomina el uso de RV no inmersiva. Se requieren protocolos más homogéneos y ensayos de mayor tamaño para definir la “dosis” y la persistencia de efectos.

En rehabilitación musculoesquelética y posquirúrgica, la RV se ha estudiado como apoyo a programas de recuperación de movilidad y la función tras lesiones articulares o cirugía. Una proporción relevante de trabajos utiliza plataformas no inmersivas (p. ej., Wii, Kinect) que permiten realizar ejercicios guiados y monitorizados mediante sensores de movimiento o visión. Las revisiones disponibles describen mejoras en amplitud articular, la fuerza y la funcionalidad, junto con buena aceptación y baja incidencia de efectos adversos, si bien la heterogeneidad tecnológica y la falta de estandarización limitan la comparabilidad entre estudios (Asadzadeh et al., 2021).

Como líneas de desarrollo, conviene explorar de forma comparativa si la RV inmersiva puede ampliar o potenciar los beneficios observados con formatos no inmersivos, especialmente en contextos domiciliarios y de telerehabilitación. La evidencia directa que compara ambos enfoques en el ámbito musculoesquelético sigue siendo limitada y con resultados dispares.

#### **1.4.6 Uso específico de la RV en pacientes con quemaduras**

El tratamiento del dolor en pacientes con quemaduras representa uno de los mayores desafíos clínicos en el manejo del dolor agudo. Las curas, el desbridamiento, los injertos y las sesiones de fisioterapia suelen provocar un dolor intenso, repetido y difícil de controlar incluso con analgesia farmacológica potente. Además, estos procedimientos frecuentes y prolongados incrementan el sufrimiento psicológico, la ansiedad anticipatoria y el riesgo de sensibilización central. En este contexto, la RV ha emergido en las últimas dos décadas como una intervención no farmacológica de creciente interés, orientada a reducir la carga sensorial y emocional asociada a estas experiencias.

Uno de los entornos más estudiados en este ámbito ha sido *SnowWorld*, desarrollado específicamente para su uso en pacientes con quemaduras durante las curas. Como

se señaló en apartados previos, el equipo de Hoffman fue pionero en este campo, diseñando entornos inmersivos destinados a modular la percepción del dolor durante procedimientos altamente dolorosos. Su eficacia se ha respaldado tanto por evidencia neurofuncional como por resultados clínicos (Hoffman et al., 2011; Hoffman, Richards, et al., 2004).

La aplicación clínica de la RV en pacientes con quemaduras ha sido objeto de un número creciente de estudios. Malloy y Milling (2010), en una revisión temprana, ya apuntaban que esta intervención era especialmente eficaz para reducir el dolor agudo, siendo los pacientes con quemaduras la población donde se observan los mejores resultados. De hecho, en procedimientos dolorosos como las curas, se han estimado reducciones relativas de la intensidad del dolor en torno al 30 % (2011).

Además, otros trabajos han observado que el efecto analgésico de la RV no disminuye con sesiones repetidas, lo que refuerza su utilidad práctica en contextos clínicos donde los pacientes requieren curas diarias durante periodos prolongados (Faber et al., 2013; Hoffman et al., 2001). En paralelo, estudios experimentales con resonancia magnética funcional han mostrado una menor activación de regiones cerebrales asociadas a la percepción del dolor cuando se utilizan entornos de RV durante la exposición a estímulos nociceptivos (Hoffman, Richards, et al., 2004).

En los últimos años, la evidencia continúa creciendo. Estudios como los de McSherry et al.(2018), Xiang et al.(2021) y Jeffs et al.(2024) han replicado estos hallazgos en diferentes poblaciones y contextos clínicos, aportando resultados consistentes sobre la efectividad de la RV como intervención coadyuvante en el control del dolor procedimental en pacientes con quemaduras.

La eficacia analgésica de la RV ha sido replicada en múltiples estudios, tanto en adultos como en población pediátrica. Revisiones como la de Czech et al.(2022), concluyen que la RV resulta efectiva para disminuir el dolor durante las curas y en fases de rehabilitación, observando además mejoras en movilidad y adherencia al tratamiento. Kaya et al.(2023) añadieron evidencia sobre el efecto de la RV en parámetros fisiológicos durante procedimientos dolorosos, con descensos significativos de la frecuencia cardíaca y, en menor medida, en las variaciones en la presión arterial. En el ámbito pediátrico, Eijlers et al.(2019) documentaron reducciones tanto del dolor como de la ansiedad, lo que subraya el potencial de la RV como herramienta de distracción sensorial y emocionalmente positiva.

Más allá del efecto analgésico inmediato, se ha explorado su aplicación en la rehabilitación funcional. Según la revisión de Lan et al.(2023), la integración de RV en el fisioterapia post-quemadura puede mejorar la movilidad (ganancia de la amplitud articular), reducir el dolor y la ansiedad y hacer más tolerables los ejercicios, favoreciendo así la recuperación funcional.

A pesar de esta base empírica, los estudios realizados directamente en unidades de quemados siguen siendo limitados y metodológicamente heterogéneos. Con todo, la consistencia de los hallazgos, su buena aceptación por los pacientes y la baja tasa de efectos adversos sostienen la RV como estrategia complementaria dentro de un enfoque multimodal del dolor.

En este contexto, los dos ensayos clínicos de esta tesis, realizados en una Unidad de Quemados y una Unidad del Dolor de referencia, contribuyen a reducir la brecha de evidencia en población española y en entornos asistenciales reales, al evaluar la eficacia de la RV durante procedimientos dolorosos como las curas y la aplicación del parche de capsaicina. Su inclusión aporta datos clínicos propios y contextualizados, que apoyan el uso de esta tecnología como coadyuvante en el control del dolor agudo en pacientes con quemaduras. La evolución de esta línea de investigación y el análisis de su eficacia se desarrollan en el Estudio 3, una revisión de la literatura centrada en metaanálisis y revisiones sistemáticas sobre la eficacia de la RV en dolor agudo en pacientes con quemaduras.

## **2. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

## **2. JUSTIFICACIÓN, OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2.1 JUSTIFICACIÓN**

El dolor es una experiencia sensorial y emocional desagradable que, según la definición actualizada de la Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (IASP, 2020), debe entenderse como una vivencia subjetiva influida por factores biológicos, psicológicos y sociales, y no únicamente como el reflejo de un daño tisular. Esta concepción biopsicosocial se extiende más allá de las dimensiones físicas del estímulo nociceptivo, incluyendo el contexto, las expectativas, la atención y los recursos psicológicos del paciente.

Entre los distintos escenarios clínicos, el tratamiento de los pacientes con quemaduras representa uno de los paradigmas del dolor agudo más intenso y difícil de controlar. Las curas frecuentes necesarias en la fase hospitalaria se consideran entre los procedimientos más dolorosos en medicina, incluso cuando se aplican todas las estrategias farmacológicas y no farmacológicas convencionales. Un control inadecuado del dolor en este contexto puede desencadenar consecuencias negativas a corto, medio y largo plazo, como dificultades en la adherencia al tratamiento, cronificación del dolor y mayor riesgo de desarrollar problemas de salud mental, entre ellos trastornos de ansiedad, depresión o síntomas relacionados con el estrés postraumático (Edwards et al., 2007; Panayi et al., 2024).

Además del contexto de las unidades de quemados, existen otros escenarios clínicos en los que los pacientes se enfrentan a procedimientos dolorosos de similares características y donde persiste la necesidad de intervenciones coadyuvantes que mejoren la experiencia del tratamiento. Uno de estos escenarios es el de un subgrupo de pacientes con dolor neuropático periférico que no ha respondido adecuadamente a otras opciones terapéuticas y que son candidatos a un tratamiento de administración hospitalaria basado en la aplicación tópica de capsaicina. Este procedimiento genera una experiencia de dolor agudo, localizado e intenso, provocada por una quemadura química inducida por este principio activo, controlada y transitoria. Se acompaña con frecuencia de manifestaciones como prurito, escozor, sensación de quemazón y dolor agudo, en la línea de las descritas por el grupo de pacientes con quemaduras.

En los grupos de población seleccionados para este proyecto de investigación, se plantea la necesidad de incorporar abordajes complementarios que ayuden a mejorar la experiencia del dolor durante el tratamiento y a reducir el sufrimiento del paciente.

Como ya se ha expuesto previamente en el marco teórico de esta tesis, distintas estrategias no farmacológicas han sido estudiadas con este fin, entre ellas las técnicas de focalización externa como escuchar música, conversar o visualizar pantallas. La RV, inicialmente desarrollada dentro de esta categoría, ha mostrado ser una herramienta particularmente prometedora, con un creciente respaldo empírico.

A pesar del creciente desarrollo internacional en este campo, gran parte de la literatura disponible sobre el uso de la RV en el manejo del dolor agudo en pacientes con quemaduras se ha generado en contextos anglosajones, principalmente en Estados Unidos. El equipo de Hunter Hoffman fue pionero en esta línea de investigación con entornos específicos como *SnowWorld*, utilizado desde entonces en diferentes estudios. En los últimos años, esta línea de investigación se ha expandido a otros países como Australia, Corea del Sur, Alemania o los Países Bajos. Hasta la fecha, y según nuestro conocimiento, no se dispone de evidencia clínica publicada en población española que evalúe su aplicación en unidades hospitalarias especializadas en el tratamiento de pacientes con quemaduras.

Por ello, en el presente proyecto se contribuye con dos estudios clínicos realizados en contextos asistenciales diferenciados pero convergentes en su objetivo. En primer lugar, se implementó por primera vez en una Unidad de Quemados española el entorno virtual desarrollado por el equipo del doctor Hoffman, gracias a la colaboración con sus creadores y en condiciones reales de tratamiento clínico. En segundo lugar, se exploró la RV como coadyuvante en el tratamiento del dolor agudo durante la administración intrahospitalaria de capsaicina en una Unidad del Dolor, en pacientes con dolor neuropático periférico de difícil manejo. La evidencia disponible en este campo, especialmente en lo que respecta a su aplicación en contextos clínicos reales sigue siendo limitada a nivel internacional. Esta doble aproximación permite examinar la utilidad de la RV en dos contextos clínicos diferenciados pero complementarios, lo que contribuye a dar mayor solidez y aplicabilidad a los hallazgos.

Además de evaluar la factibilidad de la intervención, considerando aspectos como la aceptabilidad y la usabilidad, este proyecto analiza la eficacia de la realidad virtual sobre distintas dimensiones de la experiencia dolorosa, como la intensidad del dolor (media y máxima), el desagrado emocional, la rumiación cognitiva y la ansiedad asociada al procedimiento, siguiendo un enfoque biopsicosocial del dolor agudo.

Como tercer paso en este trabajo se realizó una revisión de la literatura centrada en metaanálisis y revisiones sistemáticas sobre la eficacia de la RV en el tratamiento del dolor agudo en pacientes con quemaduras, con el objetivo de actualizar el estado de la evidencia, reforzar la validez externa de los hallazgos propios y contextualizar los resultados dentro del panorama internacional.

Ya confirmada su eficacia y aceptabilidad, los resultados del presente proyecto podrían respaldar la implementación de la RV como herramienta coadyuvante de uso habitual durante las curas en la fase aguda de hospitalización en la Unidad de Quemados del Hospital Vall d'Hebron. Asimismo, podrían sentar las bases para su integración en protocolos asistenciales en otras unidades donde se aborden procedimientos dolorosos de forma recurrente.

## 2.2 OBJETIVOS

### Objetivo general

Explorar la factibilidad, aceptabilidad y usabilidad, así como la eficacia de la RV como tratamiento coadyuvante en el manejo del dolor agudo asociado a procedimientos clínicos en pacientes con quemaduras.

### Objetivos específicos

Desde esta perspectiva se plantean los siguientes objetivos específicos comunes:

1. Valorar la eficacia de la RV en la reducción del dolor máximo durante los procedimientos clínicos, en comparación con la atención habitual.
2. Explorar el efecto de la RV sobre variables secundarias relacionadas con la experiencia dolorosa, incluyendo el valor del dolor promedio y los componentes emocionales (aversión) y cognitivos (rumiación).
3. Evaluar la eficacia de la RV en la reducción de la ansiedad global asociada a los procedimientos clínicos.
4. Evaluar la aceptabilidad de la técnica, considerando su alcance, facilidad de uso y experiencia subjetiva por parte de los pacientes.
5. Explorar el grado de inmersión subjetiva y su relación con el alivio del dolor y del malestar emocional.
6. Identificar posibles efectos secundarios asociados al uso de RV, como náuseas y mareo.

Además, cada estudio incorporó objetivos específicos adicionales adaptados a su contexto particular:

En el Estudio 1 (Unidad de Quemados), se recoge la percepción de utilidad, facilidad de uso e impacto sobre la práctica clínica por parte del personal de enfermería, dada la diversidad de profesionales implicados en el equipo asistencial especializado y su participación central en la aplicación de los procedimientos.

En el Estudio 2 (Unidad del Dolor), caracterizar la muestra de pacientes y explorar dimensiones complementarias como el estado de ánimo, la calidad de vida y la interferencia funcional del dolor neuropático basal. Estos objetivos se relacionan con la especificidad de los tratamientos en la Unidad del Dolor.

## 2.3 HIPÓTESIS

### Hipótesis principal

De forma similar a estudios previos, se espera que la aplicación de la RV como tratamiento coadyuvante durante procedimientos clínicos dolorosos en pacientes con quemaduras mejore significativamente la experiencia del dolor y de la ansiedad, en comparación con el tratamiento habitual.

### Hipótesis secundarias

- La intervención con RV será valorada de forma positiva por los pacientes, en términos de aceptabilidad, facilidad de uso y experiencia subjetiva.

- El uso de RV será bien recibida por el personal sanitario implicado, que considerará que la técnica es útil y que no interfiere de manera relevante en la práctica asistencial habitual.
- No se observarán efectos adversos significativos asociados al uso de la RV, siendo la técnica bien tolerada por la mayoría de los pacientes.
- El grado de inmersión subjetiva percibido se asociará con una mayor reducción del dolor y del malestar emocional durante los procedimientos.

### 2.4 ESTUDIO 3: OBJETIVO Y PLANTEAMIENTO

El tercer estudio del proyecto consistió en una revisión de la literatura centrada en metaanálisis y revisiones sistemáticas publicadas entre los años 2009 Y 2024 sobre la eficacia de la RV en el tratamiento del dolor agudo en pacientes con quemaduras. Este estudio se diseñó tras la finalización de los ensayos empíricos con una doble finalidad: actualizar el estado de la evidencia, incluyendo aspectos relacionados con el tamaño muestral de los estudios publicados, y contextualizar los hallazgos propios dentro del panorama internacional. Asimismo, se planteó valorar la vigencia del modelo tecnológico empleado en los ensayos clínicos, en un momento en que la RV está experimentando rápidos avances en su desarrollo. Estas ventajas se observan especialmente en el hardware (mayor ligereza y portabilidad de los dispositivos) y en el software (mejoras en la calidad de la experiencia inmersiva, además de la aparición incipiente de tecnologías como la inteligencia artificial). Esta revisión permitió además comparar los resultados obtenidos con los de otros trabajos que emplean tecnologías distintas a la RV inmersiva clásica, proporcionando un marco de interpretación más amplio y reforzando la validez externa del proyecto.

### **3. METODOLOGÍA**

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 ESTUDIO 1: RV COMO MÉTODO COADYUVANTE PARA EL TRATAMIENTO DEL DOLOR AGUDO ASOCIADO A PROCEDIMIENTOS MÉDICOS EN LA UNIDAD DE QUEMADOS

##### 3.1.1 Diseño del estudio

Se llevó a cabo un estudio piloto experimental con diseño intrasujeto contrabalanceado, en el que cada participante actuó como su propio control. Los pacientes que cumplían los criterios de inclusión fueron asignados aleatoriamente a una de dos secuencias experimentales, con el objetivo de controlar posibles efectos del orden en las variables dependientes:

1. Intervención habitual durante las curas (IH) + Intervención habitual + Realidad Virtual (IH+RV).
2. Intervención habitual + Realidad Virtual (IH+RV) + Intervención habitual durante las curas(IH).

Este diseño permitió comparar los efectos de la RV en condiciones reales de práctica clínica, minimizando el impacto de la variabilidad interindividual.

##### 3.1.2 Participantes

La muestra estuvo compuesta por 12 pacientes adultos ingresados en la Unidad de Quemados (UEQ) del Hospital Vall d'Hebron (Barcelona), reclutados de forma consecutiva durante el periodo de estudio.

El tamaño muestral se estableció en función del carácter exploratorio del estudio, cuyo propósito principal era evaluar la factibilidad, aceptabilidad y efecto de la intervención con RV, con el objetivo de fundamentar ensayos clínicos posteriores. Esta cifra se consideró adecuada dadas las condiciones del entorno clínico y la dificultad inherente al reclutamiento de pacientes que cumplieran los criterios establecidos. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado antes de su inclusión.

##### 3.1.3 Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Edad igual o superior a 18 años.

- Buena comprensión oral y escrita de español y/o catalán, que garantice la adecuada comprensión de los procedimientos y del consentimiento informado.
- Capacidad física para utilizar el equipo de RV.
- Capacidades psíquicas y/o cognitivas preservadas.
- Voluntariedad y firma el consentimiento informado.

#### Criterios de exclusión

- Alteraciones físicas que impidan el uso del equipo de RV (p. ej., heridas o vendajes en la cabeza; aislamiento por infección nosocomial; alteraciones visuales: ceguera, problemas de acomodación no corregidos, nistagmo o auditivas: sordera).
- Alteraciones psíquicas o cognitivas significativas (demencia, discapacidad intelectual, patología psiquiátrica grave, clínica confusional).
- Antecedentes de patología neurológica (accidente cerebrovascular, convulsiones, epilepsia) o síntomas actuales de cinetosis, vértigo, náuseas o vómitos.
- Ser miembro del personal del estudio o mantener relación de dependencia (familiar directo o subordinado) con este.

#### 3.1.4 Procedimiento

Previo al inicio del estudio, se impartió un seminario de formación teórico-práctico dirigido al personal clínico de la UEQ implicado en la intervención, especialmente al personal de enfermería encargado de las curas. La sesión, a cargo de dos investigadoras con amplia experiencia en el uso de RV para la reducción del dolor, tuvo como objetivo familiarizar al equipo con los fundamentos de la intervención y su aplicación operativa. La formación combinó una introducción conceptual sobre el uso de la RV en pacientes con quemaduras y una parte práctica centrada en el manejo del dispositivo y el protocolo previsto.

Durante el estudio, el reclutamiento de los participantes se realizó mediante cribado diario de los pacientes hospitalizados en la UEQ, identificando aquellos que cumplieran los criterios de inclusión y exclusión. A los candidatos potenciales se les proporcionó información detallada sobre el estudio y, en caso de aceptar participar, firmaron el consentimiento informado. Posteriormente, un investigador externo al equipo clínico asignó aleatoriamente a cada participante a una de las dos secuencias experimentales, utilizando un software específico para garantizar la aleatorización.

Cada participante completó dos sesiones consecutivas de curas: una con RV y otra sin RV, en el orden correspondiente a la condición asignada.

La cura habitual en la UEQ implica el abordaje de lesiones por quemadura de distintos grados de profundidad, zonas injertadas tras cirugía, áreas donantes de injertos y

lesiones de partes blandas. El procedimiento incluye la retirada de vendajes y productos, la limpieza del lecho de la herida y la posterior aplicación de productos terapéuticos y vendajes oclusivos. Durante estas sesiones, los pacientes suelen recibir analgesia de tercer escalón según la escalera analgésica de la OMS, que puede incluir opioides, analgésicos no opioides y coadyuvantes como ansiolíticos. La duración media de las curas es de aproximadamente 60 minutos, aunque puede variar en función de la extensión y complejidad de las lesiones.

Las dos condiciones (cura con RV y sin RV) se aplicaron en días consecutivos, en el marco de las curas, habitualmente diarias, pautadas clínicamente en la UEQ. Los tratamientos analgésicos concomitantes siguieron la práctica clínica habitual; se registraron las pautas basales a partir de la historia clínica electrónica.

Durante la sesión con RV, el procedimiento clínico se mantuvo sin modificaciones, con la única diferencia de que el paciente permaneció inmerso en un entorno virtual durante la toda la intervención.

### **3.1.5 Instrumentos y herramientas de medición**

La recogida de datos incluyó información sociodemográfica y clínica basal, así como variables de resultado. Se definió una variable primaria centrada en la intensidad máxima del dolor durante la cura, y un conjunto de medidas secundarias orientadas a valorar otros aspectos de la experiencia dolorosa (intensidad media del dolor, la aversión, la rumiación) y la ansiedad global, además de la usabilidad y aceptabilidad percibidas de la intervención con RV por parte de pacientes y personal de enfermería.

Salvo indicación específica, todas las variables autorreportadas se midieron mediante una Escala Verbal Numérica (EVN) de 11 puntos, en la que 0 representa la ausencia del fenómeno evaluado y 10 su máxima intensidad.

#### **Variable primaria de resultado**

Intensidad máxima del dolor durante la cura: Valorada tras cada cura mediante EVN (0 = sin dolor; 10 = peor dolor imaginable). Representa la manifestación más intensa del dolor experimentado durante el procedimiento y constituyó el principal criterio para estimar el posible efecto analgésico de la RV.

El peor dolor (componente sensorial) se ha asociado estrechamente con la interferencia funcional y suele considerarse la medida más relevante para el paciente, por lo que es un buen estimador del efecto terapéutico (Harris et al., 2007; Hoffman et al., 2020).

#### **Medidas secundarias de resultado**

Las variables secundarias permitieron ampliar la evaluación de la experiencia dolorosa, incorporando la dimensión cognitiva del dolor (rumiación), la dimensión emocional (aversión), la ansiedad global, el dolor promedio durante el procedimiento y la estimación subjetiva de la duración de la cura. Todas se recogieron inmediatamente después de la cura; las cuatro primeras se midieron mediante EVN

de 11 puntos (0 = ausencia del fenómeno; 10 = máxima intensidad) y la estimación temporal se registró en minutos.

Las variables fueron:

- Intensidad promedio del dolor: Nivel medio de dolor experimentado a lo largo de la cura.
- Rumiación: Tiempo durante el cual el paciente indicó haber estado pensando en el dolor mientras se realizaba la cura.
- Aversión: Nivel de malestar o rechazo subjetivo provocado por la experiencia dolorosa.
- Ansiedad: Nivel de activación emocional o nerviosismo experimentado durante el procedimiento.
- Estimación subjetiva de la duración de la cura (minutos): tras cada procedimiento, el paciente indicó cuántos minutos creía que había durado la cura. La duración real se cronometró y se calculó un índice de discrepancia (estimado - real).

Evaluación de la aceptabilidad y usabilidad:

Dos variables de aceptabilidad, satisfacción general con la cura y utilidad percibida de la intervención, se valoraron por los pacientes tras cada procedimiento, tanto en la condición habitual como en la condición con RV.

En la condición con RV, se recogieron además las siguientes medidas complementarias centradas en la experiencia subjetiva de uso por parte de los pacientes:

- Diversión: Nivel de disfrute experimentado durante la sesión con RV.
- Facilidad de uso: Percepción sobre lo sencillo o intuitivo que resultó utilizar el sistema.
- Sensación de inmersión: En qué medida el participante sintió estar “dentro” del entorno virtual.
- Efectos secundarios: Presencia de molestias físicas como náuseas o mareos.

Se incluyeron dos preguntas abiertas para explorar la aceptabilidad de la intervención, solicitando a los participantes qué fue lo que más y lo que menos les gustó de la experiencia con RV, y los motivos.

Asimismo, tras cada sesión con RV, se recogieron medidas centradas en la experiencia del personal de enfermería, mediante una plantilla estructurada con los siguientes ítems, valorados en EVN de 11 puntos (0 = ausencia del fenómeno, 10 = máxima intensidad):

- Satisfacción con el procedimiento de RV: Nivel de satisfacción general con el uso de la herramienta durante la cura.
- Utilidad percibida como método coadyuvante: En qué medida se consideró útil la RV para reducir el dolor durante la cura.
- Interferencia con la cura: Grado en que se percibió que la RV dificultaba o interfería en la realización del procedimiento.
- Disposición a volver a utilizarla: Valorada mediante una pregunta cerrada con tres opciones (sí / no / no lo sé).

#### Variables basales clínicas y psicológicas

Con el fin de caracterizar el perfil basal de los participantes y contextualizar la interpretación de los resultados, se recogieron las siguientes variables antes del inicio de las sesiones evaluadas:

- Pain Catastrophizing Scale (PCS): Cuestionario autoaplicado diseñado para evaluar pensamientos disfuncionales relacionados con el dolor. Consta de 13 ítems agrupados en tres dimensiones (rumiación, magnificación e indefensión). Cada ítem se puntúa en una escala Likert de 5 puntos (0 = nunca, 4 = todo el tiempo). Puntuaciones más elevadas reflejan mayor catastrofización, constructo asociado a mayor intensidad del dolor y peor respuesta al tratamiento. Se considera clínicamente relevante una puntuación  $\geq 30$ . La versión española validada por García Campayo et al. (2008), ampliamente utilizada, ha mostrado propiedades psicométricas adecuadas para su uso clínico.
- Gravedad de la quemadura: Porcentaje de superficie corporal total (SCT) afectada y tipo de quemadura (superficial, espesor parcial o espesor total) según la clasificación clínica habitual.
- Tratamiento analgésico: Se registró la pauta basal de medicación analgésica prescrita a cada paciente según constaba en su historia clínica electrónica, manteniéndose la práctica clínica habitual.
- Ansiedad anticipatoria: Nivel de ansiedad experimentado por el paciente inmediatamente antes de cada cura, valorado mediante EVN de 11 puntos (0 = nada de ansiedad, 10 = máxima ansiedad posible).

#### Especificaciones técnicas de la intervención

##### Entorno virtual

Se utilizó *SnowWorld*, mundo virtual inmersivo desarrollado por el grupo del Dr. Hunter Hoffman y su equipo en el HITLab (*Human Interface Technology Laboratory*) de la Universidad de Washington, en colaboración con el Harborview Burn Center. Se trata

del primer mundo virtual inmersivo diseñado específicamente para reducir el dolor en pacientes con quemaduras.

Descripción del entorno: *SnowWorld* recrea un paisaje invernal con paredes de hielo azuladas y un río helado que fluye visualmente a través de un cañón nevado. El paciente avanza con el movimiento de la cabeza y puede observar distintos objetos animados como pingüinos, muñecos de nieve, iglús y perritos de nieve. También puede interactuar lanzando bolas de nieve a esos elementos, que responden con efectos visuales o sonoros. El lanzamiento se realiza mediante un ratón inalámbrico o con el movimiento de la cabeza.

## Hardware

El software proporcionado por el equipo desarrollador del Dr. Hoffman se visualizó mediante un sistema de RV compuesto por:

- Ordenador portátil MSI GS73-016ES (9S7-17B412-016). Sistema operativo: Microsoft Windows 10 (64 bits); procesador Intel® Core™ i7-7700HQ (6M Cache, 2.80 GHz), 16 GB RAM DDR4 SODIMM 2133 MHz (2x8 GB); almacenamiento 1 TB (5400 RPM) + 256 GB (NVMe M.2 SSD PCIe Gen3 x4); pantalla: 17.3" FHD, antirreflejo (1920x1080), eDP 120 Hz, Vivid Color 94%; GPU NVIDIA GeForce GTX 1050Ti, 4 GB GDDR5; conectividad: LAN 10/100/1000 Killer, WiFi 802.11ac, Bluetooth v4.1
- Gafas de realidad virtual: HTC Vive (modelo original, 2016). Dispositivo de RV con visualización estereoscópica y seguimiento posicional de seis grados de libertad (6DoF), con experiencia inmersiva e interactiva. Visor con dos pantallas OLED (una por ojo) con resolución total de 2160 x 1200 píxeles (1080 x 1200 por ojo). Frecuencia de actualización de 90 Hz (imagen fluida y sin parpadeo). Campo de visión aproximado de 110 grados. El sistema de posicionamiento se basa en sensores integrados en el casco y dos estaciones base externas, que permiten el seguimiento en tiempo real de los movimientos de la cabeza y, en caso necesario, de las manos mediante controladores. En este estudio, la interacción se limitó al uso del ratón o del movimiento cefálico. El visor dispone de micrófono integrado y salida de audio mediante conector minijack, al que se conectaron auriculares intraaurales convencionales. Información técnica disponible en: <https://www.vive.com/us/>. Este dispositivo cumple con la Directiva R&TTE (1999/5/EC) emitida por la Comisión de la Comunidad Europea.

Todo el equipo se instaló en un carro móvil permitiendo su desplazamiento y uso operativo en distintos boxes de la unidad clínica.

### 3.1.6 Análisis de datos

Los datos se analizaron utilizando el programa IBM SPSS Statistics, versión 20.0. Dado el diseño intrasujeto contrabalanceado, y considerando el tamaño muestral y la no asunción de normalidad, se aplicaron pruebas no paramétricas de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Adicionalmente, se calcularon tamaños del efecto mediante el estadístico  $d$  de Cohen, con el objetivo de estimar la magnitud de las diferencias observadas entre condiciones. Se consideraron puntos de corte convencionales para su interpretación (efecto pequeño,  $d = 0,20$ ; medio,  $d = 0,50$ ); grande,  $d = 0,80$ ).

El análisis se centró en las variables de resultado previamente definidas, incluyendo medidas de dolor máximo, dolor promedio, aversión, rumiación, ansiedad procedimental y experiencia subjetiva del procedimiento y evaluación de la intervención por parte de pacientes y personal de enfermería.

Asimismo, se incorporó un componente cualitativo basado en las respuestas abiertas de los pacientes, recogidas al finalizar la sesión con RV, sobre los aspectos más y menos valorados de la experiencia. Las respuestas abiertas se revisaron cuidadosamente y se agruparon por temas comunes, siguiendo un enfoque inductivo, sin categorías preestablecidas.

Las valoraciones del personal de enfermería se analizaron de forma descriptiva, a partir de los ítems tipo Likert completados tras cada sesión con RV.

### **3.1.7 Consideraciones éticas y protección de datos**

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación con Medicamentos y Comisión de Proyectos de Investigación (CEIm) del Hospital Universitari Vall d'Hebron bajo el número de protocolo PR(AG)467/2017; dictamen favorable el 26/01/2018. El CEIm cumple las normas de Buena Práctica Clínica (CPMP/ICH/135/95) y el Real Decreto 1090/2015.

El estudio se condujo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y las Buenas Prácticas Clínicas; todos los participantes otorgaron consentimiento informado por escrito. El tratamiento de datos personales se realizó conforme al RGPD (UE 2016/679) y la LOPDGDD 3/2018.

## **3.2. ESTUDIO 2: RV COMO TRATAMIENTO COADYUVANTE PARA EL DOLOR AGUDO DURANTE UN PROCEDIMIENTO INTERVENCIONISTA CON CAPSAICINA**

### **3.2.1 Diseño del estudio**

Se llevó a cabo un estudio experimental aleatorizado con diseño intersujeto, en el que cada participante fue asignado aleatoriamente a una de dos condiciones experimentales:

1. Intervención habitual (IH) durante la aplicación de capsaicina.
2. Intervención habitual + Realidad Virtual (IH + RV)

El objetivo fue comparar la experiencia de dolor agudo durante la aplicación de capsaicina con y sin el uso de RV como intervención coadyuvante.

La secuencia de asignación se generó mediante software informático por un investigador independiente, y se mantuvo oculta hasta el momento de la asignación

de cada participante, para evitar sesgos de selección. Por la naturaleza de la intervención, no fue posible el cegamiento de pacientes ni del personal asistencial.

### 3.2.2 Participantes

La muestra incluyó a 24 pacientes adultos con diagnóstico de dolor neuropático periférico (DNP) de difícil control, derivados al tratamiento con capsaicina tópica al 8% en el contexto clínico habitual de la Unidad del Dolor del Hospital Universitari Vall d'Hebron.

El tamaño muestral se estimó con G\*Power, asumiendo un diseño con dos grupos independientes, un tamaño del efecto esperado de 0,66 (según metaanálisis previos sobre realidad virtual en dolor agudo por quemaduras), un nivel de significación del 5% y una potencia estadística del 80%. Considerando una pérdida del 20%, se planificó reclutar 26 participantes; 24 completaron el estudio, número considerado suficiente para los objetivos de factibilidad, aceptabilidad y exploración preliminar de eficacia.

### 3.2.3 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios fueron equivalentes a los del Estudio 1 (véase apartado 3.1.3), con la particularidad de que, en los criterios de inclusión, los pacientes debían presentar un diagnóstico de DNP que justificara clínicamente la indicación de tratamiento con capsaicina tópica al 8%, conforme a los protocolos terapéuticos.

### 3.2.4 Procedimiento

La selección de los participantes se inició durante las consultas externas de la Unidad del Dolor, donde el equipo clínico cribó consecutivamente a los pacientes atendidos, identificando aquellos que cumplían los criterios de inclusión en función de su diagnóstico y características clínicas. La inclusión definitiva se realizó el día programado para la aplicación del tratamiento con capsaicina en el Hospital de Día de la misma unidad.

Los pacientes seleccionados recibieron información detallada sobre el estudio y, en caso de aceptar, firmaron el consentimiento informado. Posteriormente, un investigador externo al equipo clínico asignó aleatoriamente a cada participante a una de las dos condiciones experimentales, utilizando un software específico para garantizar la aleatorización.

El tratamiento clínico consistió en la aplicación tópica de capsaicina al 8% (Qutenza®), durante 60 minutos, siguiendo el protocolo habitual de la unidad y bajo la supervisión de enfermería. La capsaicina, un compuesto derivado de un tipo de chile picante (*Capsicum annuum*), produce una sensación local de escozor y abrasión local de alta intensidad, clínicamente comparable a una quemadura. Esta reacción forma parte de su mecanismo de acción, mediante la desensibilización funcional de las fibras nociceptivas periféricas. Su aplicación requiere condiciones clínicas estrictas de seguridad, que incluyen el uso de guantes de nitrilo y medidas de protección para evitar el contacto con mucosas u otras zonas sensibles. La intervención se realizó en

un box individual del Hospital de Día, con controles periódicos para valorar la tolerancia al tratamiento.

En la condición IH + RV, el paciente permaneció inmerso en un entorno virtual durante toda el procedimiento. En la condición IH, se aplicó el tratamiento estándar sin otros elementos adicionales.

### 3.2.5. Instrumentos y herramientas de medición

La recogida de datos incluyó información sociodemográfica y clínica basal, así como variables de resultado. Se definió una variable primaria, centrada en la intensidad máxima del dolor durante la aplicación de capsaicina, y un conjunto de medidas secundarias orientadas a valorar otros aspectos de la experiencia dolorosa (intensidad media del dolor, aversión, rumiación) y la ansiedad global, además de la usabilidad y la aceptabilidad percibidas de la intervención con RV.

Salvo indicación específica, todas las variables autorreportadas se registraron mediante Escala Verbal Numérica (EVN) de 11 puntos, en la que 0 indicaba la ausencia del fenómeno evaluado y 10 su máxima intensidad.

#### Variable primaria de resultado

Intensidad máxima del dolor: Valorada al finalizar la administración de capsaicina mediante EVN (0 = sin dolor; 10 = peor dolor imaginable). Constituyó el principal criterio para estimar el posible efecto analgésico de la RV.

#### Medidas secundarias de resultado

Las variables secundarias permitieron ampliar la evaluación de la experiencia dolorosa. Se recogieron inmediatamente después de la aplicación de capsaicina.

Las variables fueron:

- Intensidad promedio del dolor: Nivel medio de dolor experimentado durante todo el procedimiento.
- Rumiación: Tiempo durante el cual el paciente indicó haber estado pensando activamente en el dolor.
- Aversión: Nivel de rechazo o malestar provocado por la experiencia dolorosa.
- Ansiedad: Nivel de activación emocional o nerviosismo experimentado durante la intervención.

Evaluación de la aceptabilidad y usabilidad (solo en la condición experimental):

En el grupo que utilizó RV, se recogieron relacionadas con la aceptabilidad, facilidad de uso y posibles efectos secundarios de la herramienta:

- Diversión: nivel de disfrute experimentado durante la sesión con RV.
- Facilidad de uso: percepción sobre lo sencillo o intuitivo que resultó utilizar el sistema.
- Sensación de inmersión: en qué medida el participante sintió estar “dentro” del entorno virtual.
- Efectos secundarios: presencia de molestias físicas como náuseas o mareos.

Se incluyeron dos preguntas abiertas para explorar la aceptabilidad de la intervención solicitando a los participantes qué fue lo que más y lo que menos les gustó de la experiencia con RV, y los motivos.

#### Variables basales clínicas y psicológicas

Antes del procedimiento se administraron los siguientes instrumentos con el objetivo de caracterizar el perfil basal de los participantes y contextualizar la interpretación de resultados.

- Pain Catastrophizing Scale (PCS): este instrumento se utilizó también en el Estudio 1, donde se proporciona una descripción detallada de sus características.
- Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS): Escala de cribado autoaplicada diseñada para detectar síntomas de ansiedad y depresión en pacientes atendidos en servicios hospitalarios no psiquiátricos. Consta de 14 ítems (7 por subescala: ansiedad y depresión), con formato de respuesta tipo Likert de 4 puntos (0–3), y evalúa la última semana. Cada subescala se interpreta de forma independiente: puntuaciones de 8–10 indican caso probable, y  $\geq 11$  caso clínico. La versión española validada por (Herrero et al., 2003) ha mostrado propiedades psicométricas adecuadas para su uso clínico.
- EuroQol-5D-5L (EQ-5D-5L): Cuestionario autoaplicado diseñado para evaluar la calidad de vida relacionada con la salud. Consta de cinco dimensiones (movilidad, autocuidado, actividades cotidianas, dolor/malestar y ansiedad/depresión), cada una con cinco niveles de respuesta, que permiten describir el estado de salud del paciente. Incluye además una Escala Visual Analógica (EVA) en la que se valora la salud global percibida entre 0 (peor estado imaginable) y 100 (mejor estado imaginable). Ha sido validado en población española (Hernandez et al., 2018) y se utiliza ampliamente en investigación clínica.
- Brief Pain Inventory (BPI): Cuestionario autoaplicado que evalúa la intensidad del dolor (mínimo, máximo, promedio y actual) y su interferencia en siete áreas funcionales de la vida diaria. Cada ítem se puntúa en una escala numérica de 11 puntos (0 = “sin dolor o sin interferencia” y 10 = “el peor dolor imaginable o máxima interferencia”). La versión breve del BPI ha mostrado una adecuada

consistencia interna y buena sensibilidad al cambio (Badia et al., 2003). En este estudio se utilizó para valorar el estado basal del dolor y su interferencia.

### **Especificaciones técnicas de la intervención**

Las características técnicas del sistema de RV utilizado (entorno virtual, software y hardware) fueron descritas en el Estudio 1, al cual se remite para una descripción detallada.

#### **3.2.6. Análisis de datos**

Se realizaron análisis descriptivos para caracterizar la muestra y evaluar la aceptabilidad, usabilidad y tolerabilidad de la intervención con RV. La comparabilidad entre grupos en variables basales clínicas y sociodemográficas se analizó mediante pruebas no paramétricas de Mann–Whitney U.

Para valorar los efectos de la intervención (IH + RV vs. IH) en las variables recogidas durante el procedimiento (dolor promedio y máximo, aversión, rumiación y ansiedad) se emplearon pruebas de Mann–Whitney U y se calcularon los tamaños del efecto mediante el coeficiente  $r$  (Rosenthal), interpretándose según criterios estándar.

Las respuestas abiertas sobre la experiencia con RV se analizaron cualitativamente mediante análisis temático inductivo. Todos los análisis cuantitativos se realizaron con el software IBM SPSS Statistics, versión 20.0.

#### **3.2.7. Consideraciones éticas y protección de datos**

Todos los procedimientos del estudio fueron aprobados por el CEIm del Hospital Univeritari Vall d'Hebron bajo el número de protocolo PR(ATR)338/2021. Previamente a su inclusión, todos los participantes firmaron el consentimiento informado tras recibir la información detallada del estudio.

Los datos recogidos fueron codificados mediante identificadores alfanuméricos individuales, garantizando la anonimización de los participantes. No se almacenó información personal identificativa junto a las variables clínicas o psicológicas. La información se registró inicialmente en cuadernillos físicos numerados, posteriormente digitalizados para el análisis. El acceso a los datos estuvo restringido al equipo investigador y su uso se limitó a los fines definidos en el protocolo aprobado.

### **3.3 ESTUDIO 3: REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE METAANÁLISIS Y REVISIONES SISTEMÁTICAS SOBRE LA EFICACIA DE LA RV EN EL DOLOR AGUDO EN PACIENTES CON QUEMADURAS**

#### **3.3.1 Diseño**

Este estudio consistió en una revisión de la literatura centrada en metaanálisis y revisiones sistemáticas existentes y publicadas hasta mayo de 2024, que investigan la eficacia de la RV en el manejo del dolor agudo en pacientes con quemaduras. El objetivo fue actualizar el estado de la evidencia y contextualizar los hallazgos

obtenidos de los Estudios 1 y 2, tanto en términos de eficacia como de justificación metodológica.

### 3.3.2 Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda bibliográfica exhaustiva en cinco bases de datos electrónicas internacionales (PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y APA PsycINFO), desde sus inicios hasta el 2 de mayo de 2024. Adicionalmente, se consultaron dos bases de datos en español (Dialnet y CUIDEN).

Las palabras clave utilizadas se extrajeron del tesauro MeSH e incluyeron los términos “Virtual Reality”, “Virtual Reality Therapy”, “Burns”, “Pain”, “Wounds” y “Dressing Changes”. Estos términos se combinaron con operadores booleanos (“AND”, “OR”), y se incluyeron también sus equivalentes en español.

### 3.3.3 Criterios de inclusión y exclusión

Para asegurar la relevancia y calidad de las revisiones incluidas, se empleó el método PICO (Población, Intervención, Comparación, Resultados) para definir los criterios de selección (Eriksen & Frandsen, 2018). Se incluyeron revisiones que cumplieran los siguientes criterios:

- Población (P): Pacientes de cualquier edad hospitalizados con quemaduras graves.
- Intervención (I): Uso de tecnologías de Realidad Virtual (RV) como tratamiento.
- Comparación (C): Comparación de la intervención de RV con tratamientos convencionales para el manejo del dolor o ausencia de intervención.
- Resultados (O, *outcomes*): Medidas de dolor agudo, ansiedad asociada al procedimiento, efectos secundarios u otros resultados relevantes reportados en las revisiones.

Se incluyeron únicamente revisiones sistemáticas o metaanálisis publicados en revistas científicas revisadas por pares, que evaluaran de forma específica la eficacia de la RV en el tratamiento del dolor agudo en pacientes con quemaduras. No se establecieron restricciones por idioma ni de diseño específico dentro del tipo de revisión secundaria.

Se excluyeron estudios primarios (ensayos clínicos, estudios observacionales), revisiones narrativas, artículos centrados en otros tipos de dolor, como el dolor crónico o postoperatorio. También se excluyeron aquellos estudios que no analizaban de forma diferenciada la intervención con RV, sino que la comparaban con otras técnicas (como hipnosis, yoga o musicoterapia). Igualmente, se descartaron revisiones sobre otras tecnologías (como realidad aumentada), así como editoriales, cartas al editor, artículos duplicados y estudios con información redundante.

### 3.3.4 Proceso de selección

El proceso de selección de estudios se llevó a cabo siguiendo las directrices del diagrama de flujo PRISMA. La búsqueda bibliográfica inicial identificó un total de 201 registros en las siete bases de datos consultadas (PubMed, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, APA PsycINFO, Dialnet y CUIDEN).

Tras eliminar 81 duplicados mediante el gestor de referencias Zotero, se obtuvieron 120 registros únicos, que fueron examinados por título y resumen. De estos, 101 estudios se excluyeron por no cumplir los criterios de inclusión previamente establecidos (PICO), principalmente por centrarse en otros tipos de dolor, utilizar intervenciones no específicas de RV o no tratarse de revisiones sistemáticas ni metaanálisis.

Los 19 artículos restantes se evaluaron en profundidad a texto completo. De estos, 6 artículos se excluyeron; 5 por no cumplir los criterios de inclusión por motivos metodológicos o de contenido, y 1 (Farzan et al., 2023) por haber sido retirado oficialmente por la revista tras su publicación.

Finalmente, se incluyeron 13 estudios que cumplían todos los criterios definidos. Para cada uno se extrajeron: autoría, año de publicación, origen de las publicaciones, tipo de revisión (sistemática y/o metaanálisis) y propósito, características de la población, número y tipo de estudios incluidos, fecha de la revisión y principales conclusiones. Además, se analizó el grado de homogeneidad de los resultados, la calidad metodológica y las limitaciones reportadas por los propios autores.

El proceso completo de identificación, selección y elegibilidad se muestra en la Figura 1 (diagrama de flujo PRISMA).

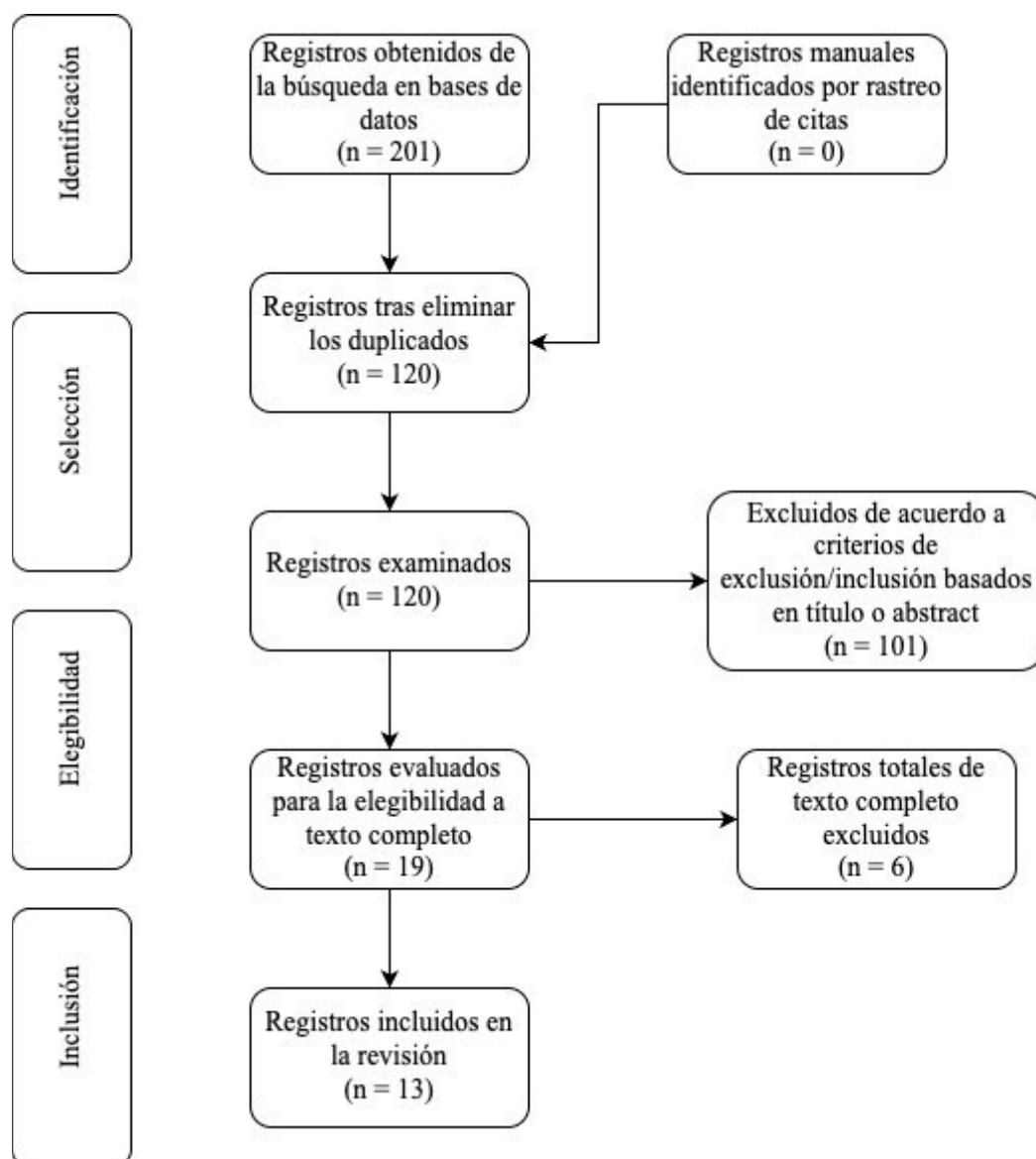


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios según los criterios PRISMA.

## **4. RESULTADOS**

### 4. RESULTADOS

#### 4.1 RESULTADOS ESTUDIO 1: RV COMO MÉTODO COADYUVANTE PARA EL TRATAMIENTO DEL DOLOR AGUDO DURANTE LAS CURAS EN LA UNIDAD DE QUEMADOS

##### 4.1.1 Descripción de la muestra

El estudio contó con la participación de 12 pacientes adultos ingresados en la Unidad de Quemados del Hospital Vall d'Hebron. La distribución por rangos mostró un predominio del grupo de 31- 45 años, que concentró más de un tercio de la muestra, mientras que los extremos etarios estuvieron menos representados. En cuanto al sexo, la proporción fue de dos varones por cada mujer (66,7 % y 33,3 %, respectivamente).

Respecto a las variables sociodemográficas, la mayoría de los pacientes tenía estudios de nivel medio (50 %), mientras que los niveles básico y superior se distribuyeron de manera equitativa en el resto de la muestra. En relación con el estado civil, predominó la soltería (58,3 %), seguida por el matrimonio y, en menor medida, la separación. La situación laboral en el momento del ingreso reflejó un perfil mayoritariamente activo, con diez pacientes empleados (83,3 %), mientras que solo se registró un caso de estudiante y un caso en situación de desempleo.

Desde el punto de vista clínico, la profundidad de las lesiones se correspondió principalmente con quemaduras de tercer grado (66,7 %), aunque también se observaron casos de segundo y cuarto grado. La superficie corporal quemada (SCQ) osciló entre el 2 % y el 27 %, con una mediana del 5 %. La mitad de los pacientes presentaron una SCQ entre el 3 % y el 5 %, mientras que en dos casos (16,7 %) esta superó el 25 %. Se registró un dato perdido en esta variable. En conjunto, todos los pacientes presentaban quemaduras de moderadas a profundas, que justificaban el ingreso hospitalario por la localización crítica de las lesiones, la necesidad de curas especializadas y/o el control intensivo del dolor.

En el momento de la evaluación basal, todos los pacientes de la muestra recibían paracetamol como analgésico de base (1.000 mg cada 8 horas). La pauta más extendida fue la combinación de paracetamol con ibuprofeno (600 mg cada 8 horas) y tramadol, presente en la mayoría de los casos (91,7 %), habitualmente a dosis de 50 mg. El metamizol se empleó en un cuarto de la muestra, con una notable variabilidad en la dosis (desde 500 mg hasta 2 g por administración). La hidroxicina (25 mg) se indicó en la mitad de los participantes, utilizada como coadyuvante para el manejo de ansiedad, insomnio o prurito. Los mórficos intravenosos estuvieron presentes en dos pacientes (16,7 %), mientras que un caso (8,3 %) recibía adyuvantes neuromoduladores como amitriptilina (25 mg) o gabapentina (300 mg). En conjunto, el perfil terapéutico reflejó un abordaje multimodal del dolor, con una analgesia básica homogénea basada en paracetamol, ibuprofeno y tramadol, complementada con el

## RESULTADOS

uso de opioides intravenosos y la adición de fármacos de rescate o adyuvantes según la complejidad clínica.

La combinación más frecuente fue la de paracetamol, ibuprofeno y tramadol, presente en dos tercios de la muestra (66,7 %). La mediana del número de analgésicos por paciente fue de 3 (rango 2–4), lo que refleja una estrategia multimodal en la mayoría de los casos.

Respecto a la frecuencia de uso de medicación analgésica de rescate durante la semana previa a la intervención, el 58,3 % de los participantes había recurrido a analgésicos en 10 ocasiones, el 25 % en 8 ocasiones, el 8,3 % en 6 ocasiones y el 8,3 % en 4 ocasiones.

Las características sociodemográficas, clínicas y farmacológicas detalladas se sintetizan en las Tablas 4.1 (sociodemográficas) y 4.2 (características clínicas y tratamiento farmacológico basal).

**Tabla 4.1.**

*Estudio 1: Características sociodemográficas (n = 12)*

| Variable     | Categoría    | n | %    |
|--------------|--------------|---|------|
| Edad         | 22 - 30 años | 3 | 25,0 |
|              | 31 - 45 años | 5 | 41,7 |
|              | 46 - 64 años | 4 | 33,3 |
| Sexo         | Mujeres      | 4 | 33,3 |
|              | Hombres      | 8 | 66,7 |
| Estado civil | Soltera/o    | 7 | 58,3 |
|              | Casada/o     | 3 | 25,0 |
|              | Separada/o   | 2 | 16,7 |

## RESULTADOS

---

|                   |              |    |      |
|-------------------|--------------|----|------|
| Nivel educativo   | Básico       | 3  | 25,0 |
|                   | Medio        | 6  | 50,0 |
|                   | Superior     | 3  | 25,0 |
| Situación laboral | Con empleo   | 10 | 83,3 |
|                   | Estudiante   | 1  | 8,3  |
|                   | En desempleo | 1  | 8,3  |

**Tabla 4.2.**

*Estudio 1: Características clínicas y tratamiento farmacológico basal (n = 12)*

## RESULTADOS

| Variable                                                   | Categoría           | n  | %     |
|------------------------------------------------------------|---------------------|----|-------|
| Profundidad de la quemadura                                | 2.º grado           | 3  | 25,0  |
|                                                            | 3.º grado           | 8  | 66,7  |
|                                                            | 4.º grado           | 1  | 8,3   |
| SCQ                                                        | Rango: 2 % - 27 %   | -  | -     |
|                                                            | Mediana: 5 %        | -  | -     |
|                                                            | SCQ >25 %           | 2  | 16,7  |
|                                                            | Datos perdidos      | 1  | -     |
| Analgesia basal                                            | Paracetamol 1000 mg | 12 | 100,0 |
|                                                            | Tramadol 50 mg      | 11 | 91,7  |
|                                                            | Ibuprofeno 600 mg   | 9  | 75,0  |
|                                                            | Hidroxicina 25 mg   | 6  | 50,0  |
|                                                            | Metamizol*          | 3  | 25,0  |
|                                                            | Cloruro mórfico IV  | 2  | 16,7  |
|                                                            | Amitriptilina 25 mg | 1  | 8,3   |
|                                                            | Gabapentina 300 mg  | 1  | 8,3   |
| Frecuencia de uso de analgésicos de rescate (dosis/semana) | 10 veces            | 7  | 58,3  |
|                                                            | 8 veces             | 3  | 25,0  |
|                                                            | 6 veces             | 1  | 8,3   |
|                                                            | 4 veces             | 1  | 8,3   |

*Nota.* SCQ = superficie corporal quemada; IV = intravenoso. \*Dosis variables entre 500 mg y 2 g.

### 4.1.2 Resultados de la variable principal y de las medidas secundarias de resultado

En relación con la eficacia preliminar de la intervención con RV, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas y clínicamente relevantes a favor de la condición con RV en varias de las variables evaluadas durante el procedimiento (véase Tabla 4.3).

La intensidad del dolor máximo percibido durante la cura fue menor en la condición con RV (M = 5,00; DE = 2,73) en comparación con la condición habitual (M = 6,25; DE = 2,74), con una prueba de Wilcoxon que arrojó  $p = 0,012$  y un tamaño del efecto de magnitud moderada ( $d = 0,46$ ).

## RESULTADOS

El valor dolor promedio también mostró puntuaciones inferiores en la condición con RV ( $M = 4,33$ ;  $DE = 2,35$ ) frente a la habitual ( $M = 5,50$ ;  $DE = 2,61$ ), con  $p = 0,026$  y un tamaño del efecto moderado ( $d = 0,47$ ).

Respecto a las medidas secundarias de resultado, se observaron disminuciones clínicamente relevantes en las dimensiones cognitiva y afectiva del dolor. La “rumiación”, entendida como el tiempo durante el cual el paciente estuvo pensando en el dolor, descendió notablemente bajo la condición de RV ( $M = 2,83$ ;  $DE = 2,37$ ) frente a la habitual ( $M = 5,92$ ;  $DE = 2,97$ ), con un tamaño del efecto grande ( $d = 1,15$ ;  $p = 0,003$ ). La “aversión subjetiva”, evaluada como el nivel de desagrado asociado al dolor experimentado durante la cura, también se redujo de manera significativa en la condición con RV ( $M = 4,50$ ;  $DE = 2,71$ ) respecto a la habitual ( $M = 6,25$ ;  $DE = 2,63$ ), con un tamaño del efecto de magnitud moderada-alta ( $d = 0,66$ ;  $p = 0,015$ ).

La “ansiedad procedimental” igualmente mostró una disminución en la condición con RV ( $M = 4,00$ ;  $DE = 2,49$ ) frente a la condición habitual ( $M = 5,67$ ;  $DE = 2,64$ ), con  $p = 0,039$  y un tamaño del efecto moderado ( $d = 0,65$ ).

En conjunto, estos hallazgos reflejan una disminución consistente de la experiencia dolorosa en la condición con RV, con reducciones observadas tanto en su dimensión sensorial (dolor máximo y promedio), como en sus componentes cognitivo (rumiación) y afectivo (aversión). Asimismo, se registró una reducción significativa en los niveles de ansiedad durante la cura. Los tamaños del efecto fueron moderados para las medidas de dolor, aversión y ansiedad, y grandes para la rumiación.

Finalmente, se encontró una diferencia significativa en la percepción subjetiva del tiempo. Los pacientes tendieron a sobreestimar la duración de la cura bajo la condición habitual ( $M = 14,42$ ;  $DE = 24,60$ ) y a subestimarla en la condición con RV ( $M = -7,25$ ;  $DE = 18,95$ ), con  $p = 0,033$  y un tamaño del efecto grande ( $d = 0,99$ ). Esta diferencia puede interpretarse como un indicador indirecto de mayor distracción atencional e implicación en la experiencia inmersiva con RV.

**Tabla 4.3.**

*Estudio 1: Resultados de la variable principal (dolor máximo) y medidas secundarias (dolor promedio, rumiación, aversión, ansiedad y diferencia de tiempo estimado)*

| Variable       | IH Media (DE) | RV Media (DE) | Valor Z | p - valor | d de Cohen |
|----------------|---------------|---------------|---------|-----------|------------|
| Dolor máximo   | 6,25 (2,74)   | 5,00 (2,73)   | -2,506  | 0,012     | 0,46       |
| Dolor promedio | 5,50 (2,61)   | 4,33 (2,35)   | -2,228  | 0,026     | 0,47       |
| Rumiación      | 5,92 (2,97)   | 2,83 (2,37)   | -2,961  | 0,003     | 1,15       |
| Aversión       | 6,25 (2,63)   | 4,50 (2,71)   | -2,422  | 0,015     | 0,66       |
| Ansiedad       | 5,67 (2,64)   | 4,00 (2,49)   | -2,060  | 0,039     | 0,65       |
| Diferencia de  | 14,42 (24,60) | -7,25 (18,95) | -2,135  | 0,033     | 0,99       |

## RESULTADOS

|                 |  |  |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|--|--|
| tiempo estimado |  |  |  |  |  |
|-----------------|--|--|--|--|--|

*Nota.* EVN = Escala Verbal Numérica (0 = ausencia de dolor/ansiedad, 10 = máxima intensidad); DE = desviación estándar; Interpretación d de Cohen: d = 0,20: tamaño del efecto pequeño; d = 0,50: tamaño del efecto mediano; d = 0,80: tamaño del efecto grande.

### Evaluación de la usabilidad y aceptabilidad de la Realidad Virtual

Todos los pacientes incluidos en el estudio completaron ambas sesiones de cura, con y sin RV, sin interrupciones ni incidencias técnicas. La duración real de las curas osciló entre los 14 y los 70 minutos, con una media de 43,50 minutos (DE = 13,90). Durante la sesión con RV, ningún participante solicitó interrumpir la experiencia ni retirarse anticipadamente del sistema, lo que sugiere una buena tolerabilidad del dispositivo en contextos clínicos complejos.

En cuanto a la usabilidad de la herramienta (EVN 0-10), los resultados fueron los siguientes: la facilidad de uso obtuvo una puntuación media de 8,60 (DE = 1,50); la sensación de inmersión fue valorada con una media de 7,80 (DE = 1,60); los efectos secundarios (náuseas o mareo) fueron prácticamente nulos, con una media de 0,10 (DE = 0,30). Solo un paciente refirió una molestia leve (EVN = 1), concretamente una leve sensación de náuseas al inicio de la sesión.

Respecto a la aceptabilidad, el grado de disfrute (diversión) durante la sesión con RV alcanzó una puntuación media de 8,50 (DE = 1,50).

Cuando se preguntó a los participantes qué fue lo que más les gustó de la herramienta, en las respuestas abiertas emergieron tres temas principales:

- Relajación y alivio emocional: referencias al efecto calmante de la música y al entorno helado (*“relajación”, “la música me ha relajado”, “ambiente frío que facilita no reexperimentar el dolor”*).
- Distracción e implicación: capacidad de la RV para desplazar la atención del procedimiento médico y favorecer la evasión cognitiva (*“piensas menos en la cura”, “posibilidad de olvidar que te están curando”*).
- Valor lúdico o estético: recoge comentarios de aprecio sobre el atractivo visual del entorno, la interacción con elementos animados y el carácter agradable de la experiencia (*“el paisaje”, “los animales son simpáticos”, “me ha gustado todo”*).

En cuanto a los aspectos menos valorados, algunos pacientes refirieron limitaciones técnicas o de diseño: la posibilidad de lanzar objetos a los animales generó incomodidad en varios casos (n=4), al igual que ciertas molestias visuales relacionadas con el ajuste de las gafas (n=2) y respecto de la monotonía del escenario (n=1). Tres participantes indicaron explícitamente que no hubo nada que les disgustara.

## RESULTADOS

Los datos sobre usabilidad y aceptabilidad se presentan en las Tablas 4.4 y 4.5. La primera recoge las puntuaciones numéricas en los distintos ítems de valoración subjetiva; la segunda sintetiza los comentarios cualitativos de los participantes.

**Tabla 4.4.**

*Estudio 1: Usabilidad y Aceptabilidad de la RV*

| Variable                              | Media | Desviación estándar |
|---------------------------------------|-------|---------------------|
| Facilidad de uso                      | 8,60  | 1,50                |
| Sensación de inmersión                | 7,80  | 1,60                |
| Efectos secundarios (náuseas o mareo) | 0,10  | 0,30                |
| Diversión                             | 8,50  | 1,50                |

*Nota.* EVN = Escala Verbal Numérica (0 = valoración mínima, 10 = valoración máxima).

**Tabla 4.5.**

*Estudio 1: Temas emergentes en la experiencia subjetiva con RV*

| Tema                          | Descripción                                                                       | Ejemplos de respuestas                                                    | Nº de menciones (n=12) |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Relajación y alivio emocional | Sensación de calma, serenidad o desconexión emocional del procedimiento.          | “Relajación”, “La música me ha relajado”, “Ambiente frío”                 | 5                      |
| Distracción e implicación     | Redirección atencional y evasión cognitiva del dolor o la situación hospitalaria. | “Piensas menos en la cura”, “Posibilidad de olvidar que te están curando” | 4                      |
| Valor lúdico o estético       | Apreciación del entorno virtual, sus personajes y experiencia estética.           | “El paisaje”, “Los animales son simpáticos”, “Me ha gustado todo”         | 3                      |

Valoración de la usabilidad y aceptabilidad por parte del personal de enfermería

## RESULTADOS

En la Unidad de Quemados participaron diferentes profesionales de enfermería en las curas, lo que permitió recoger valoraciones sobre la usabilidad y aceptabilidad de la RV en un entorno clínico dinámico. Tras cada sesión con RV, el personal responsable completó una breve evaluación, incluyendo tres ítems valorados mediante Escala Verbal Numérica (EVN) de 0 a 10 sobre satisfacción con el procedimiento, utilidad percibida de la RV como herramienta coadyuvante en la reducción del dolor e interferencia con la realización de la cura. Además, se incluyó una pregunta dicotómica sobre si estarían dispuestos a volver a utilizar la RV en futuras curas.

Los resultados muestran una valoración globalmente positiva (véase Tabla 4.6). La satisfacción media fue de 8.17 (DE = 1.19), la utilidad percibida obtuvo una media de 8.00 (DE = 1.54), y la interferencia con la cura fue baja, con una media de 2.67 (DE = 2.39). En todos los casos el personal manifestó que volvería a utilizar la RV en futuras curas.

**Tabla 4.6.**

*Estudio 1: Valoración del personal de enfermería sobre la intervención con RV*

| Variable                  | Media | Desviación estandar |
|---------------------------|-------|---------------------|
| Satisfacción              | 8,17  | 1,19                |
| Utilidad como coadyuvante | 8,00  | 1,54                |
| Interferencia con la cura | 2,67  | 2,39                |

*Nota.* EVN = Escala Verbal Numérica (0 = valoración mínima, 10 = valoración máxima)

Estos datos refuerzan la aceptabilidad de la intervención desde la perspectiva del personal de enfermería, que en todos los casos valoró positivamente su uso durante las curas. Las puntuaciones reflejan un nivel alto de satisfacción y de utilidad percibida, junto con una baja interferencia en la tarea asistencial, y con unanimidad en la disposición a volver a utilizar la RV en futuras intervenciones. En conjunto, los resultados muestran que la herramienta fue bien recibida y que su aplicación resultó compatible con la dinámica de trabajo habitual en la unidad.

## 4.2 RESULTADOS ESTUDIO 2: RV COMO TRATAMIENTO COADYUVANTE PARA EL DOLOR AGUDO DURANTE UN PROCEDIMIENTO INTEERVENCIONISTA CON CAPSAICINA

### 4.2.1 Descripción de la muestra

El estudio contó con la participación de 24 pacientes con dolor neuropático periférico, atendidos en la Unidad del Dolor del Hospital Vall d'Hebron. La muestra se distribuyó equitativamente en dos condiciones: 12 pacientes recibieron la intervención habitual junto con Realidad Virtual (RV), y 12 pacientes formaron el grupo control, que recibió el tratamiento estándar sin intervención adicional.

Las características sociodemográficas de ambos grupos fueron comparables. En la condición con RV, la edad media fue de 57,0 años (DE=10,5), el 75,0 % eran mujeres

## RESULTADOS

y ninguno de los participantes se encontraba laboralmente activo en el momento de la evaluación, ya que la mayoría estaban de baja laboral o eran amas de casa. En el grupo de tratamiento habitual, la edad media fue de 55,9 años (DE=13,7), el 66,7 % eran mujeres y solo un participante estaba trabajando; nuevamente, la mayoría estaban de baja laboral o no desempeñaban actividad profesional remunerada en ese momento.

En cuanto a las características clínicas basales, los resultados fueron los siguientes para la condición con RV: dolor en las últimas 24 horas (M = 5,8; DE = 2,2), catastrofismo (PCS; M = 33,6; DE = 8,2), calidad de vida (EQ-5D-5L; M = 9,5; DE = 1,8), ansiedad (HADS; M = 8,9; DE=3,1) y depresión (HADS; M = 7,3; DE = 3,8). En la condición de tratamiento habitual, los valores fueron: dolor en las últimas 24 horas (M = 6,3; DE = 1,5), catastrofismo CS; M = 37,6; DE = 6,7), calidad de vida (EQ-5D-5L; M = 9,4; DE=1,2), ansiedad (HADS; M = 8,7; DE = 3,5) y depresión (HADS; M = 6,5; DE = 4,0).

Las comparaciones entre grupos mediante prueba de Mann–Whitney indicaron que ambas condiciones eran equivalentes antes del inicio del estudio experimental (todas las  $p > 0,05$ ). Los tamaños del efecto correspondientes fueron pequeños a moderados, con valores de  $d$  de Cohen de  $-0,27$  para el dolor,  $-0,53$  para el catastrofismo,  $0,07$  para la calidad de vida,  $0,06$  para la ansiedad y  $0,21$  para la depresión.

Las características sociodemográficas y clínicas de la muestra se presentan en las Tablas 4.7 (datos sociodemográficos) y 4.8 (variables clínicas y psicológicas basales).

**Tabla 4.7.**

*Estudio 2: Características sociodemográficas de la muestra*

| Variable                     | Tratamiento habitual (n=12) | Realidad Virtual (n=12) |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Edad media (DE)              | 55,9 (13,7)                 | 57,0 (10,5)             |
| Mujeres, n (%)               | 8 (66,7%)                   | 9 (75%)                 |
| Sin actividad laboral, n (%) | 11 (91,7%)                  | 12 (100%)               |

*Nota.* La categoría “sin actividad laboral” incluye a participantes en situación de baja laboral o amas de casa.

**Tabla 4.8.**

*Estudio 2: Características clínicas y psicológicas basales*

| Variable                          | Tratamiento habitual (IH) (n=12) | Realidad Virtual (n=12) |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Dolor en las últimas 24 h (M, DE) | 6,3 (1,5)                        | 5,8 (2,2)               |

## RESULTADOS

|                                   |            |            |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Catastrofismo (PCS) (M, DE)       | 37,6 (6,7) | 33,6 (8,2) |
| Calidad de vida (EQ-5D-5L) (M,DE) | 9,4 (1,2)  | 9,5 (1,8)  |
| Ansiedad (HADS) (M, DE)           | 8,7 (3,5)  | 8,9 (3,1)  |
| Depresión (HADS) (M, DE)          | 6,5 (4,0)  | 7,3 (3,8)  |

*Nota.* PCS = Pain Catastrophizing Scale; EQ-5D-5L = EuroQol 5 Dimensions 5 Levels; HADS = Hospital Anxiety and Depression Scale.

### 4.2.2 Resultados de la variable principal y de las medidas secundarias de resultado

Con respecto a la eficacia preliminar de la herramienta de RV, las comparaciones entre grupos mediante la prueba de Mann–Whitney mostraron diferencias estadísticamente significativas a favor de la condición con RV en todas las variables analizadas durante el procedimiento: dolor máximo ( $Z = -4,02$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = -0,82$ ), dolor promedio ( $Z = -4,21$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = -0,86$ ), rumiación ( $Z = -4,17$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = -0,85$ ), aversión ( $Z = -4,19$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = -0,85$ ) y ansiedad ( $Z = -3,85$ ,  $p < 0,001$ ,  $r = -0,79$ ). Estos resultados representan tamaños del efecto muy grandes (todos los valores de  $r > 0,75$ ).

Las medias y desviaciones estándar de estas variables en ambas condiciones se presentan en la Tabla 4.9.

**Tabla 4.9.**

*Estudio 2: Resultados de la variable principal (dolor máximo) y medidas secundarias (dolor promedio, rumiación, aversión y ansiedad)*

| Variable       | IH Media (DE) | RV Media (DE) | Valor Z | p - valor |
|----------------|---------------|---------------|---------|-----------|
| Dolor máximo   | 6,33 (1,30)   | 2,83 (1,12)   | -4,02   | <0,001    |
| Dolor promedio | 5,42 (1,44)   | 2,08 (0,79)   | -4,21   | <0,001    |
| Rumiación      | 5,75 (1,77)   | 1,17 (1,19)   | -4,17   | <0,001    |
| Aversión       | 6,08 (1,51)   | 1,50 (1,09)   | -4,19   | <0,001    |
| Ansiedad       | 5,17 (2,04)   | 0,83 (1,60)   | -3,85   | <0,001    |

*Nota.* EVN = Escala Verbal Numérica (0 = ausencia, 10 = máxima intensidad); DE = desviación estándar.

Evaluación de la usabilidad y aceptabilidad de la RV

## RESULTADOS

Todos los pacientes del grupo de RV completaron la exposición durante los 60 minutos de administración de capsaicina sin interrupciones.

En cuanto a la usabilidad de la herramienta, valorada mediante EVN de 0 a 10, los resultados fueron los siguientes:

- Facilidad de uso: puntuación promedio de 8,6 (DE = 1,7)
- Sensación de inmersión: 7,5 (DE = 2,0)
- Niveles muy bajos de náuseas o mareo: 0,3 (DE = 1,2), lo que indica una buena tolerabilidad del sistema.

Ningún participante solicitó interrumpir la sesión ni la retirada anticipada del visor, lo que muestra una buena adaptación al uso del sistema durante todo el procedimiento.

Respecto a la aceptabilidad, el grado de disfrute (diversión) durante la sesión con RV alcanzó una puntuación promedio de 8,5 (DE = 1,5). Cuando se preguntó a los participantes qué fue lo que más les gustó de la herramienta, las respuestas abiertas revelaron tres temas principales:

1. Relajación y alivio emocional (ejemplos: “relajación”, “vista panorámica nevada”; n = 4)
2. Distracción e implicación (ejemplos: “distrae”, “todo”; n = 5)
3. Valor lúdico o estético (ejemplos: “el diseño del muñeco”, “divertido”; n = 3).

Estas categorías reflejan beneficios emocionales y atencionales percibidos, así como una valoración positiva de los aspectos estéticos de la experiencia.

En cuanto a los aspectos menos valorados, los comentarios incluyeron el peso de las gafas de RV (n=6), la calidad de imagen en algunos momentos (n=2), la sensación de mareo (n=1) y la percepción de que el contenido era infantil (n=1). Dos pacientes no reportaron ningún aspecto negativo.

Los datos sobre usabilidad y aceptabilidad se presentan en las Tablas 4.10 y 4.11.

**Tabla 4.10**

*Estudio 2 Usabilidad y Aceptabilidad RV*

| Variable                              | Media | Desviación estándar |
|---------------------------------------|-------|---------------------|
| Facilidad de uso                      | 8,6   | 1,7                 |
| Sensación de inmersión                | 7,5   | 2,0                 |
| Efectos secundarios (náuseas o mareo) | 0,3   | 1,2                 |

## RESULTADOS

|           |     |     |
|-----------|-----|-----|
| Diversión | 8,5 | 1,5 |
|-----------|-----|-----|

*Nota.* EVN = Escala Verbal Numérica (0 = valoración mínima, 10 = valoración máxima)

**Tabla 4.11**

*Estudio 2 Temas emergentes en la experiencia subjetiva con RV*

| Tema                          | Descripción                                                                              | Ejemplos de respuestas                  | Nº de menciones (n=12) |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------|
| Relajación y alivio emocional | Sensación de calma, serenidad y reducción de la ansiedad durante la experiencia con RV.  | “Relajación”, “Vista panorámica nevada” | 4                      |
| Distracción e implicación     | Redirección de la atención percibida lejos del dolor o del procedimiento.                | “Distracción”, “Todo”                   | 5                      |
| Valor lúdico y estético       | Apreciación de los elementos visuales y características recreativas del entorno virtual. | “El diseño del muñeco”, “Divertido”     | 3                      |

### 4.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE METAANÁLISIS Y REVISIONES SISTEMÁTICAS DEL IMPACTO DE LA RV EN EL DOLOR AGUDO EN PACIENTES CON QUEMADURAS

#### 4.3.1 Características generales de las revisiones incluidas

Esta revisión de revisiones se planteó con el objetivo de situar los hallazgos de los estudios empíricos de esta tesis en el estado del arte y valorar la consistencia de los efectos de la RV sobre el dolor agudo por quemaduras en este campo de investigación. Se optó por incluir metaanálisis y revisiones sistemáticas porque ofrecen una síntesis de la evidencia acumulada, permiten comparar modalidades tecnológicas y ayudan a identificar vacíos metodológicos relevantes para la interpretación de los resultados.

Se incluyeron trece revisiones publicadas entre 2009 y 2024, con procedencia geográfica diversa (Europa, Asia, América del Norte y Sudamérica). Todas evaluaron el uso de tecnologías de RV como intervención coadyuvante para el tratamiento del dolor agudo en pacientes con quemaduras hospitalizados, principalmente durante procedimientos de curas o sesiones de fisioterapia.

Cinco revisiones se centraron exclusivamente en población pediátrica, y ocho incluyeron muestras mixtas (adultos y niños). En cuanto al diseño, ocho realizaron

metaanálisis y cinco presentaron revisión sistemática sin síntesis cuantitativa. El número de estudios primarios por revisión osciló entre 4 y 34, con predominio de ensayos clínicos aleatorizados, tanto paralelos como intrasujeto. Las búsquedas abarcaron desde el año 2000 hasta diciembre de 2023.

Las tecnologías de RV evaluadas fueron en su mayoría inmersivas, destacando el entorno *SnowWorld®*, diseñado específicamente para pacientes con quemaduras. Otras revisiones recogieron estudios con escenarios alternativos, con distinto grado de interacción y atractivo visual, entre ellos *Chicken Run*, *Virtual River Cruise*, *Need for Speed™* o *UniSA*, lo que muestra la variedad de propuestas exploradas en este campo. Asimismo, también se analizaron modalidades no inmersivas o de baja interacción, como las basadas en consolas (*Wii™*, *Kinect™*) o el dispositivo interactivo *Ditto™*, utilizado sobre todo en población pediátrica.

Los grupos control consistieron en atención estándar sin RV, es decir, los cuidados habituales con el tratamiento analgésico prescrito, que podían incluir o no otras técnicas de distracción frecuentes en las unidades (ver televisión, conversar o escuchar música).

Entre las revisiones sistemáticas tempranas, Morris et al. (2009), sintetizó los resultados de nueve estudios clínicos publicados entre 2000 y 2008. Pese a limitaciones metodológicas, ya apuntaba a un efecto clínicamente relevante de la RV inmersiva en la reducción del dolor durante las curas, y sugería variables de interés (presencia, distracción cognitiva, aversión/desagrado, disfrute) retomadas en trabajos posteriores.

### 4.3.2 Variables analizadas y principales hallazgos

La variable principal analizada en las revisiones fue la intensidad del dolor agudo procedimental, medida mediante escalas estandarizadas de uso clínico habitual. Entre ellas se utilizaron la EVA, la EN (ó NRS en inglés) y la GRS, todas ellas validadas para la evaluación del dolor en población con quemaduras. En el caso de población pediátrica, algunos estudios recurrieron además a instrumentos adaptados a la edad, como la FLACC, la FACES Wong-Baker o la APPT-WGRS.

Además de esta dimensión sensorial, once de las trece revisiones incorporaron otras variables de interés, que permiten aproximarse a la naturaleza multidimensional de la experiencia dolorosa. Entre ellas se incluyeron la dimensión cognitiva del dolor (tiempo dedicado a pensar en el dolor o rumiación), la dimensión afectiva del dolor (aversión o desagrado asociado), la ansiedad procedimental, así como variables relacionadas con la presencia e inmersión, el disfrute o valoración positiva de la experiencia, la aparición de efectos adversos, la movilidad articular en el contexto de la rehabilitación y la satisfacción subjetiva de pacientes y profesionales.

Estas variables se han abordado en las revisiones con un grado de detalle muy variable y, en muchos casos, sin un análisis sistemático de todas ellas.

A continuación, se presentan los principales hallazgos organizados según estas dimensiones.

### Dolor agudo

Todas las revisiones incluidas coinciden en que la RV reduce de manera significativa la intensidad del dolor durante las curas o las sesiones de fisioterapia, especialmente cuando se utilizan tecnologías inmersivas. En particular, los dispositivos tipo casco de realidad virtual (HMD) en combinación con escenarios que permiten una participación activa del paciente han mostrado un mayor efecto analgésico. En esta línea, las revisiones de Smith et al. (2020) y Savaş et al. (2023) destacan que las modalidades activas o multimodales, que implican una interacción directa con el entorno virtual, ofrecen mejores resultados que aquellas en las que el paciente adopta un rol pasivo o meramente observador. Estos hallazgos son coherentes con lo descrito previamente en revisiones como las de Scapin et al. (2018) y Morris et al. (2009), que, aunque no incluyeron metaanálisis, ya apuntaban de forma consistente a un efecto clínicamente relevante de la RV inmersiva en la reducción del dolor agudo durante las curas.

La revisión de Luo et al. (2019) fue la primera en incorporar un metaanálisis cuantitativo en población mixta, agrupando los datos de nueve ensayos clínicos aleatorizados. Sus resultados mostraron una reducción significativa de la intensidad del dolor tanto durante las curas como en las sesiones de fisioterapia, lo que aportó evidencia sólida sobre la eficacia de la RV en distintos contextos procedimentales. Además, esta revisión introdujo un aspecto novedoso al analizar la persistencia del efecto analgésico tras el uso repetido de la RV, observándose que la reducción del dolor se mantenía durante varios días consecutivos (hasta siete). También exploró la posible relación entre la intensidad basal del dolor y la eficacia de la intervención; sin embargo, no pudo establecerse una conclusión clara, ya que algunos estudios incluidos informaban de un mayor beneficio en pacientes con dolor intenso, mientras que otros señalaban mejores resultados en aquellos con dolor leve o moderado.

En el contexto de población pediátrica hospitalizada durante procedimientos de cura, dos revisiones llegaron a conclusiones similares aunque con enfoques distintos. Lauwens et al. (2020) recopiló ocho estudios publicados hasta ese momento, de los cuales cuatro pudieron incluirse en el metaanálisis. Sus resultados mostraron de manera consistente que la RV reducía de forma significativa la intensidad del dolor durante las curas de niños y adolescentes con quemaduras. Por su parte, la revisión sistemática de De Jesús Catalá et al. (2022) coincidió con la anterior en cuatro de estos ensayos, pero aplicó criterios metodológicos más estrictos al considerar únicamente ensayos clínicos aleatorizados con diseño paralelo. No se realizó metaanálisis, y la revisión incluyó finalmente cuatro estudios publicados entre 2008 y 2014. Informó de un efecto analgésico favorable de la RV frente a técnicas de distracción estándar, aunque la significación estadística solo se alcanzó en procedimientos de mayor duración (más de 30 minutos). Además, uno de los estudios incluidos (Kipping et al., 2012) reportó una reducción significativa en la necesidad de analgesia de rescate.

### Dimensión cognitiva del dolor

Esta dimensión ha evaluado explícitamente en dos revisiones con metaanálisis. Luo et al. (2019) analizaron la rumiación, definida como tiempo dedicaban a pensar en el

dolor durante las intervenciones, en siete de los trece ensayos clínicos aleatorizados incluidos. Sus resultados mostraron una reducción significativa a favor de la RV tanto en el análisis global como en los subgrupos de curas y de fisioterapia. Dada la elevada heterogeneidad entre estudios, los autores aplicaron un modelo de efectos aleatorios, que confirmó la significación de los hallazgos.

Por su parte, Lou et al. (2024) amplió la evidencia disponible con 21 ensayos, de los cuales 12 aportaron datos sobre rumiación. El metaanálisis volvió a mostrar una reducción significativa de esta dimensión cognitiva en los pacientes que utilizaron RV frente a los controles, reforzando la consistencia del efecto en una muestra más amplia y diversa.

En conjunto, la evidencia disponible apoya que la RV contribuye a disminuir la rumiación durante procedimientos dolorosos en pacientes con quemaduras, aunque persiste la necesidad de estandarizar los instrumentos y protocolos de evaluación para fortalecer la comparabilidad entre estudios.

### Dimensión afectiva del dolor

Esta dimensión hace referencia a la cualidad emocional del dolor, frecuentemente evaluada en la literatura anglosajona mediante el término *unpleasantness*, traducido habitualmente como desagrado, aversión o carga emocional negativa asociada a la experiencia dolorosa.

En la revisión de Luo et al. (2019), esta variable se evaluó en siete de los trece estudios incluidos en su metaanálisis y mostró una disminución significativa durante las sesiones con RV, tanto en curas como en fisioterapia, aunque con una heterogeneidad elevada que limita la generalización de resultados.

En la revisión de Lou et al. (2024), con un número mayor de estudios disponibles (15 de los 21 ECA incluían esta dimensión), la mayoría de los ensayos mostraron una tendencia favorable al uso de RV, pero el metaanálisis no alcanzó significación estadística, atribuyéndose esta disparidad a factores como las diferencias en las herramientas de medición, la edad de los participantes (niños frente a adultos) o el tipo de procedimiento (curas frente a rehabilitación).

Esta dimensión no fue abordada de manera específica en el resto de revisiones incluidas.

### Ansiedad

La ansiedad pre y periprocedimental se evaluó en un número menor de revisiones en comparación con la intensidad del dolor, menos de la mitad la abordaron como variable secundaria. En general, los estudios incluidos sugieren un efecto beneficioso de la RV sobre la ansiedad, aunque los hallazgos son menos consistentes y, en muchos casos, no alcanzan significación estadística en los metaanálisis debido a la elevada heterogeneidad entre estudios.

En la revisión de Smith et al. (2022), centrada en población pediátrica, se describen dos ensayos con resultados positivos: Brown et al. (2014) observó una reducción

significativa de la ansiedad preprocedimental en niños que utilizaron RV multimodal, acompañada de una menor activación fisiológica (disminución de la frecuencia cardíaca máxima); y Jeffs et al. (2014) informó que la ansiedad estado, medida con el STAI-C, se correlacionó de forma moderada con la intensidad del dolor percibido, sugiriendo un vínculo entre ambas dimensiones.

De forma coincidente, las revisiones de Norouzkhani et al. (2022), Lauwens et al. (2020) y Savaş et al. (2023) recogen una tendencia favorable de la RV en la reducción de la ansiedad asociada a las curas. Sin embargo, ninguna de ellas realizó metaanálisis específico, principalmente por la heterogeneidad en los instrumentos de medida (VAS-A, STAI-C, escalas adaptadas a población pediátrica) y en los momentos de evaluación (antes o durante el procedimiento).

En conjunto, la evidencia sugiere que la RV puede contribuir a disminuir la ansiedad en pacientes hospitalizados con quemaduras, especialmente en población pediátrica, aunque la falta de uniformidad en la medición y la escasez de análisis cuantitativos limitan la solidez de las conclusiones.

### Inmersión y presencia

En términos generales, como ya se explicaba en los apartados introductorios, la inmersión se entiende como la capacidad de la RV para situar al paciente en un entorno alternativo mediante una experiencia multisensorial sustentada por la dotación tecnológica del sistema. La presencia, por su parte, alude a la vivencia subjetiva del paciente de estar dentro del mundo virtual, lo que refleja su experiencia individual.

Los trabajos analizados coinciden en que el grado de inmersión tecnológica y la sensación de presencia subjetiva influyen en la eficacia de la intervención. El artículo de Scapin et al. (2018) ofrece una panorámica sobre los recursos tecnológicos empleados hasta 2016. De los 34 estudios analizados, 25 utilizaban sistemas tridimensionales inmersivos, siendo *SnowWorld* el entorno más empleado (n=13). También se identificaron alternativas no inmersivas, en algunos casos con cierto grado de interactividad, como videojuegos convencionales (Nintendo®, PlayStation®, n=8) o el dispositivo interactivo *Ditto*™ (n=4), diseñado para población pediátrica y que combinaba una fase educativa previa con otra de distracción activa durante la cura. Este análisis apuntaba ya que los sistemas más inmersivos producían un mayor efecto analgésico que las otras modalidades.

Investigaciones posteriores respaldan esta idea. El metaanálisis de Smith et al. (2022), centrado en población pediátrica, clasificó las intervenciones en tres modalidades: RV activa (interacción directa con el entorno virtual), RV pasiva (visualización sin interacción) y distracción multimodal (como *Ditto*™). Los resultados mostraron que la RV activa y la multimodal producían los mayores beneficios, mientras que la pasiva obtenía efectos más modestos. De forma coherente, el trabajo de Czech et al. (2022) identificó un efecto analgésico significativo únicamente en intervenciones con RV inmersiva, reforzando la hipótesis de que el grado de inmersión es un factor relevante a considerar en la magnitud del efecto terapéutico.

El análisis más reciente, llevado a cabo por Lou et al. (2024), con 21 ensayos incluidos, introduce además el componente de la interactividad. Los resultados mostraron que la reducción del dolor fue más marcada cuando se emplearon tecnologías inmersivas que permitían una participación activa del paciente, frente a aquellas en las que el usuario adoptaba un rol pasivo. Los autores subrayan que la heterogeneidad de los resultados podría estar relacionada, en parte, con las diferencias en los niveles de inmersión y presencia alcanzados en cada intervención.

En conjunto, la evidencia disponible coincide en que estas dimensiones son relevantes para comprender la eficacia de la RV en el contexto del dolor agudo por quemaduras. Aunque los diseños y las tecnologías utilizadas han variado, el patrón general sugiere que cuanto mayor es la calidad tecnológica del sistema y más intensa la vivencia subjetiva de presencia, mayor es también la magnitud del efecto analgésico observado.

### Diversión:

La diversión o disfrute se plantea en la literatura como la valoración subjetiva positiva de la vivencia con RV, entendida como una experiencia motivadora o placentera. Habitualmente se evalúa mediante escalas de autoinforme, como la EVA o la ENV.

Varias revisiones señalan que la RV contribuye a hacer el procedimiento más llevadero y menos doloroso. En la revisión sistemática de Scapin et al. (2018), por ejemplo, se describe de forma cualitativa que, además de una reducción del dolor, los pacientes referían mayor disfrute de las curas y la rehabilitación, especialmente cuando se utilizaban entornos inmersivos o con algún grado de interacción.

Este hallazgo fue confirmado en el metaanálisis de Luo et al. (2019), a partir de cuatro estudios centrados especialmente en fisioterapia, donde el disfrute se analizó como variable secundaria. Los resultados mostraron un incremento significativo del disfrute en los grupos que utilizaron RV frente a los controles. Además de menos dolor y menos rumiación, los pacientes percibían la intervención como más amena cuando se utilizaba RV.

La revisión más reciente, la de Lou et al. (2024), identificó esta dimensión en nueve de los 21 ECA incluidos. Varios de estos trabajos procedía del grupo de Hoffman, pionero en introducir esta variable en sus estudios iniciales, junto con otros ensayos realizados también en Estados Unidos. El metaanálisis mostró un efecto positivo de la RV sobre esta dimensión, aunque con heterogeneidad considerable entre estudios. En los análisis por subgrupos, la mejora en el disfrute fue significativa en población adulta, mientras que en niños no alcanzó significación estadística. Los autores sugieren que factores como la edad de los participantes, el tipo de contenido y la modalidad de interacción con el entorno virtual podrían modular esta respuesta.

En la fase de rehabilitación, la revisión de Lan et al. (2023) aporta un matiz relevante: recoge con frecuencia valoraciones positivas de disfrute en población pediátrica, y destaca que este componente subjetivo puede favorecer la participación activa y la adherencia a los ejercicios de fisioterapia, un aspecto especialmente importante en pacientes con dolor posquemadura.

En conjunto, las revisiones indican que la RV aporta un cambio cualitativo en la vivencia del procedimiento, al hacerlo más ameno y estimulante, además de menos doloroso. Este efecto se observa con mayor consistencia en adultos, aunque también se han descrito beneficios en población pediátrica, sobre todo en contextos de rehabilitación. La heterogeneidad de escalas y protocolos empleados explica parte de las diferencias entre estudios.

Efectos secundarios:

Cinco de las revisiones analizadas incluyen información explícita sobre los posibles efectos adversos de la RV en pacientes con quemaduras (Czech et al., 2022; Lan et al., 2023; Luo et al., 2019; Savaş et al., 2023; Scapin et al., 2018).

En conjunto, describen un perfil de tolerabilidad favorable, con náuseas o mareo leves y transitorios, sin efectos graves documentados. Algunos autores subrayan que estos síntomas podrían atribuirse al uso concomitante de opioides más que a la RV en sí.

En Scapin et al. (2018) solo en siete de los 34 estudios se analizan efectos adversos. En la mayoría no se registraron efectos y cuatro trabajos notificaron náuseas.

La revisión de Luo et al. (2019) incorporó un metaanálisis en este campo y señala que once de los trece ensayos incluidos recogieron información sobre la presencia de náuseas, descritas en todos los casos como ausentes, insignificantes o leves, sin que se registraran otros efectos adversos. Precisan que solo uno de estos ensayos evaluó la náusea en ambos grupos, RV y condición control. Recuerdan que puede estar relacionada con el uso concomitante de opioides. En ningún caso se comunicaron eventos adversos graves.

En la revisión de Czech et al. (2022) se destaca la baja frecuencia de efectos adversos referida en la literatura sobre RV, aunque este desenlace no se analizó de manera sistemática en los ensayos de quemaduras incluidos.

Por su parte, Lan et al. (2023) centrada en rehabilitación posquemadura, recogen que cinco de los dieciséis estudios analizados evaluaron malestar o náuseas mediante escalas tipo EVA, sin documentar efectos adversos clínicamente relevantes, y con puntuaciones bajas en los estudios que los midieron. Estas valoraciones se realizaron únicamente en el grupo con RV, sin comparación directa con la condición control.

En la revisión centrada en población pediátrica de Savaş et al. (2023), los autores concluyen que la intervención con RV se asocia a “efectos mínimos” y a una buena tolerabilidad, sin que se hayan descrito eventos adversos graves en los ensayos incluidos.

No obstante, el registro de efectos adversos presenta una notable heterogeneidad y, con frecuencia, se limita a descripciones generales más que a un análisis sistematizado. En este sentido, en Lou et al. (2024) no se aportan datos específicos en los ensayos incluidos, pero subrayan precisamente esta falta de exploración sistemática y recomiendan que futuros ensayos clínicos evalúen los efectos adversos a corto y largo plazo.

### Movilidad articular

Algunas revisiones centradas en la fase de rehabilitación en pacientes con quemaduras evaluaron también el efecto de la RV sobre la movilidad articular (rango de movimiento, ROM), como indicador funcional en fisioterapia.

En la revisión de Luo et al. (2019), tres ensayos evaluaron de forma cuantitativa la movilidad durante sesiones de fisioterapia con y sin RV. Aunque los resultados mostraron una tendencia favorable, las diferencias no alcanzaron significación estadística y la elevada heterogeneidad metodológica limitó las conclusiones.

De forma coincidente, Czech et al. (2022) tampoco encontró mejoras significativas en ROM entre los grupos con y sin RV. Los autores señalan que el efecto analgésico de la intervención podría facilitar la colaboración del paciente en los ejercicios al disminuir el temor anticipatorio y las conductas de evitación del dolor.

Lan et al. (2023) incluyó seis de los 16 ensayos revisados que evaluaban la ganancia articular en extremidades superiores e inferiores. El metaanálisis mostró un efecto positivo global a favor de la RV, aunque con heterogeneidad elevada. Además, se describieron beneficios adicionales en actividades de la vida diaria, mayor satisfacción con el tratamiento y mejor adherencia a los ejercicios de rehabilitación.

Por su parte, Lou et al. (2024) no realizó un análisis específico del ROM, pero recoge varias experiencias con tendencia favorable, aunque con resultados inconsistentes en cuanto a la magnitud y la duración de los efectos.

En conjunto, la evidencia sugiere que la RV puede actuar como facilitador de la fisioterapia en pacientes con quemaduras, especialmente cuando se emplean sistemas inmersivos que incrementan la motivación y la implicación del paciente, aunque los resultados siguen siendo heterogéneos y no permiten establecer conclusiones firmes.

### Satisfacción y Viabilidad Clínica de las Intervenciones con Realidad Virtual

Solo un número reducido de estudios incluidos en las revisiones analizadas valoraron de manera específica la satisfacción de pacientes y profesionales sanitarios y/o la viabilidad clínica de la RV en el entorno hospitalario. Cuando se recoge, esta información es mayoritariamente cualitativa o mediante cuestionarios breves administrados.

A partir de esas revisiones, se sintetizan ejemplos representativos, citados a través de la revisión correspondiente, que hablan de aceptabilidad y viabilidad en la práctica asistencial:

- Khadra et al. (2020), según Norouzkhani et al., (2022) documenta una alta aceptabilidad tanto por parte de los niños como del personal sanitario, destacando una buena integración en el entorno clínico y la ausencia de barreras relevantes para su implementación.

- Xiang et al. (2021), según Sánchez Lozano et al. (2024), valora la satisfacción en niños, cuidadores y profesionales, con resultados favorables, así como la viabilidad de la intervención en entornos clínicos.
- Das et al. (2005), citado en Czech et al., 2022, recogió valoraciones cualitativas positivas por parte del personal de enfermería, destacando que la intervención con RV favorecía la colaboración infantil sin interferir en el procedimiento asistencial.
- Brown et al. (2014), según Czech et al., 2022, evaluó la satisfacción del personal de enfermería, la aceptabilidad por parte de los pacientes pediátricos y aspectos logísticos que respaldaban la viabilidad técnica de la implementación.

En conjunto, estas observaciones apuntan a una buena aceptabilidad de la RV por parte de pacientes y profesionales, así como a una integración factible en la práctica clínica habitual, aunque la evidencia sigue siendo escasa y fragmentaria.

### 4.3.3 Calidad metodológica de los estudios incluidos

Se realizó una revisión narrativa de los principales aspectos metodológicos descritos en los estudios incluidos (véase Tabla 4.12). Aunque la calidad metodológica fue variable, en general las revisiones emplearon estrategias de búsquedas amplias, criterios de inclusión bien definidos y una selección mayoritaria de ensayos clínicos aleatorizados.

Uno de los aspectos más frecuentemente señalados fue la dificultad para cegar la intervención. Por su propia naturaleza, la RV no puede pasar desapercibida para los pacientes ni para el equipo asistencial. Esta limitación, reconocida por autores como Lauwens et al. (2020) o Savaş et al. (2023), se considera una fuente potencial de sesgo de procedimiento, ya que puede influir en la forma en que se perciben y reportan variables como el dolor.

Otro elemento relevante fue la heterogeneidad entre los estudios primarios. Algunos trabajos, como el de Savaş et al., (2023) identificaron una variabilidad considerable entre los resultados incluidos y adaptaron su análisis para tenerlo en cuenta. Otros, como el de Czech et al. (2022), aplicaron análisis de sensibilidad y desglosaron los resultados según el tipo de tecnología utilizada, lo que permitió interpretar los hallazgos con mayor precisión.

De Jesús Catalá et al. (2021), limitaron su revisión a ensayos clínicos aleatorizados con diseño paralelo y aplicaron de forma sistemática una herramienta de evaluación del riesgo de sesgo. Este criterio metodológico redujo mucho el número de estudios incluidos, pero reforzó la validez interna de sus resultados.

Finalmente, el sesgo de publicación fue abordado de manera específica solo en algunas revisiones. Norouzkhani et al. (2022), por ejemplo, utilizaron herramientas estadísticas para detectarlo, lo que refuerza la solidez de sus conclusiones.

## RESULTADOS

En conjunto, aunque existen diferencias metodológicas entre las revisiones analizadas, la base de evidencia disponible permite extraer conclusiones razonablemente consistentes sobre la utilidad de la RV como intervención coadyuvante en el tratamiento del dolor agudo en pacientes con quemaduras.

**Tabla 4.12**

*Características principales y calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión narrativa estructurada*

| Autoría/Año                 | País    | Tipo y Propósito de la revisión                                           | Bases de datos                                                                                                           | Tipo de estudios incluidos                             | Nº de estudios | Periodo de búsqueda   | Sumario de resultados                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sánchez-Lozano et al., 2024 | España  | Revisión sistemática (pediatría; curas y fisioterapia)                    | PubMed, LILACS, IBECs, Cochrane, Academic Search Complete, PsycINFO, CINAHL, SPORTDiscus, Web of Science, SciELO, PEDROS | ECA paralelos (4) e intrasujeto cruzado (1)            | 5              | 2014-2023             | RV reduce intensidad del dolor, el miedo y la ansiedad durante las curas y la fisioterapia. Muestra total 227 niños; EEUU, Canadá, Egipto, Turquía.<br><br>Buena aceptación y seguridad percibida por niños y personal sanitario.                                                                                                      |
| Lou et al., 2024            | China   | Revisión sistemática metaanálisis (adultos y niños; curas y fisioterapia) | +PubMed<br>Web of Science<br>Embase<br>Cochrane                                                                          | ECA paralelos y cruzados; algunos pre-post intrasujeto | 21             | Hasta 1 de marzo 2022 | RV reduce intensidad del dolor y tiempo pensando en dolor durante las curas y la fisioterapia.<br><br>En subgrupos, el disfrute significativo en adultos, no siempre en pacientes pediátricos.                                                                                                                                         |
| Savas et al., 2023          | Turquía | Revisión sistemática metaanálisis (pediatría; curas)                      | +PubMed<br>Web of Science<br>Cochrane<br>MEDLINE<br>CINAHL<br>Scopus<br>Google Scholar                                   | ECA paralelos                                          | 6              | Hasta abril 2023      | RV reduce intensidad del dolor durante las curas pediátricas. Muestra total 241 niños y adolescentes; EEUU, Australia, Turquía.                                                                                                                                                                                                        |
| Lan et al., 2023            | China   | Revisión sistemática metaanálisis (adultos y niños; fisioterapia)         | +PubMed<br>Web of Science<br>Embase<br>Cochrane                                                                          | ECA paralelos (9) e intrasujeto (7)                    | 16             | Hasta agosto 2021     | RV reduce intensidad del dolor y la ansiedad. Muestra total 535 pacientes; EEUU, Australia, Egipto, Corea del Sur, China, Sudáfrica.<br><br>RV sensación más placentera durante la fisioterapia<br><br>RV mejoró movilidad articular, la calidad de vida y el desempeño funcional.<br><br>Buena aceptación y escasos efectos adversos. |

## RESULTADOS

|                                     |              |                                                                           |                                                         |                                                                                      |    |                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Czech et al., 2022</b>           | Polonia      | Revisión sistemática metaanálisis (adultos y niños; curas y fisioterapia) | +PubMed<br>Web of Science<br>Cochrane<br>Scopus         | ECA paralelos (10) e intrasujeto (7)                                                 | 17 | Hasta octubre de 2021     | RV reduce intensidad del dolor, el miedo y la ansiedad durante las curas. Muestra total 587 pacientes.<br><br>RV en dolor y movilidad articular en fisioterapia menos consistente, sin significación estadística.<br><br>Buena aceptación general y escasos efectos adversos.<br><br>Efectos mayores con tecnologías inmersivas. |
| <b>Norouzkhani et al., 2022</b>     | Irán, Canadá | Revisión sistemática metaanálisis (adultos y niños; curas)                | +PubMed<br>Web of Science<br>Scopus<br>Iranmedex<br>SID | ECA paralelos e intrasujeto (23); cuasiexperimentales (7) excluidos del metaanálisis | 30 | Hasta 6 de mayo de 2022   | RV reduce intensidad del dolor en las curas y fisioterapia. Muestra total 1293 pacientes; EEUU, Australia, Países Bajos, Irán, Canadá, Egipto, Reino Unido, Sudáfrica, China, Corea del Sur.<br><br>Escasos efectos adversos.<br><br>Efectos mayores con RV inmersiva.                                                           |
| <b>Smith et al., 2022</b>           | EE. UU.      | Revisión sistemática metaanálisis (pediatría; curas)                      | +PubMed<br>CINAHL                                       | ECA paralelos (6) e intrasujeto (4)                                                  | 10 | 2011 hasta julio de 2021  | RV reduce intensidad del dolor en las curas. Muestra total 445 niños; EEUU, Canadá, Australia.<br><br>Escasa evidencia sobre ansiedad (sólo 1 estudio evaluó ansiedad).<br><br>RV aceleró la cicatrización en dos estudios.                                                                                                      |
| <b>De Jesús Catalá et al., 2021</b> | Brasil       | Revisión sistemática (pediatría; curas).                                  | PubMed<br>Embase<br>Cochrane<br>Lilacs                  | ECA paralelos                                                                        | 4  | Hasta marzo de 2021       | RV reduce intensidad del dolor durante las curas en niños y adolescentes, especialmente en procedimientos prolongados. Muestra total 183 niños y adolescentes; EEUU, Australia.<br><br>Menor uso de analgesia de rescate (un ensayo).                                                                                            |
| <b>Lauwens et al., 2020</b>         | Bélgica      | Revisión sistemática metaanálisis (pediatría; curas)                      | +PubMed<br>Embase<br>CINAHL                             | ECA paralelos (2), intrasujeto (4), series de casos (2)                              | 8  | Hasta 22 de marzo de 2020 | RV inmersiva reduce intensidad del dolor. Muestra total 142 pacientes; EEUU, Australia, Taiwan, Brasil, Países Bajos.<br><br>Metaanálisis mostró efecto significativo y clínicamente relevante (conjunto pequeño).                                                                                                               |

## RESULTADOS

|                           |        |                                                                           |                                                                                                                                                          |                                      |    |                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------|--------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|----|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ivars Crespo et al., 2020 | España | Revisión sistemática (adultos y niños; curas y fisioterapia)              | PubMed<br>Cochrane<br>Scopus<br>SciELO<br>Dialnet<br>CUIDEN                                                                                              | ECA paralelos (3) e intrasujeto (14) | 17 | Hasta 20 febrero 2020  | RV inmersiva reduce intensidad del dolor durante las curas y la fisioterapia. Muestra total 548 pacientes; EEUU, Australia, Taiwan, Sudafrica, Países Bajos, Alemania.<br><br>La mayoría de los estudios (de los 5 que medían ansiedad) objetivaron una disminución con RV, aunque no estadísticamente significativa.                                                                         |
| Luo et al., 2018          | China  | Revisión sistemática metaanálisis (adultos y niños; curas y fisioterapia) | PubMed<br>Embase<br>Cochrane                                                                                                                             | ECA paralelos (3) e intrasujeto (10) | 13 | Hasta febrero 2018     | RV inmersiva reduce intensidad del dolor, la aversión y el tiempo pensando en dolor. Muestra total 362 pacientes; EEUU, Australia, Taiwan, Países Bajos, Sudáfrica.<br><br>RV inmersiva percibida más divertida.                                                                                                                                                                              |
| Scapin et al., 2018       | Brasil | Revisión sistemática (adultos y niños; curas y fisioterapia)              | PubMed<br>Web of Science<br>Scopus<br>PsycInfo<br>Lilacs<br>BDENF<br>SciELO<br>CINAHL<br>Academic Search Complete<br>Google Scholar                      | ECA paralelos (18), intrasujeto (5)  | 34 | 2000 hasta agosto 2016 | RV reduce intensidad del dolor, aversión y tiempo pensando en dolor durante las curas y la fisioterapia. EEUU, Australia, Países Bajos, China, Alemania, África, Taiwan<br><br>La RV no disminuye su eficacia con el uso repetido.<br><br>La RV no mejora el rango de movimiento en fisioterapia.<br><br>La RV acelera la epitelización de la herida en varios estudios pediátricos (Ditto™). |
| Morris et al., 2009       |        | Revisión sistemática (adultos y niños; curas y fisioterapia)              | PubMed<br>CINAHL<br>Cochrane<br>BIOMED<br>Central PEDro<br>Science Direct<br>PsycINFO<br>Proquest<br>IngentaConnect<br>SportDiscus<br>ClinicalTrials.gov | ECA paralelos (4) e intrasujeto (5)  | 9  | 2000 hasta enero 2008  | RV reduce significativamente el dolor en la mayoría de los estudios. Muestra total: 152 pacientes; EEUU, Australia, China, Países Bajos.<br><br>La evidencia sobre la reducción de la ansiedad es más limitada (medida sólo en 3 estudios)<br><br>No fue posible metaanálisis por la heterogeneidad de los estudios.                                                                          |



## **5. DISCUSIÓN**

## 5. DISCUSIÓN

Este trabajo evaluó la factibilidad, aceptabilidad, usabilidad y eficacia de la RV como coadyuvante en el manejo del dolor agudo procedimental en pacientes con quemaduras.

### 5.1 UNIDAD DE QUEMADOS

#### 5.1.1 Perfil de la muestra

La UEQ del Hospital Vall d'Hebron es centro de referencia para Cataluña, Baleares y Andorra y atiende casos de alta complejidad con un enfoque multidisciplinar.

La distribución por sexo, edad y situación laboral de los participantes fue coherente con el perfil habitual de ingreso en la unidad, con predominio de varones en edad laboral activa y lesiones vinculadas a accidentes en el trabajo. En este sentido, la muestra puede considerarse representativa del perfil local de adultos hospitalizados por quemaduras.

Se registraron tanto la SCQ como la profundidad de las lesiones. Nuestros valores se sitúan dentro del espectro descrito en la literatura sobre RV en quemados (Luo et al., 2019). Mientras que la SCQ suele informarse con mayor regularidad, aunque de forma heterogénea, la profundidad solo se reporta de manera puntual en algunos ensayos. Aportar ambos parámetros en este estudio favorece la comparación con investigaciones previas y aporta información ajustada a la práctica clínica de nuestro entorno.

La necesidad analgésica fue elevada, como es habitual en este contexto. Pese a un tratamiento basal multimodal y al uso frecuente de medicación de rescate, el dolor procedimental persistía de manera relevante durante las curas, lo que refuerza la pertinencia de explorar coadyuvantes no farmacológicos como la RV para mejorar la experiencia analgésica y limitar, potencialmente, la exposición a opioides y sus efectos adversos.

#### 5.1.2 Variable principal y variables secundarias

En la muestra analizada, la RV se asoció con descensos estadísticamente significativos del dolor máximo ( $-1,25$  puntos;  $-20\%$ ;  $d = 0,46$ ) y del dolor promedio ( $-1,17$  puntos;  $-21\%$ ;  $d = 0,47$ ). Que ambos indicadores apunten en la misma dirección refuerza la consistencia del hallazgo: el dolor máximo recoge el pico de sufrimiento del procedimiento (índice que suele asociarse a mayor interferencia funcional), mientras que el dolor promedio refleja la carga global de dolor durante la cura. La convergencia de ambos, pese a una analgesia farmacológica intensiva de base, sugiere un efecto aditivo de la RV sobre la atención estándar.

Estos resultados son coherentes con los metaanálisis disponibles: en población pediátrica hospitalizada durante las curas se ha descrito un tamaño del efecto grande

a favor de la RV (Lauwens et al., 2020), y el metaanálisis de Czech et al. (2022), centrado en curas y rehabilitación postquemadura en población mixta, estimó un efecto global moderado ( $d \approx -0,49$ ), con beneficios mayores cuando la RV era inmersiva. En la misma línea, la evidencia clínica pionera y las revisiones del grupo de Hoffman respaldan la utilidad de la RV como coadyuvante analgésico en curas de quemados (Hoffman et al., 2000; Hoffman et al., 2020). Dado el carácter piloto y el tamaño muestral reducido, estas diferencias se interpretan como evidencia preliminar obtenida en condiciones reales de nuestra UEQ, alineada con la literatura previa.

En la dimensión cognitiva, el dolor compite por recursos atencionales limitados (Eccleston & Crombez, 1999). En nuestra Unidad de Quemados, los pacientes informaron de pasar mucho menos tiempo pensando en el dolor durante las curas con RV, con un descenso significativo de la rumiación ( $M = 2,83$  vs.  $5,92$ ;  $d = 1,15$ ). Esta reducción concuerda con estudios clínicos que ya habían documentado mejoras relevantes en este componente, como el ensayo de Carrougher et al. (2009) en fisioterapia, donde el tiempo pensando en el dolor disminuyó un 37%, o el de Maani et al. (2011) en 12 soldados con quemaduras de combate, con reducciones de hasta el 70%. Sin embargo, los resultados no siempre han sido consistentes.

La literatura muestra descensos claros en rehabilitación (Carrougher et al., 2009; Soltani et al., 2018) y resultados variables en curas (Hoffman et al., 2008, 2020). Los metaanálisis (Lou et al., 2024; Luo et al., 2019) apuntan a un efecto global favorable pero con heterogeneidad alta. Esta variabilidad se atribuye al contexto clínico, la intensidad basal del dolor, el diseño del estudio, las características técnicas de la RV, la duración de la exposición y el perfil de la muestra. Por ello, este desenlace, menos estudiado que la intensidad del dolor, debe interpretarse con cautela y seguir evaluándose de forma sistemática. Estas diferencias ayudan a explicar por qué la evidencia, aunque prometedora, no es aún concluyente.

El componente afectivo del dolor refleja el carácter desagradable de la experiencia y está moldeado por factores diversos, como la ansiedad, la anticipación, o las huellas que dejan experiencias dolorosas previas en la memoria y el aprendizaje del individuo (Hoffman et al., 2020). Desde esta perspectiva, la reducción de la aversión observada en nuestro estudio ( $M = 4,50$  vs.  $6,25$ ;  $d = 0,66$ ) muestra que la RV no solo modula la intensidad del dolor, sino también esa vertiente de malestar ligada al recuerdo y a la expectativa, más difícil de abordar con fármacos. Ensayos previos han descrito descensos semejantes en este componente durante curas y fisioterapia (Carrougher et al., 2009; Soltani et al., 2018), y la revisión de Scapin et al. (2018) subraya que esta dimensión, aunque menos estudiada y con resultados heterogéneos, merece atención como parte integral del alivio del dolor en pacientes con quemaduras.

En la dimensión emocional, la ansiedad procedimental mostró en nuestro estudio una reducción significativa ( $M = 4,00$  vs.  $5,67$ ;  $d = 0,65$ ). Actuar sobre esta variable tiene relevancia clínica, ya que la ansiedad amplifica el dolor y, al igual que la aversión, se relaciona con anticipación, miedo o experiencias previas (Hoffman et al., 2020). Se ha descrito también que la RV puede funcionar como un ansiolítico no farmacológico, reduciendo tanto la ansiedad autorreportada como parámetros fisiológicos como la presión arterial o la frecuencia cardíaca, en diferentes procedimientos médicos (Hitching et al., 2023). Sin embargo, la evidencia sistemática sobre ansiedad en quemados es aún limitada: el metaanálisis de Czech et al. (2022) no pudo sintetizar resultados por la combinación de heterogeneidad, bajo número de estudios y reporte inconsistente. Conviene además diferenciar la ansiedad procedimental, que se activa durante la cura, de la preprocedimental, de carácter anticipatorio y menos estudiada. Algunos autores sugieren que la RV podría aplicarse también en esa fase previa, del mismo modo que otras intervenciones psicológicas se emplean para preparar a los pacientes antes de procedimientos repetidos. Para clarificar la magnitud y los moderadores de este efecto, futuros ensayos deberían incluir medidas estandarizadas y diferenciadas de ansiedad pre y procedimental, y reportarlas de forma compatible con síntesis cuantitativas.

Un hallazgo llamativo fue el cambio en la vivencia temporal: en la condición habitual los pacientes sobrestimaron la duración de la cura ( $M = 14,42$ ;  $DE = 24,60$ ), mientras que con RV tendieron a subestimarla ( $M = -7,25$ ;  $DE = 18,95$ ), con un efecto de gran magnitud ( $d = 0,99$ ;  $p = 0,033$ ). Que un procedimiento tan doloroso se viva como más breve no es un detalle menor, sino una ganancia clínica en términos de sufrimiento global. Aunque apenas explorada en trabajos previos (Schneider et al., 2011), esta dimensión abre una vía interesante sobre cómo la RV puede influir en la calidad temporal del dolor agudo..

En conjunto, y dado el carácter exploratorio que incluía partir de un tamaño muestral reducido, estos resultados deben entenderse como evidencia de eficacia preliminar. Se sitúan en la línea de la literatura previa y son congruentes con las hipótesis planteadas al inicio del estudio.

### **5.1.3 Factibilidad, aceptabilidad y usabilidad**

Ningún paciente interrumpió la experiencia ni precisó retirar el dispositivo antes de finalizar, y tampoco se registraron incidencias técnicas, lo que sugiere una buena tolerabilidad del sistema. Solo se produjo un episodio leve y transitorio de náusea al inicio, en un único paciente, sin necesidad de interrumpir la sesión, en línea con lo descrito en revisiones sistemáticas previas (de Jesus Catalã et al., 2022; Scapin et al., 2018).

Desde la perspectiva del paciente, la experiencia se valoró de forma favorable: el sistema se percibió como fácil de usar y no supuso una carga adicional, pese a la duración media de las curas y a su carácter doloroso. La sensación de inmersión y la percepción de “estar dentro” del mundo virtual facilitaron tomar distancia de la vivencia dolorosa y aportaron disfrute a una experiencia que, de otro modo, resulta intensamente desagradable.

Las respuestas abiertas apuntaron a tres temas principales: relajación y alivio emocional (con menciones a la música y a la “atmósfera fría”); distracción e implicación durante la cura; y atractivo estético y carácter lúdico del entorno. La valoración del entorno frío es coherente con el diseño deliberado de *SnowWorld* como antítesis del fuego, concebido para contrarrestar las imágenes del incendio que muchos pacientes refieren revivir durante las curas (Hoffman et al., 2020). Situar al paciente en un escenario helado, seguro y controlable no solo favorece la distracción, sino que también podría atenuar la reexperimentación, reforzando la doble dimensión analgésica y psicológica de la intervención.

Los aspectos menos valorados señalan áreas de mejora: algunos pacientes refirieron incomodidad con la mecánica de “lanzar objetos a animales” o cierta monotonía del escenario, lo que sugiere diversificar contenidos y modalidades de interacción. Las molestias puntuales por el ajuste del dispositivo apuntan a mejoras de ergonomía y confort, abordables, posiblemente, con equipos de diseño más actual.

Desde la perspectiva del equipo de enfermería, la intervención fue bien acogida. El personal valoró con altas puntuaciones la satisfacción y la utilidad clínica, señaló interferencia mínima durante la cura y mostró disposición unánime a volver a utilizar la RV en sesiones futuras. En la literatura, la evaluación directa por parte de profesionales sigue siendo escasa, con algunos precedentes en población pediátrica (Xiang et al., 2021), por lo que estos datos aportan evidencia novedosa en un entorno hospitalario de adultos.

En conjunto, los hallazgos apoyan la viabilidad operativa de la RV en la práctica clínica, con buena aceptación tanto por parte de los pacientes como de los profesionales.

## 5.2 UNIDAD DEL DOLOR

### 5.2.1 Perfil de la muestra

La Unidad del Dolor del Hospital Vall d’Hebron, integrada en el Servicio de Anestesiología, atiende a pacientes con dolor agudo y crónico mediante un abordaje multidisciplinar, tanto en consultas externas, interconsulta hospitalaria como en hospital de día.

En este contexto, la muestra incluyó 24 pacientes con DNP refractario, susceptibles de tratamiento con capsaicina, distribuidos de forma equilibrada entre condición con RV y grupo control. La muestra estuvo compuesta mayoritariamente por mujeres y la edad media se situó en la sexta década de la vida. Ninguno de los participantes estaba laboralmente activo, un patrón que refleja la limitación funcional y la pérdida de calidad de vida que habitualmente acompañan al dolor neuropático crónico (Jensen et al., 2007).

Los valores elevados en catastrofismo (PCS >30) se asocian en la literatura con peor tolerancia al dolor, mayor malestar emocional y mayor riesgo de cronificación (Sullivan et al., 2001). En paralelo, los niveles de ansiedad en rango limítrofe y de depresión en valores moderados observados en la muestra coinciden con el malestar emocional y la afectación psicológica descrita en estos pacientes (Vieira et al., 2024). La calidad de vida se situó igualmente en niveles bajos, en línea con el impacto global documentado en población con dolor neuropático.

En conjunto, este perfil sitúa la muestra en consonancia con la literatura sobre dolor neuropático crónico, caracterizado por limitación funcional y malestar psicológico acumulado, y resulta representativo de los pacientes atendidos en la Unidad del Dolor con indicación de capsaicina.

### 5.2.2 Variable principal y secundarias.

En la aplicación de capsaicina, la condición con RV se asoció con descensos significativos frente a la atención habitual en todas las variables analizadas: dolor máximo, dolor promedio, rumiación, aversión y ansiedad (todas  $p < 0,001$ ), con tamaños del efecto muy grandes ( $r = 0,79-0,86$ ).

Más allá de la magnitud estadística, el patrón es clínicamente relevante: la reducción simultánea de la dimensión sensorial (dolor máximo y promedio) y de los componentes cognitivo (rumiación), emocional (aversión) y la ansiedad procedimental. Este patrón adquiere relevancia clínica al producirse en pacientes con dolor neuropático crónico de base y niveles elevados de catastrofismo, un perfil habitualmente vinculado a mayor sufrimiento y peor respuesta analgésica.

Estos hallazgos son coherentes con la evidencia previa que respalda la efectividad de la RV en el manejo del dolor procedimental en pacientes con quemaduras, y extienden su aplicación a un ámbito menos explorado como es el dolor neuropático crónico.

Más allá del alivio del dolor, la reducción de ansiedad y rumiación resulta especialmente significativa, dado que ambas variables están estrechamente relacionadas con la intensificación de la experiencia dolorosa y con una menor implicación en el tratamiento. Al favorecer el compromiso y aportar un alivio emocional en un contexto de estimulación intensa, la RV puede interrumpir este círculo negativo y mejorar la vivencia global del procedimiento.

No obstante, conviene subrayar las limitaciones metodológicas: el diseño intersujeto, el tamaño reducido de la muestra y pequeñas diferencias basales entre grupos obligan a interpretar los resultados con cautela. Futuras investigaciones con muestras más amplias y estratificación por variables psicológicas podrían precisar mejor la magnitud y los moderadores de este efecto.

nuestros hallazgos enlazan con la evidencia experimental previa. Hughes et al. (2019) habían mostrado en voluntarios sanos que la RV podía reducir el dolor inducido por capsaicina en un modelo de laboratorio. El presente estudio da un paso más al trasladar ese beneficio a un contexto hospitalario y a una muestra clínica con dolor neuropático crónico, reforzando así la idea de que la RV puede desempeñar un papel coadyuvante en procedimientos especialmente dolorosos.

### 5.2.3 Factibilidad, aceptabilidad y usabilidad

Todos los pacientes completaron los 60 minutos de aplicación de capsaicina con RV sin interrupciones ni retirada anticipada del equipo. La intervención mostró una buena tolerabilidad: las puntuaciones de náusea fueron prácticamente nulas (EVN  $M = 0,3$ ;  $DE = 1,2$ ) y se registró únicamente un episodio leve y aislado de mareo al inicio, que no requirió interrumpir la sesión.

La herramienta se percibió fácil de utilizar ( $M = 8,6$ ;  $DE = 1,7$ ) y con una clara sensación de estar presente en el entorno virtual ( $M = 7,5$ ;  $DE = 2,0$ ). La variable disfrute alcanzó puntuaciones igualmente altas ( $M = 8,5$ ;  $DE = 1,5$ ). En conjunto, estos hallazgos indican que la RV, además de bien tolerada, añadió un componente positivo a la vivencia del procedimiento, ayudando a atravesar una experiencia dolorosa con menor carga de malestar. Este patrón coincide con lo descrito en revisiones sistemáticas y metaanálisis en población con quemaduras, donde se ha documentado un impacto positivo sobre la satisfacción y la disposición a completar el tratamiento (Scapin et al., 2018; Lauwens et al., 2020; Czech et al., 2022).

En las valoraciones cualitativas recogidas a partir de preguntas específicas, los aspectos positivos emergieron en la misma línea que en el Estudio 1. Se mencionaron la relajación y el alivio emocional ( $n = 4$ ), con comentarios que destacaban el contraste entre el escenario frío del mundo virtual y la sensación de calor provocada por la capsaicina. También se subrayó la distracción y la posibilidad de implicarse en un escenario alternativo ( $n = 5$ ), lo que permitía al paciente tomar distancia del marco doloroso del procedimiento. En una tercera línea temática, se valoraron elementos vinculados a la estética y al carácter lúdico del contenido ( $n = 3$ ). La mención espontánea al escenario frío encajaba con el propósito original del diseño de SnowWorld y con la lógica ya explorada en estudios con pacientes con quemaduras: situar al paciente en un entorno helado, seguro y controlable, en contraste con la experiencia dolorosa (de Jesus Catalã et al., 2022; Hoffman et al., 2000).

Los aspectos menos valorados, de nuevo similares a los observados en el Estudio 1, señalaron posibles mejoras pragmáticas. El peso del equipo fue la queja más repetida ( $n = 6$ ), probablemente percibido con mayor intensidad en esta muestra porque algunos pacientes permanecían sentados durante el procedimiento, a diferencia de los pacientes en la UEQ que solían encontrarse en decúbito. En menor medida se mencionaron la calidad de imagen ( $n = 2$ ) y, en un caso, la percepción de que el contenido era “infantil” ( $n = 1$ ). Aunque minoritarios, estos matices orientan áreas de mejora técnica y de diseño (ergonomía, nitidez visual, diversificación de contenidos) que podrían optimizar la experiencia sin alterar la lógica terapéutica del entorno.

En síntesis, los datos convergen en una experiencia bien aceptada, bien tolerada y fácil de utilizar, coherente con lo observado en la UEQ y con la evidencia previa. Además, el hecho de haberse podido implementar en condiciones habituales de práctica clínica en un hospital de día respalda la viabilidad operativa de la RV también en este ámbito hospitalario, en consonancia con las hipótesis iniciales y con la literatura disponible.

### 5.3 LECTURA INTEGRADA

Considerados en conjunto, los dos estudios empíricos de esta tesis convergen en tres constantes: la viabilidad operativa de la RV en dos marcos de práctica clínica complementarios; una aceptación elevada y una tolerabilidad consistente, sin retiradas por malestar y con efectos adversos mínimos, en línea con la baja incidencia de *cybersickness* descrita en equipos de RV actuales y con la buena acogida en entornos hospitalarios (Caserman et al., 2021; Dreesmann et al., 2022; Furness et al., 2019; Trost et al., 2021); un beneficio clínicamente relevante durante los

procedimientos que abarca tanto la intensidad del dolor como sus componentes cognitivos y emocionales, junto con la reducción de la ansiedad procedimental.

En conjunto, los hallazgos sugieren que la RV se integra bien en el circuito asistencial y contribuye a mejorar la vivencia del procedimiento en varias dimensiones.

Las diferencias en población y contexto asistencial ayudan a matizar los resultados: la UEQ, más variable y exigente (dinámica de las curas, heterogeneidad en extensión de las lesiones, alta carga dolorosa del procedimiento), muestra efectos significativos con mayor variabilidad; la Unidad del Dolor, con un procedimiento más estandarizado y estable, arrojó efectos más intensos y uniformes. Aun con estas diferencias, en ambos marcos se observa una mejora de la experiencia global del procedimiento.

De cara a la implantación, emergen mejoras alcanzables: ergonomía del equipo (pes y ajuste), nitidez y calibrado, y adecuación de contenidos al perfil adulto. La rápida evolución tecnológica hace prever que estas barreras se reduzcan, facilitando su incorporación rutinaria cuando sea clínicamente pertinente. En conjunto, los resultados son coherentes con las hipótesis iniciales y con la evidencia secundaria revisada.

Además de los dos estudios empíricos, la Revisión de la literatura sobre metaanálisis y revisiones sistemáticas (Estudio 3) incluida en esta tesis refuerza estos hallazgos. Esta revisión se planteó con el objetivo de situar los resultados en el estado del arte y valorar la consistencia de los efectos de la RV sobre el dolor agudo por quemaduras. Al centrarse en revisiones sistemáticas y metaanálisis, permitió integrar la evidencia acumulada, comparar modalidades tecnológicas y detectar vacíos metodológicos que contextualizan y amplían la lectura de los estudios empíricos. En conjunto, estos datos secundarios documentan reducciones consistentes del dolor procedimental, junto con beneficios adicionales en ansiedad y disfrute, y un perfil de seguridad favorable.

## 5.4 INTERPRETACIÓN A LA LUZ DE LA EVIDENCIA PREVIA

La literatura disponible sitúa la RV como un coadyuvante eficaz en el manejo del dolor procedimental en pacientes con quemaduras, con beneficios consistentes en población pediátrica y adulta, especialmente cuando la tecnología es inmersiva e interactiva (Czech et al., 2022; Lauwens et al., 2020; Lou et al., 2024; Luo et al., 2019; Savaş et al., 2023; K. L. Smith et al., 2022). Este patrón encaja con los resultados de los dos estudios empíricos de esta tesis, que muestran una integración factible en la práctica clínica y mejoras en la vivencia del procedimiento que trascienden la dimensión sensorial del dolor.

Los efectos analgésicos observados reflejan la capacidad de la RV de redirigir recursos atencionales y emocionales lejos del input nociceptivo, en línea con la teoría de la compuerta del dolor (Eccleston & Crombez, 1999; Melzack & Wall, 1965). A diferencia de métodos tradicionales de distracción como la música o la imaginación guiada, los entornos inmersivos de RV activan múltiples canales sensoriales y demandan una mayor implicación cognitiva, lo que puede reforzar su potencial analgésico (Dahlquist et al., 2007; Hoffman et al., 2008; Trost et al., 2021). En este sentido, el uso de un entorno como *SnowWorld*, con paisajes fríos que contrastan con

la sensación de calor propia de los procedimientos, puede haber potenciado el efecto. Estudios previos ya han mostrado que la incongruencia sensorial entre estímulos visuales y térmicos modula la percepción del dolor mediante procesos *top-down* (Hoffman et al., 2008, 2019). La literatura también sugiere que diferencias individuales en sistemas inhibitorios descendentes podrían modular la respuesta a la RV, hipótesis relevante más allá del mecanismo distractor y abierta a trabajos futuros (Hughes et al., 2019).

La aceptabilidad y la usabilidad han sido destacadas de forma reiterada en la literatura, con pacientes que refieren alta inmersión, disfrute y disposición a repetir, factores que se asocian a mejores resultados analgésicos y que refuerzan su viabilidad clínica (Lou, 2024; Smith, 2021; Dreesmann, 2022; Furness, 2019). Los aspectos menos valorados, como el peso del dispositivo o la nitidez de la imagen, coinciden con lo descrito en otras series (Czech, 2022) y apuntan a mejoras técnicas alcanzables.

En cuanto a la seguridad, los estudios describen una baja incidencia de cibersíntomas con los visores actuales, en general leves y transitorios (Caserman, 2021; Czech, 2022; Scapin, 2018). En esta tesis, la incidencia fue mínima, limitada a valores muy bajos de náusea y a un episodio leve de mareo en un paciente, lo que refuerza la buena tolerabilidad. No obstante, la mayoría de ensayos, incluidas nuestras experiencias clínicas, se han centrado en exposiciones únicas. Será necesario que estudios prolongados monitoricen tolerabilidad acumulada, habituación y posibles señales de uso excesivo o dependencia, especialmente en poblaciones vulnerables (Barreda-Ángeles & Hartmann, 2022).

En conjunto, la evidencia disponible refuerza que la RV aporta beneficios clínicos consistentes en dolor procedimental por quemaduras, cuenta con una alta aceptación y tolerabilidad, y presenta áreas de mejora pragmática que la evolución tecnológica probablemente permitirá solventar. Las prioridades para la investigación pasan por ensayos multicéntricos con muestras más amplias, comparaciones directas entre diferentes entornos virtuales y la exploración de moderadores psicológicos y clínicos que permitan personalizar la intervención.

## 5.5 FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Los dos estudios comparten varias fortalezas que merecen destacarse. Haberse realizado en dos marcos clínicos distintos como una unidad de alta complejidad y un hospital de día aporta solidez ecológica y sugiere que la RV puede adaptarse a contextos asistenciales diversos.

El diseño metodológico se ajustó a cada escenario: intrasujeto contrabalanceado en las curas, lo que permitió controlar la variabilidad interindividual, y entre sujetos en la aplicación de capsicina, un procedimiento un procedimiento que no podía repetirse en la misma persona en un plazo breve.

A ello se suma una evaluación amplia, que no se limitó al dolor sensorial, sino que incluyó variables cognitivas y emocionales, la ansiedad intraprocedimiento, y en el primer estudio permitió además valorar la percepción del tiempo. Se recogió también la opinión subjetiva de los pacientes y, en la unidad de quemados, la de los profesionales de enfermería, lo que ofrece una visión complementaria poco explorada en ensayos previos. Esta mirada multidimensional, enriquecida con comentarios

cualitativos, aporta claves sobre el modo en que la RV influye en la experiencia clínica.

El perfil de aceptabilidad y tolerabilidad fue favorable: los pacientes completaron las sesiones, las puntuaciones de disfrute y facilidad de uso fueron altas y los efectos adversos mínimos. Este patrón coincide con lo descrito en revisiones y ensayos previos en pacientes con quemaduras, donde los síntomas asociados a la RV suelen ser leves y transitorios. Además, la dirección y magnitud de los efectos observados se alinean con lo sintetizado en metaanálisis y estudios clínicos, lo que refuerza la coherencia externa de los resultados.

Las limitaciones, sin embargo, son claras. El tamaño reducido de las muestras limita la potencia estadística, la generalización y la posibilidad de análisis por subgrupos. Este aspecto no es exclusivo de los presentes ensayos, sino que refleja una tónica en la literatura sobre RV en dolor agudo en pacientes con quemaduras, donde la mayoría de ensayos clínicos incluyen muestras pequeñas debido a las dificultades de reclutamiento y a las exigencias logísticas que acompañan la intervención (espacios, control de infecciones, equipamiento específico y tiempos de preparación). Cuando se alcanzan tamaños más amplios suele ser en el marco de proyectos con infraestructuras muy específicas y recursos adicionales (p. ej., sistemas adaptados como brazos articulados que permiten evitar cascos en pacientes con grandes quemaduras en cabeza o cuello). En este contexto, los estudios aquí presentados se sitúan en la línea de la evidencia disponible: aportan señales de eficacia y aceptabilidad, pero subrayan la necesidad de ensayos multicéntricos que permitan superar estas barreras y refinar la estimación de los efectos.

Los diseños y los contextos clínicos también fueron distintos, lo que dificulta la comparación directa entre los dos estudios. En el segundo se detectaron pequeñas diferencias basales en dolor y catastrofismo que, aunque no significativas, podrían haber influido en los resultados. En futuras réplicas sería recomendable ajustar por covariables y explorar si determinados perfiles de pacientes se benefician más que otros.

Otra limitación común es que ambos ensayos se centraron en una única sesión a corto plazo, sin posibilidad de valorar la persistencia de los beneficios ni la tolerabilidad acumulada en usos repetidos. La literatura reclama estudios con seguimientos prolongados que permitan monitorizar fenómenos como la habituación o el posible uso excesivo. En esta misma línea, más allá del marco inmediato del procedimiento, resulta plausible que intervenciones capaces de modular tanto el dolor como la ansiedad puedan influir también en la cronificación del dolor y en la aparición de complicaciones psicológicas a medio plazo. Aunque esta hipótesis no se evaluó en la presente tesis, constituye un aspecto clínicamente relevante que justifica la realización de seguimientos longitudinales en estudios futuros.

Tampoco se incluyeron medidas fisiológicas objetivas (frecuencia cardíaca, presión arterial), que podrían haber complementado los autoinformes y reforzado la validez de los resultados.

Por último, la intervención se apoyó en un contenido y un dispositivo concretos (*SnowWorld* con *HTC Vive*). Los comentarios de los pacientes sobre el peso del equipo y la calidad de imagen, coincidentes con lo descrito en otras series, apuntan a

áreas de mejora técnica. También queda abierta la cuestión de si distintos tipos de entornos pueden modular de manera diferencial la experiencia del dolor. Al tratarse de estudios de un único centro, los resultados reflejan además las condiciones organizativas locales, lo que limita su extrapolación.

En síntesis, los estudios ofrecen evidencia preliminar de que la RV es factible y bien aceptada en entornos hospitalarios distintos, con beneficios clínicamente relevantes y un perfil de seguridad favorable, aunque las limitaciones metodológicas y contextuales invitan a interpretar los resultados con cautela y a plantear investigaciones multicéntricas con muestras más amplias y seguimientos más largos.

## **6. CONCLUSIONES**

## 6. CONCLUSIONES

Los tres estudios desarrollados en esta tesis aportan evidencia convergente sobre la utilidad de la RV como coadyuvante en el manejo del dolor agudo en pacientes con quemaduras. En la UEQ, la intervención se mostró factible y aceptable en un entorno de alta complejidad, con beneficios sobre la intensidad del dolor, la rumiación, la aversión, la ansiedad y la vivencia temporal de las curas. En la Unidad del Dolor, durante un procedimiento intervencionista con capsaicina, la RV confirmó mejoras consistentes en el dolor y en los mismos dominios afectivo-cognitivos, en una muestra especialmente vulnerable por sus niveles elevados de catastrofismo y su condición previa de dolor crónico refractario.

La revisión estructurada de revisiones sistemáticas y metaanálisis refuerza y amplía estos hallazgos, al mostrar que los beneficios observados en los estudios clínicos son coherentes con la evidencia acumulada en pacientes con quemaduras, tanto en población pediátrica como adulta. La literatura respalda de forma consistente la reducción del dolor en procedimientos tan dolorosos como las curas, junto con mejoras en ansiedad y disfrute, y confirma un perfil de seguridad favorable, aunque también subraya la heterogeneidad metodológica y la necesidad de estandarizar intervenciones y comparadores.

En conjunto, los tres estudios sostienen que la RV podría integrarse en la práctica asistencial sin interferir en el flujo clínico, con una aceptación elevada por parte de pacientes y profesionales y con efectos clínicamente relevantes que trascienden la dimensión sensorial del dolor.

Al mismo tiempo, ponen de relieve limitaciones metodológicas, tamaños muestrales reducidos, ausencia de enmascaramiento y falta de seguimiento longitudinal, que obligan a interpretar los resultados con cautela y a impulsar nuevas investigaciones multicéntricas con muestras mayores y seguimientos más prolongados.

Estos hallazgos permiten concluir que la RV constituye una herramienta prometedora en el abordaje multimodal del dolor agudo en pacientes hospitalizados con quemaduras, con un potencial de implementación que la evolución tecnológica y la consolidación de la evidencia probablemente facilitarán en los próximos años.

## **7.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaron, L. A., Patterson, D. R., Finch, C. P., Carrougher, G. J., & Heimbach, D. M. (2001). The utility of a burn specific measure of pain anxiety to prospectively predict pain and function: A comparative analysis. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 27(4), 329-334. [https://doi.org/10.1016/s0305-4179\(00\)00143-1](https://doi.org/10.1016/s0305-4179(00)00143-1)
- Aghakhani, N., Faraji, N., Alinejad, V., Goli, R., & Kazemzadeh, J. (2022). The effect of guided imagery on the quality and severity of pain and pain-related anxiety associated with dressing changes in burn patients: A randomized controlled trial. *Burns*, 48(6), 1331-1339. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2021.11.020>
- Alemanno, F., Houdayer, E., Emedoli, D., Locatelli, M., Mortini, P., Mandelli, C., Raggi, A., & Iannaccone, S. (2019). Efficacy of virtual reality to reduce chronic low back pain: Proof-of-concept of a non-pharmacological approach on pain, quality of life, neuropsychological and functional outcome. *PLOS ONE*, 14(5), e0216858. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216858>
- Asadzadeh, A., Samad-Soltani, T., Salahzadeh, Z., & Rezaei-Hachesu, P. (2021). Effectiveness of virtual reality-based exercise therapy in rehabilitation: A scoping review. *Informatics in Medicine Unlocked*, 24, 100562. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100562>
- Badia, X., Muriel, C., Gracia, A., Manuel Núñez-Olarte, J., Perulero, N., Gálvez, R., Carulla, J., & S. Cleeland, C. (2003). Validación española del cuestionario Brief Pain Inventory en pacientes con dolor de causa neoplásica. *Medicina Clínica*, 120(2), 52-59. [https://doi.org/10.1016/S0025-7753\(03\)73601-X](https://doi.org/10.1016/S0025-7753(03)73601-X)
- Bargeri, S., Scalea, S., Agosta, F., Banfi, G., Corbetta, D., Filippi, M., Sarasso, E., Turolla, A., Castellini, G., & Gianola, S. (2023). Effectiveness and safety of virtual reality

- rehabilitation after stroke: An overview of systematic reviews. *EClinicalMedicine*, 64, 102220. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2023.102220>
- Barreda-Ángeles, M., & Hartmann, T. (2022). Psychological benefits of using social virtual reality platforms during the covid-19 pandemic: The role of social and spatial presence. *Computers in Human Behavior*, 127, 107047. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.107047>
- Berna, C. J. M. P. R. (2023). What Are Mind-Body Practices? (Fact Sheet). *International Association for the Study of Pain (IASP)*. [https://www.iasp-pain.org/wp-content/uploads/2023/07/mind-body-practices-fact-sheet\\_R1.pdf](https://www.iasp-pain.org/wp-content/uploads/2023/07/mind-body-practices-fact-sheet_R1.pdf)
- Bittner, E. A., Shank, E., Woodson, L., & Martyn, J. A. J. (2015). Acute and perioperative care of the burn-injured patient. *Anesthesiology*, 122(2), 448-464. <https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000000559>
- Botella, C., Baños, R. M., García-Palacios, A., & Quero, S. (2017). Virtual Reality and Other Realities. En *The Science of Cognitive Behavioral Therapy* (pp. 551-590). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803457-6.00022-2>
- Bozorg-Nejad, M., Azizkhani, H., Mohaddes Ardebili, F., Mousavi, S. K., Manafi, F., & Hosseini, A. F. (2018). The Effect of Rhythmic Breathing on Pain of Dressing Change in Patients with Burns Referred to Ayatollah Mousavi Hospital. *World Journal of Plastic Surgery*, 7(1), 51-57.
- Brown, N. J., Kimble, R. M., Rodger, S., Ware, R. S., & Cuttle, L. (2014). Play and heal: Randomized controlled trial of Ditto™ intervention efficacy on improving re-epithelialization in pediatric burns. *Burns*, 40(2), 204-213. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2013.11.024>
- Burdea, Georges C., & Coiffet, Philippe. (2003). *Virtual Reality Technology* (2ª edición (Second edition)). Wiley-Interscience. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780471723752>

- Carrougher, G. J., Hoffman, H. G., Nakamura, D., Lezotte, D., Soltani, M., Leahy, L., Engrav, L. H., & Patterson, D. R. (2009). The Effect of Virtual Reality on Pain and Range of Motion in Adults With Burn Injuries. *Journal of burn care & research : official publication of the American Burn Association*, 30(5), 785-791. <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3181b485d3>
- Caserman, P., Garcia-Agundez, A., Gámez Zerban, A., & Göbel, S. (2021). Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: Systematic review and outlook. *Virtual Reality*, 25(4), 1153-1170. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00513-6>
- Castro Torres, G. R. C., Mendoza, K. J. R., & Chavarría, V. I. H. (2023). Manejo del dolor en el paciente adulto con trauma por quemadura. *Revista Medica Sinergia*, 8(5), Article 5. <https://doi.org/10.31434/rms.v8i5.1035>
- Chan, E., Foster, S., Sambell, R., & Leong, P. (2018). Clinical efficacy of virtual reality for acute procedural pain management: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE*, 13(7), e0200987. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200987>
- Chester, S. J., Tyack, Z., De Young, A., Kipping, B., Griffin, B., Stockton, K., Ware, R. S., Zhang, X., & Kimble, R. M. (2018). Efficacy of hypnosis on pain, wound-healing, anxiety, and stress in children with acute burn injuries: A randomized controlled trial. *Pain*, 159(9), 1790-1801. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000001276>
- Czech, O., Wrzeciono, A., Batalík, L., Szczepańska-Gieracha, J., Malicka, I., & Rutkowski, S. (2022). Virtual reality intervention as a support method during wound care and rehabilitation after burns: A systematic review and meta-analysis. *Complementary Therapies in Medicine*, 68, 102837. <https://doi.org/10.1016/j.ctim.2022.102837>
- Dahlquist, L. M., McKenna, K. D., Jones, K. K., Dillinger, L., Weiss, K. E., & Ackerman, C. S. (2007). Active and passive distraction using a head-mounted display helmet: Effects on cold pressor pain in children. *Health Psychology: Official Journal of the*

- Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 26(6), 794-801.  
<https://doi.org/10.1037/0278-6133.26.6.794>
- Das, D. A., Grimmer, K. A., Sparnon, A. L., McRae, S. E., & Thomas, B. H. (2005). The efficacy of playing a virtual reality game in modulating pain for children with acute burn injuries: A randomized controlled trial [ISRCTN87413556]. *BMC Pediatrics*, 5(1), 1.  
<https://doi.org/10.1186/1471-2431-5-1>
- de Jesus Catalã, C. A., Pan, R., Rossetto Kron-Rodrigues, M., & de Oliveira Freitas, N. (2022). Virtual Reality Therapy to Control Burn Pain: Systematic Review of Randomized Controlled Trials. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 43(4), 880-888. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irab213>
- Deng, G. (2019). Integrative Medicine Therapies for Pain Management in Cancer Patients. *Cancer Journal (Sudbury, Mass.)*, 25(5), 343-348.  
<https://doi.org/10.1097/PPO.0000000000000399>
- Dreesmann, N. J., Su, H., & Thompson, H. J. (2022). A Systematic Review of Virtual Reality Therapeutics for Acute Pain Management. *Pain Management Nursing: Official Journal of the American Society of Pain Management Nurses*, 23(5), 672-681.  
<https://doi.org/10.1016/j.pmn.2022.05.004>
- Eccleston, C., & Crombez, G. (1999). Pain demands attention: A cognitive-affective model of the interruptive function of pain. *Psychological Bulletin*, 125(3), 356-366.  
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.125.3.356>
- Edwards, R. R., Smith, M. T., Klick, B., Magyar-Russell, G., Haythornthwaite, J. A., Holavanahalli, R., Patterson, D. R., Blakeney, P., Lezotte, D., McKibben, J., & Fauerbach, J. A. (2007). Symptoms of depression and anxiety as unique predictors of pain-related outcomes following burn injury. *Annals of Behavioral Medicine: A Publication of the Society of Behavioral Medicine*, 34(3), 313-322.  
<https://doi.org/10.1007/BF02874556>

- Eijlers, R., Utens, E. M. W. J., Staals, L. M., de Nijs, P. F. A., Berghmans, J. M., Wijnen, R. M. H., Hillegers, M. H. J., Dierckx, B., & Legerstee, J. S. (2019). Systematic Review and Meta-analysis of Virtual Reality in Pediatrics: Effects on Pain and Anxiety. *Anesthesia & Analgesia*, 129(5), 1344. <https://doi.org/10.1213/ANE.00000000000004165>
- Evans, E., Naugle, K. E., Ovispo, A., Kaleth, A. S., Arnold, B., & Naugle, K. M. (2021). Active Virtual Reality Games Reduce Pain Sensitivity in Young, Healthy Adults. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.772293>
- Faber, A. W., Patterson, D. R., & Bremer, M. (2013). Repeated use of immersive virtual reality therapy to control pain during wound dressing changes in pediatric and adult burn patients. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 34(5), 563-568. <https://doi.org/10.1097/BCR.0b013e3182777904>
- Faucher, L., & Furukawa, K. (2006). Practice guidelines for the management of pain. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 27(5), 659-668. <https://doi.org/10.1097/01.BCR.0000238117.41490.00>
- Fernandez, E., & Turk, D. C. (1989). The utility of cognitive coping strategies for altering pain perception: A meta-analysis. *Pain*, 38(2), 123-135. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(89\)90230-3](https://doi.org/10.1016/0304-3959(89)90230-3)
- Ferreira-Valente, M. A., Pais-Ribeiro, J. L., & Jensen, M. P. (2011). Validity of four pain intensity rating scales. *PAIN*, 152(10), 2399. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2011.07.005>
- Furness III, T. A. (1986). The Super Cockpit and its Human Factors Challenges. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 30(1), 48-52. <https://doi.org/10.1177/154193128603000112>
- Furness, P. J., Phelan, I., Babiker, N. T., Fehily, O., Lindley, S. A., & Thompson, A. R. (2019). Reducing Pain During Wound Dressings in Burn Care Using Virtual Reality: A Study of Perceived Impact and Usability With Patients and Nurses. *Journal of Burn*

- Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 40(6), 878-885. <https://doi.org/10.1093/jbcr/lrz106>
- García Campayo, J., Rodero, B., Alda, M., Sobradiel, N., Montero, J., & Moreno, S. (2008). Validación de la versión española de la escala de la catastrofización ante el dolor (Pain Catastrophizing Scale) en la fibromialgia. *Medicina Clínica*, 131(13), 487-492. <https://doi.org/10.1157/13127277>
- Garcia, L. M., Birkhead, B. J., Krishnamurthy, P., Sackman, J., Mackey, I. G., Louis, R. G., Salmasi, V., Maddox, T., & Darnall, B. D. (2021). An 8-Week Self-Administered At-Home Behavioral Skills-Based Virtual Reality Program for Chronic Low Back Pain: Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial Conducted During COVID-19. *Journal of Medical Internet Research*, 23(2), e26292. <https://doi.org/10.2196/26292>
- Garcia-Palacios, A., Herrero, R., Vizcaíno, Y., Belmonte, M. A., Castilla, D., Molinari, G., Baños, R. M., & Botella, C. (2015). Integrating Virtual Reality With Activity Management for the Treatment of Fibromyalgia: Acceptability and Preliminary Efficacy. *The Clinical Journal of Pain*, 31(6), 564. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000196>
- Garland, E. L., Brintz, C. E., Hanley, A. W., Roseen, E. J., Atchley, R. M., Gaylord, S. A., Faurot, K. R., Yaffe, J., Fiander, M., & Keefe, F. J. (2020). Mind-Body Therapies for Opioid-Treated Pain. *JAMA Internal Medicine*, 180(1), 91-105. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2019.4917>
- Gasteratos, K., Papakonstantinou, M., Man, A., Babatsikos, E., Tamalonis, A., & Goverman, J. (2022). Adjunctive Nonpharmacologic Interventions for the Management of Burn Pain: A Systematic Review. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 149(5), 985e-994e. <https://doi.org/10.1097/PRS.00000000000009059>
- Glantz, K., Durlach, N. I., Barnett, R. C., & Aviles, W. A. (1996). Virtual reality (VR) for psychotherapy: From the physical to the social environment. *Psychotherapy: Theory*,

*Research, Practice, Training*, 33(3), 464-473. <https://doi.org/10.1037/0033-3204.33.3.464>

Gold, J. I., SooHoo, M., Laikin, A. M., Lane, A. S., & Klein, M. J. (2021). Effect of an Immersive Virtual Reality Intervention on Pain and Anxiety Associated With Peripheral Intravenous Catheter Placement in the Pediatric Setting: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, 4(8), e2122569. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.22569>

Groninger, H., Violanti, D., & Mete, M. (2024). Virtual reality for pain management in hospitalized patients with cancer: A randomized controlled trial. *Cancer*, 130(14), 2552-2560. <https://doi.org/10.1002/cncr.35282>

Hao, J., Xie, H., Harp, K., Chen, Z., & Siu, K.-C. (2022). Effects of Virtual Reality Intervention on Neural Plasticity in Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 103(3), 523-541. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2021.06.024>

Harris, K., Li, K., Flynn, C., & Chow, E. (2007). Worst, average or current pain in the Brief Pain Inventory: Which should be used to calculate the response to palliative radiotherapy in patients with bone metastases? *Clinical Oncology (Royal College of Radiologists (Great Britain))*, 19(7), 523-527. <https://doi.org/10.1016/j.clon.2007.04.007>

Haruta, A., & Mandell, S. P. (2023). Assessment and Management of Acute Burn Injuries. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 34(4), 701-716. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2023.06.019>

Hernandez, G., Garin, O., Pardo, Y., Vilagut, G., Pont, À., Suárez, M., Neira, M., Rajmil, L., Gorostiza, I., Ramallo-Fariña, Y., Cabases, J., Alonso, J., & Ferrer, M. (2018). Validity of the EQ-5D-5L and reference norms for the Spanish population. *Quality of Life Research*, 27(9), 2337-2348. <https://doi.org/10.1007/s11136-018-1877-5>

- Herrero, M. J., Blanch, J., Peri, J. M., De Pablo, J., Pintor, L., & Bulbena, A. (2003). A validation study of the hospital anxiety and depression scale (HADS) in a Spanish population. *General Hospital Psychiatry*, 25(4), 277-283. [https://doi.org/10.1016/S0163-8343\(03\)00043-4](https://doi.org/10.1016/S0163-8343(03)00043-4)
- Hitching, R., Hoffman, H. G., Garcia-Palacios, A., Adamson, M. M., Madrigal, E., Alhalabi, W., Alhudali, A., Sampaio, M., Peterson, B., Fontenot, M. R., & Mason, K. P. (2023). The Emerging Role of Virtual Reality as an Adjunct to Procedural Sedation and Anesthesia: A Narrative Review. *Journal of Clinical Medicine*, 12(3). Scopus. <https://doi.org/10.3390/jcm12030843>
- Hjermstad, M. J., Fayers, P. M., Haugen, D. F., Caraceni, A., Hanks, G. W., Loge, J. H., Fainsinger, R., Aass, N., & Kaasa, S. (2011). Studies Comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for Assessment of Pain Intensity in Adults: A Systematic Literature Review. *Journal of Pain and Symptom Management*, 41(6), 1073-1093. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016>
- Hoffman, H. G., Chambers, G. T., Meyer, W. J., III, Arceneaux, L. L., Russell, W. J., Seibel, E. J., Richards, T. L., Sharar, S. R., & Patterson, D. R. (2011). Virtual Reality as an Adjunctive Non-pharmacologic Analgesic for Acute Burn Pain During Medical Procedures. *Annals of Behavioral Medicine*, 41(2), 183-191. <https://doi.org/10.1007/s12160-010-9248-7>
- Hoffman, H. G., Doctor, J. N., Patterson, D. R., Carrougner, G. J., & Furness, T. A. (2000). Virtual reality as an adjunctive pain control during burn wound care in adolescent patients. *Pain*, 85(1-2), 305-309. [https://doi.org/10.1016/s0304-3959\(99\)00275-4](https://doi.org/10.1016/s0304-3959(99)00275-4)
- Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Carrougner, G. J., & Sharar, S. R. (2001). Effectiveness of virtual reality-based pain control with multiple treatments. *The Clinical Journal of Pain*, 17(3), 229-235. <https://doi.org/10.1097/00002508-200109000-00007>

- Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Magula, J., Carrougher, G. J., Zeltzer, K., Dagadakis, S., & Sharar, S. R. (2004). Water-friendly virtual reality pain control during wound care. *Journal of Clinical Psychology*, 60(2), 189-195. <https://doi.org/10.1002/jclp.10244>
- Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Rodriguez, R. A., Peña, R., Beck, W., & Meyer, W. J. (2020). Virtual Reality Analgesia for Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Debridement. *Frontiers in Virtual Reality*, 1, 602299. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.602299>
- Hoffman, H. G., Patterson, D. R., Seibel, E., Soltani, M., Jewett-Leahy, L., & Sharar, S. R. (2008). Virtual reality pain control during burn wound debridement in the hydrotank. *The Clinical Journal of Pain*, 24(4), 299-304. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e318164d2cc>
- Hoffman, H. G., Richards, T. L., Coda, B., Bills, A. R., Blough, D., Richards, A. L., & Sharar, S. R. (2004). Modulation of thermal pain-related brain activity with virtual reality: Evidence from fMRI. *Neuroreport*, 15(8), 1245-1248. <https://doi.org/10.1097/01.wnr.0000127826.73576.91>
- Hoffman, H. G., Richards, T. L., Van Oostrom, T., Coda, B. A., Jensen, M. P., Blough, D. K., & Sharar, S. R. (2007). The analgesic effects of opioids and immersive virtual reality distraction: Evidence from subjective and functional brain imaging assessments. *Anesthesia and Analgesia*, 105(6), 1776-1783, table of contents. <https://doi.org/10.1213/01.ane.0000270205.45146.db>
- Hoffman, H. G., Rodriguez, R. A., Gonzalez, M., Bernardy, M., Peña, R., Beck, W., Patterson, D. R., & Meyer, W. J. (2019). Immersive Virtual Reality as an Adjunctive Non-opioid Analgesic for Pre-dominantly Latin American Children With Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Cleaning in the Intensive Care Unit: A Pilot Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 262. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00262>
- Hoffman, H. G., Seibel, E. J., Richards, T. L., Furness, T. A., Patterson, D. R., & Sharar, S. R. (2006). Virtual reality helmet display quality influences the magnitude of virtual

- reality analgesia. *The Journal of Pain*, 7(11), 843-850.  
<https://doi.org/10.1016/j.jpain.2006.04.006>
- Hoffman, H. G., Sharar, S. R., Coda, B., Everett, J. J., Ciol, M., Richards, T., & Patterson, D. R. (2004). Manipulating presence influences the magnitude of virtual reality analgesia. *PAIN*, 111(1), 162. <https://doi.org/10.1016/j.pain.2004.06.013>
- Hughes, S. W., Zhao, H., Auvinet, E. J., & Strutton, P. H. (2019). Attenuation of capsaicin-induced ongoing pain and secondary hyperalgesia during exposure to an immersive virtual reality environment. *Pain Reports*, 4(6), e790.  
<https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000790>
- IASP. (2020). IASP. *International Association for the Study of Pain*.
- Indovina, P., Barone, D., Gallo, L., Chirico, A., De Pietro, G., & Giordano, A. (2018). Virtual Reality as a Distraction Intervention to Relieve Pain and Distress During Medical Procedures: A Comprehensive Literature Review. *The Clinical Journal of Pain*, 34(9), 858. <https://doi.org/10.1097/AJP.0000000000000599>
- ISBI Practice Guidelines Committee, Steering Subcommittee, & Advisory Subcommittee. (2016). ISBI Practice Guidelines for Burn Care. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 42(5), 953-1021.  
<https://doi.org/10.1016/j.burns.2016.05.013>
- Jeffs, D. A., Spray, B. J., Baxley, L., Braden, E., Files, A., Marrero, E., Teague, T., Teo, E., & Yelvington, M. (2024). Comparing novel virtual reality and nursing standard care on burn wound care pain in adolescents: A randomized controlled trial. *Journal for Specialists in Pediatric Nursing: JSPN*, 29(1), e12419.  
<https://doi.org/10.1111/jspn.12419>
- Jeffs, D., Dorman, D., Brown, S., Files, A., Graves, T., Kirk, E., Meredith-Neve, S., Sanders, J., White, B., & Swearingen, C. J. (2014). Effect of virtual reality on adolescent pain during burn wound care. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of*

- the American Burn Association*, 35(5), 395-408.  
<https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000019>
- Jensen, M. P., Chodroff, M. J., & Dworkin, R. H. (2007). The impact of neuropathic pain on health-related quality of life: Review and implications. *Neurology*, 68(15), 1178-1182. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000259085.61898.9e>
- Jensen, M. P., Miller, L., & Fisher, L. D. (1998). Assessment of pain during medical procedures: A comparison of three scales. *The Clinical Journal of Pain*, 14(4), 343-349. <https://doi.org/10.1097/00002508-199812000-00012>
- Kaya, M., & Karaman Özlü, Z. (2023). The effect of virtual reality on pain, anxiety, and fear during burn dressing in children: A randomized controlled study. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 49(4), 788-796. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2022.06.001>
- Khadra, C., Ballard, A., Paquin, D., Cotes-Turpin, C., Hoffman, H. G., Perreault, I., Fortin, J.-S., Bouchard, S., Thérout, J., & Le May, S. (2020). Effects of a projector-based hybrid virtual reality on pain in young children with burn injuries during hydrotherapy sessions: A within-subject randomized crossover trial. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 46(7), 1571-1584. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2020.04.006>
- Kim, D. E., Pruskowski, K. A., Ainsworth, C. R., Linsenbardt, H. R., Rizzo, J. A., & Cancio, L. C. (2019). A Review of Adjunctive Therapies for Burn Injury Pain During the Opioid Crisis. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 40(6), 983-995. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irz111>
- Kipping, B., Rodger, S., Miller, K., & Kimble, R. M. (2012). Virtual reality for acute pain reduction in adolescents undergoing burn wound care: A prospective randomized controlled trial. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 38(5), 650-657. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2011.11.010>

- Lan, X., Tan, Z., Zhou, T., Huang, Z., Huang, Z., Wang, C., Chen, Z., Ma, Y., Kang, T., Gu, Y., Wang, D., & Huang, Y. (2023). Use of Virtual Reality in Burn Rehabilitation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 104(3), 502-513. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2022.08.005>
- Lang, T. C., Zhao, R., Kim, A., Wijewardena, A., Vandervord, J., Xue, M., & Jackson, C. J. (2019). A Critical Update of the Assessment and Acute Management of Patients with Severe Burns. *Advances in Wound Care*, 8(12), 607-633. <https://doi.org/10.1089/wound.2019.0963>
- Lauwens, Y., Rafaatpoor, F., Corbeel, K., Broekmans, S., Toelen, J., & Allegaert, K. (2020). Immersive Virtual Reality as Analgesia during Dressing Changes of Hospitalized Children and Adolescents with Burns: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Children*, 7(11), 194. <https://doi.org/10.3390/children7110194>
- Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11(11), CD008349. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
- Li, A., Montaña, Z., Chen, V. J., & Gold, J. I. (2011). Virtual reality and pain management: Current trends and future directions. *Pain Management*, 1(2), 147-157. <https://doi.org/10.2217/pmt.10.15>
- Li, J., Zhou, L., & Wang, Y. (2017). The effects of music intervention on burn patients during treatment procedures: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 17(1), 158. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-1669-4>
- Lier, E. J., Smits, M. L. M., de Vries, M., & van Goor, H. (2023). Self-Administered Virtual Reality for Postsurgical Pain Management: A Qualitative Study of Hospital Patients' Reported Experiences. *Journal of Clinical Medicine*, 12(21), Article 21. <https://doi.org/10.3390/jcm12216805>

- Loeser, J. D. (2006). Chapter 2 Pain as a disease. En F. Cervero & T. S. Jensen (Eds.), *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 81, pp. 11-20). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0072-9752\(06\)80006-0](https://doi.org/10.1016/S0072-9752(06)80006-0)
- Lou, J., Li, J., Fan, Y., Zhang, C., & Huang, N. (2024). Effects of Virtual Reality on Analgesia in Wound Care and Physical Therapy for Burn Patients: A Systematic Review and Meta-analysis. *Pain Management Nursing*, S1524904224001000. <https://doi.org/10.1016/j.pmn.2024.03.002>
- Luo, H., Cao, C., Zhong, J., Chen, J., & Cen, Y. (2019). Adjunctive virtual reality for procedural pain management of burn patients during dressing change or physical therapy: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Wound Repair and Regeneration: Official Publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*, 27(1), 90-101. <https://doi.org/10.1111/wrr.1>
- Maani, C. V., Hoffman, H. G., Morrow, M., Maiers, A., Gaylord, K., McGhee, L. L., & DeSocio, P. A. (2011). Virtual Reality Pain Control During Burn Wound Debridement of Combat-Related Burn Injuries Using Robot-Like Arm Mounted VR Goggles. *The Journal of trauma*, 71(1 0), S125-S130. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31822192e2>
- Mallari, B., Spaeth, E. K., Goh, H., & Boyd, B. S. (2019). Virtual reality as an analgesic for acute and chronic pain in adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Pain Research*, 12, 2053-2085. <https://doi.org/10.2147/JPR.S200498>
- Malloy, K. M., & Milling, L. S. (2010). The effectiveness of virtual reality distraction for pain reduction: A systematic review. *Clinical Psychology Review*, 30(8), 1011-1018. <https://doi.org/10.1016/j.cpr.2010.07.001>
- Maples-Keller, J. L., Bunnell, B. E., Kim, S.-J., & Rothbaum, B. O. (2017). The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders. *Harvard Review of Psychiatry*, 25(3), 103. <https://doi.org/10.1097/HRP.0000000000000138>

- Matamala-Gomez, M., Donegan, T., Bottiroli, S., Sandrini, G., Sanchez-Vives, M. V., & Tassorelli, C. (2019). Immersive Virtual Reality and Virtual Embodiment for Pain Relief. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2019.00279>
- McCaul, K. D., & Malott, J. M. (1984). Distraction and coping with pain. *Psychological Bulletin*, 95(3), 516-533.
- McSherry, T., Atterbury, M., Gartner, S., Helmold, E., Searles, D. M., & Schulman, C. (2018). Randomized, Crossover Study of Immersive Virtual Reality to Decrease Opioid Use During Painful Wound Care Procedures in Adults. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 39(2), 278-285. <https://doi.org/10.1097/BCR.0000000000000589>
- Mehesz, E., Karoui, H., Strutton, P. H., & Hughes, S. W. (2021). Exposure to an Immersive Virtual Reality Environment can Modulate Perceptual Correlates of Endogenous Analgesia and Central Sensitization in Healthy Volunteers. *The Journal of Pain*, 22(6), 707-714. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2020.12.007>
- Melzack, R. (1999). From the gate to the neuromatrix. *PAIN*, 82, S121. [https://doi.org/10.1016/S0304-3959\(99\)00145-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3959(99)00145-1)
- Melzack, R., & Wall, P. D. (1965). Pain mechanisms: A new theory. *Science (New York, N.Y.)*, 150(3699), 971-979. <https://doi.org/10.1126/science.150.3699.971>
- Miller, A. C., Hickman, L. C., & Lemasters, G. K. (1992). A distraction technique for control of burn pain. *The Journal of Burn Care & Rehabilitation*, 13(5), 576-580. <https://doi.org/10.1097/00004630-199209000-00012>
- Miltiadis, I., Skarlis, A., & Burko, P. (2025). The Role of Virtual Reality in Personalized Medicine: Advancing Prediction, Prevention, and Participation. *Journal of Medical Systems*, 49(1), 56. <https://doi.org/10.1007/s10916-025-02191-2>
- Moloney, M., Doody, O., O'Reilly, M., Lucey, M., Callinan, J., Exton, C., Colreavy, S., O'Mahony, F., Meskell, P., & Coffey, A. (2023). Virtual reality use and patient

- outcomes in palliative care: A scoping review. *Digital Health*, 9, 20552076231207574. <https://doi.org/10.1177/20552076231207574>
- Morris, L. D., Louw, Q. A., & Grimmer-Somers, K. (2009). The effectiveness of virtual reality on reducing pain and anxiety in burn injury patients: A systematic review. *The Clinical Journal of Pain*, 25(9), 815-826. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e3181aaa909>
- Mosadeghi, S., Reid, M. W., Martinez, B., Rosen, B. T., & Spiegel, B. M. R. (2016). Feasibility of an Immersive Virtual Reality Intervention for Hospitalized Patients: An Observational Cohort Study. *JMIR Mental Health*, 3(2), e5801. <https://doi.org/10.2196/mental.5801>
- Mosso Vázquez, J. L., Mosso Lara, D., Mosso Lara, J. L., Miller, I., Wiederhold, M. D., & Wiederhold, B. K. (2019). Pain Distraction During Ambulatory Surgery: Virtual Reality and Mobile Devices. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(1), 15-21. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0714>
- Nambi, G., Alghadier, M., Kashoo, F. Z., Aldhafian, O. R., Nwihadh, N. A., Saleh, A. K., Omar, M. A., Hassan, T. G. T., Ibrahim, M. N. A., El Behairy, H. F., Attallah, A. A., & Ismail, M. A. (2022). Effects of Virtual Reality Exercises versus Isokinetic Exercises in comparison with Conventional Exercises on the Imaging Findings and Inflammatory Biomarker Changes in Soccer Players with Non-Specific Low Back Pain: A Randomized Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 524. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010524>
- Niki, K., Okamoto, Y., Maeda, I., Mori, I., Ishii, R., Matsuda, Y., Takagi, T., & Uejima, E. (2019). A Novel Palliative Care Approach Using Virtual Reality for Improving Various Symptoms of Terminal Cancer Patients: A Preliminary Prospective, Multicenter Study. *Journal of Palliative Medicine*, 22(6), 702-707. <https://doi.org/10.1089/jpm.2018.0527>
- Norouzkhani, N., Chaghian Arani, R., Mehrabi, H., Bagheri Toolaroud, P., Ghorbani Vajargah, P., Mollaei, A., Hosseini, S. J., Firooz, M., Falakdami, A., Takasi, P.,

- Feizkhah, A., Saber, H., Ghaffarzade, H., Nemalhabib, A., Ghaffari, A., Osuji, J., Mobayen, M., & Karkhah, S. (2022). Effect of Virtual Reality-Based Interventions on Pain During Wound Care in Burn Patients; a Systematic Review and Meta-Analysis. *Archives of Academic Emergency Medicine*, 10(1), e84. <https://doi.org/10.22037/aaem.v10i1.1756>
- O'Reilly, P., Meskell, P., Whelan, B., Kennedy, C., Ramsay, B., Coffey, A., Fortune, D. G., Walsh, S., Ingen-Housz-Oro, S., Bunker, C. B., Wilson, D. M., Delaunois, I., Dore, L., Howard, S., & Ryan, S. (2022). Psychotherapeutic interventions for burns patients and the potential use with Stevens-Johnson syndrome and toxic epidermal necrolysis patients: A systematic integrative review. *PLOS ONE*, 17(6), e0270424. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0270424>
- Panayi, A. C., Heyland, D. K., Stoppe, C., Jeschke, M. G., Didzun, O., Matar, D., Tapking, C., Palackic, A., Bliesener, B., Harhaus, L., Knoedler, S., Haug, V., Bigdeli, A. K., Kneser, U., Orgill, D. P., & Hundeshagen, G. (2024). The long-term intercorrelation between post-burn pain, anxiety, and depression: A post hoc analysis of the “RE-ENERGIZE” double-blind, randomized, multicenter placebo-controlled trial. *Critical Care*, 28, 95. <https://doi.org/10.1186/s13054-024-04873-8>
- Patterson. (2010). *Clinical Hypnosis for Pain Control*. American Psychological Association.
- Perpiñá, C., Botella, C., Baños, R., Marco, H., Alcañiz, M., & Quero, S. (1999). Body image and virtual reality in eating disorders: Is exposure to virtual reality more effective than the classical body image treatment? *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 2(2), 149-155. <https://doi.org/10.1089/cpb.1999.2.149>
- Petkova, V. I., & Ehrsson, H. H. (2008). If I Were You: Perceptual Illusion of Body Swapping. *PLOS ONE*, 3(12), e3832. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003832>

- Preti, K., D'Aoust, R., Beeber, A. S., & Baker, D. J. (2024). Multimodal Interprofessional Adult Cancer Pain Management: An Integrative Review. *Oncology Nursing Forum*, 52(1), 41-50. <https://doi.org/10.1188/25.ONF.41-50>
- Riva, G., Mantovani, F., Capideville, C. S., Preziosa, A., Morganti, F., Villani, D., Gaggioli, A., Botella, C., & Alcañiz, M. (2007). Affective interactions using virtual reality: The link between presence and emotions. *Cyberpsychology & Behavior: The Impact of the Internet, Multimedia and Virtual Reality on Behavior and Society*, 10(1), 45-56. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9993>
- Romanowski, K. S., Carson, J., Pape, K., Bernal, E., Sharar, S., Wiechman, S., Carter, D., Liu, Y. M., Nitzschke, S., Bhalla, P., Litt, J., Przkora, R., Friedman, B., Popiak, S., Jeng, J., Ryan, C. M., & Joe, V. (2020). American Burn Association Guidelines on the Management of Acute Pain in the Adult Burn Patient: A Review of the Literature, a Compilation of Expert Opinion, and Next Steps. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 41(6), 1129-1151. <https://doi.org/10.1093/jbcr/iraa119>
- Rothbaum, B. O., Hodges, L., Alarcon, R., Ready, D., Shahar, F., Graap, K., Pair, J., Hebert, P., Gotz, D., Wills, B., & Baltzell, D. (1999). Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam Veterans: A case study. *Journal of Traumatic Stress*, 12(2), 263-271. <https://doi.org/10.1023/A:1024772308758>
- Rothbaum, B. O., Hodges, L. F., Kooper, R., Opdyke, D., Williford, J. S., & North, M. (1995). Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *The American Journal of Psychiatry*, 152(4), 626-628. <https://doi.org/10.1176/ajp.152.4.626>
- Salati, S. A. (2023). Post-burn pruritus: A brief review. *Journal of Pakistan Association of Dermatologists*, 33(1), Article 1.

- Sánchez Lozano, J., & Martínez Pizarro, S. (2024). Eficacia de la realidad virtual sobre el dolor en pacientes pediátricos con quemaduras. Revisión sistemática. *Evidentia: Revista de enfermería basada en la evidencia*, 21(21), 4.
- Savaş, E. H., Demir, A. S., Semerci, R., & Karadağ, A. (2023). Effect of virtual reality on pain during burn dressing in children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Pediatric Nursing*, 73, e364-e371. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2023.10.002>
- Scapin, S., Echevarría-Guanilo, M. E., Boeira Fuculo Junior, P. R., Gonçalves, N., Rocha, P. K., & Coimbra, R. (2018). Virtual Reality in the treatment of burn patients: A systematic review. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 44(6), 1403-1416. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.11.002>
- Scheffler, M., Koranyi, S., Meissner, W., Strauß, B., & Rosendahl, J. (2018). Efficacy of non-pharmacological interventions for procedural pain relief in adults undergoing burn wound care: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 44(7), 1709-1720. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.11.019>
- Schmitt, Y. S., Hoffman, H. G., Blough, D. K., Patterson, D. R., Jensen, M. P., Soltani, M., Carrougner, G. J., Nakamura, D., & Sharar, S. R. (2011). A randomized, controlled trial of immersive virtual reality analgesia, during physical therapy for pediatric burns. *Burns: Journal of the International Society for Burn Injuries*, 37(1), 61-68. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2010.07.007>
- Schug, S. A., & Bruce, J. (2017). Risk stratification for the development of chronic postsurgical pain. *PAIN Reports*, 2(6), e627. <https://doi.org/10.1097/PR9.0000000000000627>
- Scott, J., & Huskisson, E. C. (1976). Graphic representation of pain. *PAIN*, 2(2), 175. [https://doi.org/10.1016/0304-3959\(76\)90113-5](https://doi.org/10.1016/0304-3959(76)90113-5)

- Sinatra et al., R. (2010). Causes and consequences of inadequate management of acute pain. *Pain Medicine (Malden, Mass.)*, 11(12), 1859-1871. <https://doi.org/10.1111/j.1526-4637.2010.00983.x>
- Slater, M. (2003). A note on presence terminology. *Presence connect*, 3(3), 1-5.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Slater, M., & Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(6), 603-616. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.6.603>
- Smith, K. L., Wang, Y., & Colloca, L. (2022). Impact of Virtual Reality Technology on Pain and Anxiety in Pediatric Burn Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in virtual reality*, 2, 751735. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.751735>
- Smith, V., Warty, R., Sursas, J., Payne, O., Nair, A., Krishnan, S., Costa, F., Wallace, E., & Vollenhoven, B. (2020). The Effectiveness of Virtual Reality in Managing Acute Pain and Anxiety for Medical Inpatients: Systematic Review. *JOURNAL OF MEDICAL INTERNET RESEARCH*, 22(11). <https://doi.org/10.2196/17980>
- Soltani, M., Drever, S. A., Hoffman, H. G., Sharar, S. R., Wiechman, S. A., Jensen, M. P., & Patterson, D. R. (2018). Virtual reality analgesia for burn joint flexibility: A randomized controlled trial. *Rehabilitation Psychology*, 63(4), 487-494. <https://doi.org/10.1037/rep0000239>
- Sullivan, M. J. L., Thorn, B., Haythornthwaite, J. A., Keefe, F., Martin, M., Bradley, L. A., & Lefebvre, J. C. (2001). Theoretical Perspectives on the Relation Between Catastrophizing and Pain. *The Clinical Journal of Pain*, 17(1), 52.
- Summer, G. J., Puntillo, K. A., Miaskowski, C., Green, P. G., & Levine, J. D. (2007). Burn injury pain: The continuing challenge. *The Journal of Pain*, 8(7), 533-548. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2007.02.426>

- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display. *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, 757-764. <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
- Taal, L. A., & Faber, A. W. (1997). Post-traumatic stress, pain and anxiety in adult burn victims. *Burns*, 23(7), 545-549. [https://doi.org/10.1016/S0305-4179\(97\)00788-2](https://doi.org/10.1016/S0305-4179(97)00788-2)
- Tashjian, V. C., Mosadeghi, S., Howard, A. R., Lopez, M., Dupuy, T., Reid, M., Martinez, B., Ahmed, S., Dailey, F., Robbins, K., Rosen, B., Fuller, G., Danovitch, I., IsHak, W., & Spiegel, B. (2017). Virtual Reality for Management of Pain in Hospitalized Patients: Results of a Controlled Trial. *JMIR Mental Health*, 4(1), e9. <https://doi.org/10.2196/mental.7387>
- Trost, Z., France, C., Anam, M., & Shum, C. (2021). Virtual reality approaches to pain: Toward a state of the science. *Pain*, 162(2), 325-331. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002060>
- Vasantachart, A. Y., Yeo, E., & Chau, B. (2022). Virtual and Augmented Reality-based Treatments for Phantom Limb Pain: A Systematic Review. *Innovations in Clinical Neuroscience*, 19(10-12), 48-57.
- Viderman, D., Tapinova, K., Dossov, M., Seitenov, S., & Abdildin, Y. G. (2023). Virtual reality for pain management: An umbrella review. *Frontiers in Medicine*, 10, 1203670. <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1203670>
- Vieira, W. F., Coelho, D. R. A., Litwiler, S. T., McEachern, K. M., Clancy, J. A., Morales-Quezada, L., & Cassano, P. (2024). Neuropathic pain, mood, and stress-related disorders: A literature review of comorbidity and co-pathogenesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 161, 105673. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2024.105673>
- Vos, T., Lim, S. S., Abbafati, C., Abbas, K. M., Abbasi, M., Abbasifard, M., Abbasi-Kangevari, M., Abbastabar, H., Abd-Allah, F., Abdelalim, A., Abdollahi, M., Abdollahpour, I., Abolhassani, H., Aboyans, V., Abrams, E. M., Abreu, L. G., Abrigo, M. R. M., Abu-Raddad, L. J., Abushouk, A. I., ... Murray, C. J. L. (2020). Global burden

- of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1204-1222. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30925-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30925-9)
- Wang, W., Wong, S. S., & Lai, F. H. (2021). The Effect of Virtual Reality Rehabilitation on Balance in Patients with Parkinson's Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Electronics*, 10(9), 1003. <https://doi.org/10.3390/electronics10091003>
- Wender, R., Hoffman, H. G., Hunner, H. H., Seibel, E. J., Patterson, D. R., & Sharar, S. R. (2009). INTERACTIVITY INFLUENCES THE MAGNITUDE OF VIRTUAL REALITY ANALGESIA. *Journal of cyber therapy and rehabilitation*, 2(1), 27-33.
- Wiederhold, B. K., Gao, K., Sulea, C., & Wiederhold, M. D. (2014). Virtual reality as a distraction technique in chronic pain patients. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 17(6), 346-352. <https://doi.org/10.1089/cyber.2014.0207>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225-240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wu, Y., Wang, N., Zhang, H., Sun, X., Wang, Y., & Zhang, Y. (2023). Effectiveness of Virtual Reality in Symptom Management of Cancer Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Pain and Symptom Management*, 65(5), e467-e482. <https://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2023.01.023>
- Xiang, H., Shen, J., Wheeler, K. K., Patterson, J., Lever, K., Armstrong, M., Shi, J., Thakkar, R. K., Groner, J. I., Noffsinger, D., Giles, S. A., & Fabia, R. B. (2021). Efficacy of Smartphone Active and Passive Virtual Reality Distraction vs Standard Care on Burn Pain Among Pediatric Patients: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Network Open*, 4(6), e2112082. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.12082>
- Yakup, A., Zhang, J., Dong, W., Song, F., Dong, J., & Lu, S. (2022). The epidemiological characteristic and trends of burns globally. *BMC Public Health*, 22(1), 1596. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-13887-2>

You, Z., Jain, S., Shen, S., Mao, J., & Martyn, J. A. J. (2025). Pathophysiology and management of burn injury-induced pain. *Burns Open*, 10, 100396. <https://doi.org/10.1016/j.burnso.2025.100396>

Zuo, G., Wang, R., Wan, C., Zhang, Z., Zhang, S., & Yang, W. (2024). Unveiling the Evolution of Virtual Reality in Medicine: A Bibliometric Analysis of Research Hotspots and Trends over the Past 12 Years. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 12(13), 1266. <https://doi.org/10.3390/healthcare12131266>

## **8. ANEXO**

## 8. ANEXO

### ANEXO 1. PUBLICACIÓN DERIVADA DEL ESTUDIO 2

Este artículo, derivado del Estudio 2 de la presente tesis doctoral, fue publicado en *Journal of Clinical Medicine*:

Server, A., Cepeda, M. S., Suso-Ribera, C., Fidel-Kinori, S. G., Castilla, D., Medel, F. J., & García-Palacios, A. (2025). Virtual reality as an adjuvant treatment for acute pain during an interventional process with capsaicin: A feasibility study. *Journal of Clinical Medicine*, 14(10), 3590.

*J Clin Med*. 2025 May 21;14(10):3590. doi: [10.3390/jcm14103590](https://doi.org/10.3390/jcm14103590)

### ***Virtual Reality as an Adjuvant Treatment for Acute Pain During an Interventional Process with Capsaicin: A Feasibility Study***

[Anna Server](#)<sup>1</sup>, [Maria Sonsoles Cepeda Diez](#)<sup>2,3</sup>, [Carlos Suso-Ribera](#)<sup>4,5,\*</sup>, [Sara Guila Fidel Kinori](#)<sup>2,3</sup>, [Diana Castilla](#)<sup>6</sup>, [Francisco Javier Medel](#)<sup>1</sup>, [Azucena García-Palacios](#)<sup>7,8</sup>

Editor: Giustino Varrassi

[Author information](#) [Article notes](#) [Copyright and License information](#)

PMCID: PMC12112111 PMID: [40429584](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40429584/)

### ***Abstract***

**Background/Objectives:** This feasibility study explores the use of virtual reality (VR) as an adjunct therapy during capsaicin administration for individuals with chronic neuropathic pain. Chronic neuropathic pain poses significant management challenges due to its complex biopsychosocial nature. This study aimed to assess the acceptability, usability, and preliminary effectiveness of VR in reducing pain, anxiety, aversiveness, and rumination during painful procedures. **Methods:** A total of 24

patients participated in the study and received either capsaicin treatment with VR ( $n = 12$ ) or treatment as usual ( $n = 12$ ). The VR group engaged with “SnowWorld”, an immersive, interactive environment designed to promote distraction and relaxation. Outcomes including pain (average and worst), aversiveness, rumination, and anxiety, were assessed via 11-point scales. Results: Participants in the VR condition reported significantly lower scores for worst pain (2.83 vs. 6.33), average pain (2.08 vs. 5.42), aversiveness (1.50 vs. 6.08), rumination (1.17 vs. 5.75), and anxiety (0.83 vs. 5.17) compared to the controls (all  $p < 0.001$ ). Participants reported high satisfaction regarding the VR experience, noting its immersive nature and ease of use. The qualitative feedback highlighted the VR’s ability to foster relaxation and distraction during capsaicin administration. Conclusions: These findings support the feasibility and preliminary efficacy of VR as an adjunctive tool for acute pain management during capsaicin treatment. Further studies with larger samples are warranted to confirm these effects and explore long-term outcomes.

**Keywords:** virtual reality, neuropathic pain, capsaicin, pain management, patient acceptability

## 1. Introduction

Pain is a complex perceptual process influenced by various biopsychosocial factors, including sensory, cognitive, behavioral, and emotional elements such as attention, memory, mood, emotion, patient expectations, motivation, and context [1,2]. Neuropathic pain (NP), which results from nerve injury, presents a major challenge for clinicians in Pain Units due to its pervasive nature and high global prevalence [3,4]. Efforts to enhance the range of treatments for neuropathic pain have led to the increased popularity of interventional techniques, which are becoming more prominent compared to traditional pharmacological approaches, as reflected in recent treatment algorithms [5].

In particular, capsaicin patches show great potential and are increasingly being used for the management of chronic neuropathic pain [6]. However, their administration requires a hospital setting due to the frequent occurrence of side effects, such as airway and mucous membrane irritation (e.g., erythema), allergic reactions, itching, stinging, burning, acute pain, and increased blood pressure [7,8]. Aligned with the biopsychosocial perspective of pain, various non-pharmacological interventions have been used as adjuncts in the management of acute pain [9,10]. For over three decades, virtual reality (VR) has emerged as an increasingly popular approach for managing acute painful procedures, gradually replacing other distraction techniques that rely on external focus due to its appeal, immersive experience, and increasingly affordable cost [11,12].

VR is a technology that creates a computer-generated virtual world, providing users with an immersive and interactive experience. Using special glasses and a device that tracks head movements, users feel as if they are inside a virtual environment that includes various sensory elements and responds to their movements similarly to the real world [13]. A growing body of evidence supports the efficacy of VR in managing acute pain across various populations and procedures, including both children and adults [14,15,16]. Recent studies also suggest that VR may play a significant role in reducing pain intensity in chronic pain patients, further solidifying its potential as a valuable tool in pain management [17].

The mechanism by which VR enhances the subjective experience of pain is not yet fully understood. It is believed that distraction and the resulting pain reduction stem from the patient's engagement in a virtual environment filled with artificially generated stimuli [18,19]. VR creates an artificial, dynamic, three-dimensional environment that enhances attention load by incorporating visual, auditory, and proprioceptive inputs, making it more cognitively engaging than traditional distraction methods like music or guided imagery [20,21]. In the absence of competing stimuli, attention tends to be monopolized by pain [22]. Therefore, a potential mechanism for reducing incoming pain and anxiety signals before and during procedures is the redirection of attentional resources [19], a process that is enhanced with the sense of presence or immersion [20].

Beyond attentional mechanisms, neuroimaging studies have begun to reveal how VR modulates pain-related brain activity. For instance, VR has been shown to reduce activity in regions such as the anterior cingulate cortex, insula, and thalamus—areas consistently implicated in pain perception and affective processing—while enhancing activation in the prefrontal cortex, which plays a role in top-down modulation of pain [23]. This suggests that VR not only distracts but may also engage cortical networks responsible for cognitive control and emotion regulation, thereby altering pain appraisal at multiple levels of processing. Therefore, compared to simpler interventions like guided imagery or passive music listening, VR's interactive and immersive features might offer a more robust engagement of these neural pathways, potentially leading to greater analgesic effects. Consequently, VR has been proposed as a useful adjunctive therapy for painful procedures [24].

Managing acute pain during traditional methods remains challenging. Given the growing evidence supporting the effectiveness of VR in these contexts, along with reduced costs, enhanced quality of technology (e.g., more portable and lightweight options), and better tolerance regarding cybersickness [25,26], the introduction of VR in acute care management and rehabilitation has been recommended [27]. There is preliminary but promising evidence suggesting that VR can help reduce some potential adverse effects of capsaicin treatments in healthy individuals, such as ongoing pain and secondary hyperalgesia [28]. However, the extent to which these findings from a community sample apply to individuals with chronic neuropathic pain, where peripheral and central sensitization influence pain transmission and interpretation [29], is unclear.

This feasibility study builds on previous research by examining the utility of VR during capsaicin administration for individuals with chronic neuropathic pain, focusing on outcomes beyond pain relief, consistent with a biopsychosocial approach to pain. Given the absence of prior studies applying VR in this context, we designed this as a pilot trial with a small sample to evaluate feasibility—defined by reach and acceptability—and to explore preliminary effects on the aforementioned outcomes, which might

also serve for future sample size calculations in larger trials. Our main aim, however, was not to establish efficacy, but rather to assess practical implementation in a clinical setting and guide future randomized controlled trials. Drawing from the findings of Caserman et al. [25], who reviewed the occurrence of cybersickness in current VR headsets, we also prioritized the evaluation of potential side effects to better understand the therapeutic feasibility of VR in real-world environments.

Caserman et al.'s findings on cybersickness indicate that although VR-related side effects remain a concern, advancements in technology are minimizing these occurrences, suggesting that any side effects will likely be infrequent and manageable [25]. Accordingly, we hypothesize that most participants will tolerate VR with minimal adverse effects and will find it user-friendly and acceptable. Furthermore, we anticipate that a majority of potential participants assigned to the VR condition will be open to using the tool (reach). Lastly, we expect that the VR group will report reductions in pain, anxiety, disgust, and rumination compared to those receiving standard treatment without VR, highlighting VR's therapeutic potential in managing multifaceted aspects of chronic pain.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Procedures

This is a feasibility study with two conditions. Both groups received capsaicin treatment for their pain, but the experimental group used VR during the administration of the treatment (VR condition), while the comparison group followed the standard procedure without VR (treatment as usual, or TAU condition). Potential participants included consecutive patients with peripheral neuropathic pain (PNP), identified according to the established criteria from the International Association for the Study of Pain [30], attending the Pain Clinic at Vall d'Hebron Hospital in Spain. The clinical team screened all patients at the Pain Clinic from January 2022 to September 2022 for preliminary eligibility based on the type of pain justifying capsaicin treatment and their physical/mental status. Patients who agreed to participate were then assigned to a condition following the randomization order from a list created by an external researcher using an online randomization tool.

Inclusion criteria included the presence of peripheral neuropathic pain that warranted capsaicin treatment, the physical and mental/cognitive ability to use the VR application, and a willingness to participate, accompanied by signing the informed consent. While there was no formal upper age limit, all participants were adults aged 18 or older, as is standard in the Pain Clinic's patient population. Exclusion criteria included any physical impairments that might interfere with the ability to use the VR equipment (e.g., wounds or bandages on the head, infections, visual or auditory problems), as well as severe mental or cognitive alterations such as dementia, intellectual disabilities, severe and active psychiatric illnesses (e.g., schizophrenia with active hallucinations or delusions, or active substance abuse), and clinical confusion. Patients with a medical history of

cerebrovascular accidents, seizures, epilepsy, motion sickness, vertigo, nausea, or active vomiting were also excluded to prevent complications with VR. For ethical reasons, individuals who were part of the study team, family members of the study team, or subordinates or direct family members of a subordinate of the staff involved in the study were excluded.

Given the feasibility focus of the study, we focused on the immediate or acute effects of VR during capsaicin administration, rather than long-term outcomes. Assessing short-term responses allowed us to evaluate the acceptability, tolerability, and initial effectiveness of the VR intervention in a real-world clinical context. This focus is consistent with the study's goal of determining whether VR can be practically implemented as an adjunctive tool during a known painful procedure, thereby informing the design of future efficacy trials.

All study procedures were approved by the ethics committee of Vall d'Hebron Hospital (Barcelona, Spain) under protocol number PR(ATR)338/2021.

## 2.2. Measures

### 2.2.1. Primary Outcomes

This study includes feasibility measures of reach and acceptability of the VR tool, along with preliminary data on the effectiveness of the VR system in reducing pain, disgust, anxiety, and rumination. Reach, defined as the proportion of individuals who can effectively use the tool from all potential candidates, will be evaluated as a percentage. Acceptability will be assessed using four items that address ease of use ("How EASY was it to use the VR?"), side effects ("To what extent did you feel NAUSEA when using the VR?"), immersion ("To what extent did you feel like you were INSIDE the virtual world?"), and enjoyment ("How FUN was it to use Virtual Reality (VR)?"). Response options for these items will range from 0 = "Not at all" to 10 = "Very much". Additionally, two open-ended questions will be included to evaluate what participants liked the "Most" and "Least" about the VR experience.

Preliminary effectiveness outcomes will assess the experience of pain, including average and maximum severity, as well as disgust and rumination during capsaicin administration. For all five constructs, we will use an 11-point numerical verbal scale ranging from 0 = "no pain" to 10 = "maximum pain". The items are based either on the Spanish validation of the Brief Pain Inventory [31] or on previous research conducted by our group utilizing single items [32].

### 2.2.2. Secondary Outcomes

Secondary outcomes will include measures of baseline pain status (Brief Pain Inventory, BPI) [31], health-related quality of life (EuroQoL-5d-5L) [33], depression and anxiety (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS) [34], and catastrophizing (Pain Catastrophizing Scale, PCS) [35] prior to capsaicin administration.

The BPI evaluates pain severity, including average, minimum, and maximum pain over the last 24 h, as well as current pain, and assesses how pain interferes with seven areas of daily functioning. Items use an 11-point Likert scale ranging from 0 = "No

pain/interference” to 10 = “Pain as bad as you can imagine/Maximum interference”. The EuroQoL-5D-5L is a brief, 5-item scale measuring health-related quality of life, focusing on difficulties related to mobility, daily activities, self-care, pain/discomfort, and anxiety/depression. A total score is calculated by summing all items, with higher scores indicating poorer health-related quality of life.

The HADS consists of 14 items, with 7 assessing anxiety and 7 assessing depressive symptoms. A 4-point Likert scale ranging from 0 = “not at all” to 3 = “most of the time” is used, with higher scores indicating more severe depression or anxiety symptoms. Finally, the PCS evaluates catastrophic thinking about pain with 13 items, where responses range from 0 = “not at all” to 4 = “all the time”, with higher scores reflecting greater catastrophizing.

## 2.3. Interventions

### 2.3.1. Medical Intervention

The capsaicin 8% patch (Qutenza® (Grünenthal GmbH, Aachen, Germany)) was commercialized for hospital administration 10 years ago. Capsaicin, a substance derived from a type of chili, initially produces a local irritation effect followed by prolonged loss of sensitivity [7]. Due to the properties of the capsaicin medication, it must be administered by a healthcare professional; self-administration by the patient is not permitted. The treatment requires a controlled environment and protective measures for the administrator, such as gloves and glasses. It is administered in a single-use box, with patients receiving the drug alone during the one-hour administration period. Both treatment conditions in this study received the same capsaicin treatment for their pain.

Capsaicin has demonstrated high effectiveness, especially in the short term [36,37]. However, due to the characteristics of the substance, the use of this patch may cause local burning, pain, erythema, and itching during application. Although these adverse effects typically subside upon removal of the patch, some patients may require a topical anesthetic to alleviate the acute pain caused by the substance, as well as cold compresses and oral analgesics afterward.

### 2.3.2. Virtual Reality

Although the need to remove the capsaicin patch and interrupt treatment due to side effects is low, at 0.8% [38,39], the experience can be very unpleasant for some patients, negatively impacting the prevalence of its administration [8]. To mitigate this unpleasantness, an adjunctive VR intervention was implemented during capsaicin administration in the VR condition of this study, given its proven ability to induce distraction in similar contexts, such as burn care [12] and skin itch problems [21].

The VR session lasted approximately 60 min, corresponding to the full duration of capsaicin patch administration. The VR environment used was SnowWorld, a widely validated virtual setting designed specifically for immersive distraction in painful contexts [40,41,42]. SnowWorld is a 3D interactive environment featuring a cold, snowy landscape, populated with igloos, penguins, snowmen, and fish, counteracting the sensations of heat, stinging, burning, and pain that may arise from medical procedures, including the application of the capsaicin patch. Unsurprisingly,

SnowWorld has become the most widely used virtual environment for immobilized burn patients [12].

Patients could navigate visually through the environment and interact with it by throwing snowballs at various animated elements, creating a playful and engaging distraction. These interactions were facilitated via a mouse controller, and the experience was enhanced with ambient sound effects and background music consistent with the snowy setting, aiming to evoke a sense of coolness and calm that contrasts the burning sensation caused by capsaicin [43]. Research supports the relevance of using immersive and interactive VR environments like SnowWorld in improving pain management outcomes [44].

For VR visualization, patients used HTC Vive glasses (HTC Corporation, Taiwan, China) and a mouse to interact with the virtual environment. The VR device complies with the R&TTE Directive (1999/5/EC) issued by the European Commission. See [Figure 1](#) for an illustration of the procedure.

To reduce any risk of adverse effects like motion sickness or disorientation, the scenario involved minimal camera motion, and users remained stationary, reducing vestibular conflicts that might contribute to cybersickness. Patients could take breaks if needed, although none requested to interrupt the session apart from one individual who discontinued due to headache.

### 3. Results

Following randomization and group assignment, we evaluated the feasibility of the VR intervention. The reach of the study was 100%, as all eligible patients who were approached agreed to participate. Within the VR condition, 92.3% (12 out of 13) of randomized participants were able to effectively use the VR system, indicating high usability. One participant experienced headaches and declined to use the system after initial exposure.

In terms of participant characteristics, the final sample comprised 24 participants, with 12 randomly assigned to the VR condition and 12 to the treatment-as-usual condition. The sociodemographic characteristics of the two groups were comparable. In the VR condition, the mean age was 57.0 years ( $SD = 10.5$ ), 75.0% were women, and none of the participants were actively working at the time of assessment, as most were either on sick leave or homemakers. In the treatment-as-usual group, the mean age was 55.9 years ( $SD = 13.7$ ), 66.7% were women, and only one participant was actively working at the time of assessment; again, the majority were either on sick leave or homemakers.

Regarding the clinical characteristics of the two groups, the results for the VR condition were as follows: pain in the last 24 h (mean = 5.8,  $SD = 2.2$ ), catastrophizing (mean = 33.6,  $SD = 8.2$ ), quality of life (mean = 9.5,  $SD = 1.8$ ), anxiety (mean = 8.9,  $SD = 3.1$ ), and depression (mean = 7.3,  $SD = 3.8$ ). In the treatment-as-usual condition, the baseline characteristics were as follows: pain in the last 24 h (mean = 6.3,  $SD = 1.5$ ), catastrophizing (mean = 37.6,  $SD = 6.7$ ), quality of life (mean = 9.4,  $SD = 1.2$ ), anxiety (mean = 8.7,  $SD = 3.5$ ), and depression (mean = 6.5,  $SD = 4.0$ ). Analyses of group differences at baseline for all clinical characteristics indicated that both conditions had comparable characteristics before the experimental study (all Mann–Whitney tests were  $p > 0.05$ ). Corresponding effect sizes were small to moderate, with Cohen's  $d$

values of  $-0.27$  for pain,  $-0.53$  for catastrophizing,  $0.07$  for quality of life,  $0.06$  for anxiety, and  $0.21$  for depression.

VR exposure lasted the full 60 min during capsaicin administration, with no interruptions. Regarding the usability of the tool (on a 0–10 scale), the average enjoyment (fun) reported during the VR game while receiving capsaicin treatment was  $8.5$  ( $SD = 1.5$ ). The average ease of use of the VR tool was  $8.6$  ( $SD = 1.7$ ), and the average immersion level was  $7.5$  ( $SD = 2.0$ ). Cybersickness, including symptoms like nausea or dizziness, was rare. The mean nausea score was  $0.3$  ( $SD = 1.2$ ), and no participants requested early removal of the headset due to cybersickness. This suggests a high tolerability of the VR intervention in this patient population.

When participants were asked what they liked most about the tool, their responses revealed three overarching themes: relaxation and emotional relief (e.g., “relaxation”, “frozen panoramic view”;  $n = 4$ ), distraction and engagement (e.g., “distraction”, “everything”;  $n = 5$ ), and design and entertainment value (e.g., “the little character design”, “fun”;  $n = 3$ ). These themes, summarized in [Supplementary Table S1](#), underscore the perceived emotional and attentional benefits of the VR experience, as well as its engaging aesthetic qualities.

Regarding aspects they liked least, comments included the weight of the VR glasses ( $n = 6$ ), image quality at certain points ( $n = 2$ ), dizziness ( $n = 1$ ), and the childish nature of the content ( $n = 1$ ). Two patients stated that they had no negative feedback.

Regarding the preliminary effectiveness of the VR tool, Mann–Whitney tests indicated significant results favoring the VR condition for all outcomes experienced during the procedure: worst pain ( $Z = -4.02$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = -0.82$ ), average pain ( $Z = -4.21$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = -0.86$ ), aversiveness ( $Z = -4.19$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = -0.85$ ), pain rumination ( $Z = -4.17$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = -0.85$ ), and anxiety ( $Z = -3.85$ ,  $p < 0.001$ ,  $r = -0.79$ ). These represent large effect sizes (all  $r > 0.75$ ). The means and standard deviations of these outcomes for both conditions are presented in [Table 1](#).

**Table 1.**

**Descriptive values and analysis of group differences of outcomes during capsaicin administration.**

|                     |                           | <i>Mean (SD)</i>   | <i>Z-Value</i> | <i>p-Value</i>   |
|---------------------|---------------------------|--------------------|----------------|------------------|
| <i>Worst pain</i>   | <i>VR Condition</i>       | <i>2.83 (1.12)</i> | <i>−4.02</i>   | <i>&lt;0.001</i> |
|                     | <i>Treatment as Usual</i> | <i>6.33 (1.30)</i> |                |                  |
| <i>Average pain</i> | <i>VR Condition</i>       | <i>2.08 (0.79)</i> | <i>−4.21</i>   | <i>&lt;0.001</i> |
|                     | <i>Treatment as Usual</i> | <i>5.42 (1.44)</i> |                |                  |

|                     |                           |                    |              |                  |
|---------------------|---------------------------|--------------------|--------------|------------------|
| <i>Aversiveness</i> | <i>VR Condition</i>       | <i>1.50 (1.09)</i> | <i>−4.19</i> | <i>&lt;0.001</i> |
|                     | <i>Treatment as Usual</i> | <i>6.08 (1.51)</i> |              |                  |
| <i>Rumination</i>   | <i>VR Condition</i>       | <i>1.17 (1.19)</i> | <i>−4.17</i> | <i>&lt;0.001</i> |
|                     | <i>Treatment as Usual</i> | <i>5.75 (1.77)</i> |              |                  |
| <i>Anxiety</i>      | <i>VR Condition</i>       | <i>0.83 (1.60)</i> | <i>−3.85</i> | <i>&lt;0.001</i> |
|                     | <i>Treatment as Usual</i> | <i>5.17 (2.04)</i> |              |                  |

## 4. Discussion

This feasibility study aimed to explore the utility of virtual reality during capsaicin administration in individuals with chronic neuropathic pain. The results indicate promising outcomes regarding the acceptability, usability, and preliminary effectiveness of VR as a distraction technique in managing acute pain associated with medical procedures. By examining participants' experiences in a real clinical environment, this study not only contributes to the existing literature on pain management but also offers valuable insights into how VR can serve as a beneficial adjunct therapy for individuals suffering from chronic pain.

Our findings revealed that the use of VR significantly reduced various pain-related outcomes compared to the treatment-as-usual condition. Participants in the VR group reported lower levels of worst pain, average pain, aversiveness, pain rumination, and anxiety during capsaicin application. These results are consistent with previous evidence supporting VR's effectiveness in procedural pain management, such as in burn care [45], and extend its application to chronic neuropathic pain—a less commonly explored area.

The observed analgesic effects likely reflect VR's capacity to redirect attentional and emotional resources away from nociceptive input, consistent with the gate control theory of pain [46]. Compared to traditional distraction methods such as music or guided imagery, VR's immersive environments might engage multiple sensory channels and require greater cognitive involvement [21,47], potentially contributing to its stronger analgesic potential. The use of the SnowWorld environment, which visually contrasts with the heat-induced pain of capsaicin through cold-toned, ice-themed imagery, may enhance this effect. Prior studies have shown that sensory incongruence between visual input and thermal stimuli can modulate pain perception arguably via top-down neural processes [40]. This targeted use of visual context supports the theoretical rationale behind scene selection. Nonetheless, future studies should compare different VR content types (e.g., natural landscapes, cognitive-behavioral VR) to evaluate their relative effects on pain, emotional state, and treatment adherence.

Participants rated the VR experience as highly enjoyable and immersive—factors known to enhance pain relief outcomes [43]. These user-centered aspects are critical to the feasibility and acceptability of VR in clinical practice [44,48]. While distraction

remains a key mechanism, our findings add to emerging research suggesting that VR's benefits may also involve modulation of neural pain pathways and emotional regulation—mechanisms warranting further exploration in head-to-head comparisons with other non-pharmacological interventions.

Regarding safety, side effects were minimal: only one participant dropped out and another reported mild nausea (rated 0.3/10). Although this suggests good tolerability, it is important to note that the intervention was limited to a single, brief session of approximately one hour. This short duration might have minimized the risk of adverse effects and limits the generalizability of our safety findings to longer-term or repeated use. While engagement was not a problem during the VR sessions, concerns about potential overuse and dependency with prolonged exposure remain relevant [49]. Future studies should include follow-up assessments to detect signs of withdrawal or compulsive use.

Beyond pain outcomes, we observed significant reductions in anxiety and pain rumination, both of which are clinically relevant given their strong links to chronic pain [50]. Chronic pain patients often experience elevated anxiety, which can intensify pain perception and reduce treatment engagement [51]. By promoting engagement and psychological relief, VR may disrupt this negative cycle and improve the overall treatment experience. Importantly, these psychological benefits occurred in a high-stimulus context, reinforcing VR's potential to support emotional regulation during intense pain episodes.

Moreover, the inclusion of qualitative feedback from participants further enriched our understanding of the user experience. Many participants reported feeling relaxed and distracted during the VR session, indicating that the technology not only served to mitigate pain but also fostered a sense of well-being during the capsaicin administration. Thematic analysis revealed three dominant areas of appreciation: relaxation and emotional relief, distraction and immersive engagement, and aesthetic enjoyment of the design. Overall, these findings align with findings from prior studies indicating that VR can enhance emotional regulation and attentional redirection during painful experiences, ultimately leading to improved patient satisfaction and compliance [52]. Participants' feedback on what they liked and disliked regarding the VR experience also highlighted areas for potential improvement, such as optimizing the comfort of VR equipment and enhancing image quality. Addressing these aspects could further increase the feasibility and appeal of VR interventions in clinical settings.

Despite the promising findings, our study has several limitations. First, the small sample size ( $n = 24$ ), though appropriate for a feasibility study, limits statistical power, precludes subgroup analyses, and reduces generalizability. Consequently, the results should be interpreted as preliminary. No a priori sample size calculation was conducted due to the exploratory nature of the trial; however, based on observed effect sizes ( $r = 0.79$  to  $0.83$ ), we estimate that 34–46 participants would be required to detect large effects ( $d \approx 1.0$ ), and up to 128 for medium effects ( $d = 0.5$ ) in a fully powered trial. Recruitment was limited by the specific clinical context and single-center design. Future multicenter studies could help overcome these barriers and increase statistical precision.

Second, although baseline comparisons were not statistically significant, small-to-moderate effect sizes for catastrophizing ( $d = -0.53$ ) and pain ( $d = -0.27$ ) indicate

*possible confounding. Future studies should consider covariate adjustment (e.g., ANCOVA) for significant or large effect sizes to account for baseline differences and assess potential moderators such as age, pain duration, and psychological characteristics. Another limitation is the focus on a single, short-term intervention. While this allowed for the assessment of immediate outcomes, it precluded the evaluation of longer-term benefits. Future research should include follow-up at 1–3 months to examine whether the effects of VR on pain, anxiety, and rumination are sustained and whether it enhances willingness to repeat painful treatments like capsaicin. Monitoring for signs of habituation, withdrawal, or overuse may also clarify the risk of VR dependence in therapeutic contexts.*

*Finally, economic feasibility should also be considered. Although the VR system used in this study may not be readily available in all settings, lower-cost, commercially available headsets are becoming increasingly accessible [53]. Future research should evaluate the cost-effectiveness of VR interventions and explore scalable models for clinical implementation.*

## 5. Conclusions

*In conclusion, this study adds to the growing body of evidence supporting the use of VR as an effective adjunct therapy for managing pain and anxiety in patients with chronic neuropathic pain. The results demonstrate that VR can enhance the treatment experience, promoting both pain relief and psychological well-being. Given the positive feedback regarding the acceptability and usability of the VR tool, there is a compelling case for its routine implementation in clinical practice. As healthcare continues to evolve, integrating innovative technologies such as VR into pain management protocols may pave the way for more effective and patient-centered approaches to treating chronic pain conditions.*

*Future studies should build upon these findings by exploring the long-term efficacy of VR interventions, expanding the patient population, and addressing the limitations identified in this study. By continuing to investigate the potential of VR in pain management, we can work toward enhancing the quality of life for individuals living with chronic pain.*

### Abbreviations

*The following abbreviations are used in this manuscript:*

VR                      *Virtual Reality*

TAU                    *Treatment As Usual*

*BPI*                      *Brief Pain Inventory*

*HADS*                      *Hospital Anxiety and Depression Scales*

*PCS*                      *Pain Catastrophizing Scale*

## **Supplementary Materials**

The following supporting information can be downloaded at:

<https://www.mdpi.com/article/10.3390/jcm14103590/s1>.

[jcm-14-03590-s001.zip](#) (54.3KB, zip)

## **Author Contributions**

The study conceptualization and design were led by A.S. and F.J.M., in collaboration with A.G.-P., D.C., and C.S.-R. The VR used in the study was managed by A.G.-P. and D.C. The people responsible for study implementation and data collection were A.S., M.S.C.D., and S.G.F.K. Funding for the study was secured by F.J.M. Data analysis was performed by C.S.-R. and A.S. All authors (A.S., M.S.C.D., C.S.-R., S.G.F.K., D.C., F.J.M., and A.G.-P.) contributed to the initial draft of the manuscript, with C.S.-R. and A.S. refining it for intellectual content. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

## **Institutional Review Board Statement**

All study procedures were approved by the ethics committee of Vall d'Hebron Hospital (Barcelona, Spain) under protocol number PR(ATR)338/2021, approval date: 4 August 2021.

## **Informed Consent Statement**

Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

## **Data Availability Statement**

Data will be accessible upon request to the corresponding author.

## **Conflicts of Interest**

The authors declare no conflicts of interest.

## Funding Statement

This research received no external funding.

## Footnotes

*Disclaimer/Publisher's Note:* The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

## References

1. Meints S.M., Edwards R.R. Evaluating Psychosocial Contributions to Chronic Pain Outcomes. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiatry*. 2018;87:168–182. doi: 10.1016/j.pnpbp.2018.01.017. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
2. Williams A.C.d.C., Craig K.D. Updating the Definition of Pain. *Pain*. 2016;157:2420–2423. doi: 10.1097/j.pain.0000000000000613. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
3. Colloca L., Ludman T., Bouhassira D., Baron R., Dickenson A.H., Yarnitsky D., Freeman R., Truini A., Attal N., Finnerup N.B., et al. Neuropathic Pain. *Nat. Rev. Dis. Primers*. 2017;3:17002. doi: 10.1038/nrdp.2017.2. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
4. Cruccu G., Truini A. A Review of Neuropathic Pain: From Guidelines to Clinical Practice. *Pain Ther.* 2017;6:35–42. doi: 10.1007/s40122-017-0087-0. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
5. Cohen S.P., Vase L., Hooten W.M. Chronic Pain: An Update on Burden, Best Practices, and New Advances. *Lancet*. 2021;397:2082–2097. doi: 10.1016/S0140-6736(21)00393-7. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
6. Hans G.H., Almeshal D., Vanlommel L., Roelant E., Verhaegen I., Smits E., Van Boxem K., Fontaine R., Investigators Team T.P. Considerations on the Obstacles That Lead to Slow Recruitment in a Pain Management Clinical Trial: Experiences from the Belgian PELICAN (PrEgabalin Lidocaine Capsaicin Neuropathic Pain) Pragmatic Study. *Pain Res. Manag.* 2023;2023:7708982. doi: 10.1155/2023/7708982. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
7. Bonezzi C., Costantini A., Cruccu G., Fornasari D.M.M., Guardamagna V., Palmieri V., Polati E., Zini P., Dickenson A.H. Capsaicin 8% Dermal Patch in Clinical Practice: An Expert Opinion. *Expert Opin. Pharmacother.* 2020;21:1377–1387. doi: 10.1080/14656566.2020.1759550. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
8. Hall O.M., Broussard A., Range T., Carroll Turpin M.A., Ellis S., Lim V.M., Cornett E.M., Kaye A.D. Novel Agents in Neuropathic Pain, the Role of Capsaicin: Pharmacology, Efficacy, Side Effects, Different Preparations. *Curr. Pain Headache Rep.* 2020;24:53. doi: 10.1007/s11916-020-00886-4. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
9. Dascal J., Reid M., IsHak W.W., Spiegel B., Recacho J., Rosen B., Danovitch I. Virtual Reality and Medical Inpatients: A Systematic Review of Randomized, Controlled Trials. *Innov. Clin. Neurosci.* 2017;14:14–21. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

10. McSherry T., Atterbury M., Gartner S., Helmold E., Searles D.M., Schulman C. Randomized, Crossover Study of Immersive Virtual Reality to Decrease Opioid Use during Painful Wound Care Procedures in Adults. *J. Burn Care Res.* 2018;39:278–285. doi: 10.1097/BCR.0000000000000589. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
11. Marya A., Venugopal A. The Use of Technology in the Management of Orthodontic Treatment-Related Pain. *Pain Res. Manag.* 2021;2021:5512031. doi: 10.1155/2021/5512031. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
12. Suso-Ribera C., Castilla D., Martínez-Borba V., Jaén I., Botella C., Baños R.M., García-Palacios A. Comprehensive Clinical Psychology. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: 2022. Technological Interventions for Pain Management; pp. 219–238. [[Google Scholar](#)]
13. Xiong J., Hsiang E.L., He Z., Zhan T., Wu S.T. Augmented Reality and Virtual Reality Displays: Emerging Technologies and Future Perspectives. *Light Sci. Appl.* 2021;10:216. doi: 10.1038/s41377-021-00658-8. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
14. Czech O., Wrzeciono A., Rutkowska A., Guzik A., Kiper P., Rutkowski S. Virtual Reality Interventions for Needle-Related Procedural Pain, Fear and Anxiety—A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Clin. Med.* 2021;10:3248. doi: 10.3390/jcm10153248. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
15. Dreesmann N.J., Su H., Thompson H.J. A Systematic Review of Virtual Reality Therapeutics for Acute Pain Management. *Pain Manag. Nurs.* 2022;23:672–681. doi: 10.1016/j.pmn.2022.05.004. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
16. Trost Z., France C., Anam M., Shum C. Virtual Reality Approaches to Pain: Toward a State of the Science. *Pain.* 2021;162:325–331. doi: 10.1097/j.pain.0000000000002060. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
17. Giacomelli L., Martin Sölch C., Ledermann K. The Effect of Virtual Reality Interventions on Reducing Pain Intensity in Chronic Pain Patients: A Systematic Review. *Virtual Real.* 2024;28:126. doi: 10.1007/s10055-024-00994-1. [[DOI](#)] [[Google Scholar](#)]
18. Chuan A., Zhou J.J., Hou R.M., Stevens C.J., Bogdanovych A. Virtual Reality for Acute and Chronic Pain Management in Adult Patients: A Narrative Review. *Anaesthesia.* 2021;76:695–704. doi: 10.1111/anae.15202. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
19. Sharar S.R., Miller W., Teeley A., Soltani M., Hoffman H.G., Jensen M.P., Patterson D.R. Applications of Virtual Reality for Pain Management in Burn-Injured Patients. *Expert Rev. Neurother.* 2008;8:1667–1674. doi: 10.1586/14737175.8.11.1667. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
20. Garrett B., Taverner T., Masinde W., Gromala D., Shaw C., Negraeff M. A Rapid Evidence Assessment of Immersive Virtual Reality as an Adjunct Therapy in Acute Pain Management in Clinical Practice. *Clin. J. Pain.* 2014;30:1089–1098. doi: 10.1097/AJP.0000000000000064. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
21. Leibovici V., Magora F., Cohen S., Ingber A. Effects of Virtual Reality Immersion and Audiovisual Distraction Techniques for Patients with Pruritus. *Pain Res. Manag.* 2009;14:283–286. doi: 10.1155/2009/178751. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
22. Moore D.J., Keogh E., Eccleston C. The Interruptive Effect of Pain on Attention. *Q. J. Exp. Psychol.* 2012;65:565–586. doi: 10.1080/17470218.2011.626865. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

23. Li A., Montaña Z., Chen V.J., Gold J.I. Virtual reality and pain management: Current trends and future directions. *Pain Manag.* 2011;1:147–157. doi: 10.2217/pmt.10.15. [\[DOI\]](#) [\[PMC free article\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
24. Goudman L., Jansen J., Billot M., Vets N., De Smedt A., Roulaud M., Rigoard P., Moens M. Virtual Reality Applications in Chronic Pain Management: Systematic Review and Meta-Analysis. *JMIR Serious Games.* 2022;10:e34402. doi: 10.2196/34402. [\[DOI\]](#) [\[PMC free article\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
25. Caserman P., Garcia-Agundez A., Gámez Zerbán A., Göbel S. Cybersickness in Current-Generation Virtual Reality Head-Mounted Displays: Systematic Review and Outlook. *Virtual Real.* 2021;25:1153–1170. doi: 10.1007/s10055-021-00513-6. [\[DOI\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
26. Jones T., Moore T., Choo J. The Impact of Virtual Reality on Chronic Pain. *PLoS ONE.* 2016;11:e0167523. doi: 10.1371/journal.pone.0167523. [\[DOI\]](#) [\[PMC free article\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
27. Schneider J.C. Rehabilitation Research Priorities. *J. Burn Care Res.* 2017;38:e635–e637. doi: 10.1097/BCR.0000000000000542. [\[DOI\]](#) [\[PMC free article\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
28. Hughes S.W., Zhao H., Auvinet E.J., Strutton P.H. Attenuation of Capsaicin-Induced Ongoing Pain and Secondary Hyperalgesia during Exposure to an Immersive Virtual Reality Environment. *Pain Rep.* 2019;4:e790. doi: 10.1097/PR9.0000000000000790. [\[DOI\]](#) [\[PMC free article\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
29. Pratik D., Padhan A., Mohapatra S., Sarangi S., Jyotiranjana T., Mahapatra A., Kundu A. Mechanisms of Neuropathic Pain. *Int. J. Livest. Res.* 2018;8:50. doi: 10.5455/ijlr.20171128040037. [\[DOI\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
30. Scholz J., Finnerup N.B., Attal N., Aziz Q., Baron R., Bennett M.I., Benoliel R., Cohen M., Cruccu G., Davis K.D., et al. The IASP Classification of Chronic Pain for ICD-11: Chronic Neuropathic Pain. *Pain.* 2019;160:53–59. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001365. [\[DOI\]](#) [\[PMC free article\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
31. Badia X., Muriel C., Gracia A., Núñez-Olartee J.M., Perulero N., Gálvez R., Carulla J., Cleeland C.S. Validación Española Del Cuestionario Brief Pain Inventory En Pacientes Con Dolor de Causa Neoplásica. *Med. Clin. Barc.* 2003;120:52–59. doi: 10.1016/S0025-7753(03)73601-X. [\[DOI\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
32. Suso-Ribera C., Castilla D., Zaragoza I., Ribera-Canudas M.V., Botella C., García-Palacios A. Validity, Reliability, Feasibility, and Usefulness of Pain Monitor. *Clin. J. Pain.* 2018;34:900–908. doi: 10.1097/AJP.0000000000000618. [\[DOI\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
33. Hernandez G., Garin O., Pardo Y., Vilagut G., Pont À., Suárez M., Neira M., Rajmil L., Gorostiza I., Ramallo-Fariña Y., et al. Validity of the EQ-5D-5L and Reference Norms for the Spanish Population. *Qual. Life Res.* 2018;27:2337–2348. doi: 10.1007/s11136-018-1877-5. [\[DOI\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
34. Herrero M.J., Blanch J., Peri J.M., De Pablo J., Pintor L., Bulbena A. A Validation Study of the Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) in a Spanish Population. *Gen. Hosp. Psychiatry.* 2003;25:277–283. doi: 10.1016/S0163-8343(03)00043-4. [\[DOI\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[Google Scholar\]](#)
35. García Campayo J., Rodero B., Alda M., Sobradie N., Montero J., Moreno S. Validación de La Versión Española de la Escala de la Catastrofización ante el Dolor

- (Pain Catastrophizing Scale) en la Fibromialgia. *Med. Clin.* 2008;131:487–492. doi: 10.1157/13127277. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
36. Derry S., Rice A.S., Cole P., Tan T., Moore R.A. Topical Capsaicin (High Concentration) for Chronic Neuropathic Pain in Adults. *Cochrane Database Syst. Rev.* 2017;2021:CD007393. doi: 10.1002/14651858.CD007393.pub4. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  37. Giaccari L.G., Aurilio C., Coppolino F., Pace M.C., Passsavanti M.B., Pota V., Sansone P. Capsaicin 8% Patch and Chronic Postsurgical Neuropathic Pain. *J. Pers. Med.* 2021;11:960. doi: 10.3390/jpm11100960. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  38. Backonja M., Wallace M.S., Blonsky E.R., Cutler B.J., Malan P., Rauck R., Tobias J. NGX-4010, a High-Concentration Capsaicin Patch, for the Treatment of Postherpetic Neuralgia: A Randomised, Double-Blind Study. *Lancet Neurol.* 2008;7:1106–1112. doi: 10.1016/S1474-4422(08)70228-X. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  39. Irving G.A., Backonja M.M., Duntzman E., Blonsky E.R., Vanhove G.F., Lu S.-P., Tobias J. NGX-4010 C117 Study Group A Multicenter, Randomized, Double-Blind, Controlled Study of NGX-4010, a High-Concentration Capsaicin Patch, for the Treatment of Postherpetic Neuralgia. *Pain Med.* 2011;12:99–109. doi: 10.1111/j.1526-4637.2010.01004.x. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  40. Hoffman H.G., Patterson D.R., Seibel E., Soltani M., Jewett-Leahy L., Sharar S.R. Virtual Reality Pain Control during Burn Wound Debridement in the Hydrotank. *Clin. J. Pain.* 2008;24:299–304. doi: 10.1097/AJP.0b013e318164d2cc. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  41. Mallari B., Spaeth E.K., Goh H., Boyd B.S. Virtual Reality as an Analgesic for Acute and Chronic Pain in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Pain Res.* 2019;12:2053–2085. doi: 10.2147/JPR.S200498. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  42. Mott J., Bucolo S., Cuttle L., Mill J., Hilder M., Miller K., Kimble R.M. The Efficacy of an Augmented Virtual Reality System to Alleviate Pain in Children Undergoing Burns Dressing Changes: A Randomised Controlled Trial. *Burns.* 2008;34:803–808. doi: 10.1016/j.burns.2007.10.010. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  43. Hoffman H.G., Rodriguez R.A., Gonzalez M., Bernardy M., Peña R., Beck W., Patterson D.R., Meyer W.J. Immersive Virtual Reality as an Adjunctive Non-Opioid Analgesic for Pre-Dominantly Latin American Children with Large Severe Burn Wounds During Burn Wound Cleaning in the Intensive Care Unit: A Pilot Study. *Front Hum. Neurosci.* 2019;13:262. doi: 10.3389/fnhum.2019.00262. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  44. Patel S., Baker N.A. Exploring Perspectives on Engagement in Interactive Virtual Reality for Chronic Pain Management: Insights from a Content Analysis Study. *Virtual Real.* 2024;28:160. doi: 10.1007/s10055-024-01054-4. [[DOI](#)] [[Google Scholar](#)]
  45. Hoffman H.G., Doctor J.N., Patterson D.R., Carrougner G.J., Furness T.A. Virtual Reality as an Adjunctive Pain Control during Burn Wound Care in Adolescent Patients. *Pain.* 2000;85:305–309. doi: 10.1016/S0304-3959(99)00275-4. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
  46. Campbell T.S., Johnson J.A., Zernicke K.A. Gate Control Theory of Pain. In: Gellman M.D., editor. *Encyclopedia of Behavioral Medicine*. Springer International Publishing; Cham, Switzerland: 2020. pp. 914–916. [[Google Scholar](#)]

47. Pardini S., Gabrielli S., Olivetto S., Fusina F., Dianti M., Forti S., Lancini C., Novara C. Personalized Virtual Reality Compared with Guided Imagery for Enhancing the Impact of Progressive Muscle Relaxation Training: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Ment. Health.* 2024;11:e48649. doi: 10.2196/48649. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
48. Furness P.J., Phelan I., Babiker N.T., Fehily O., Lindley S.A., Thompson A.R. Reducing Pain during Wound Dressings in Burn Care Using Virtual Reality: A Study of Perceived Impact and Usability with Patients and Nurses. *J. Burn Care Res.* 2019;40:878–885. doi: 10.1093/jbcr/irz106. [[DOI](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
49. Barreda-Ángeles M., Hartmann T. Hooked on the metaverse? Exploring the prevalence of addiction to virtual reality applications. *Front. Virtual Real.* 2022;3:1031697. doi: 10.3389/frvir.2022.1031697. [[DOI](#)] [[Google Scholar](#)]
50. Petrini L., Arendt-Nielsen L. Understanding Pain Catastrophizing: Putting Pieces Together. *Front. Psychol.* 2020;11:603420. doi: 10.3389/fpsyg.2020.603420. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
51. Turk D.C., Monarch E.S. *Psychological Approaches to Pain Management: A Practitioner's Handbook.* 3rd ed. The Guilford Press; New York, NY, USA: 2018. Biopsychosocial Perspective on Chronic Pain; pp. 3–24. [[Google Scholar](#)]
52. Montana J.I., Matamala-Gomez M., Maisto M., Mavrodiev P.A., Cavalera C.M., Diana B., Mantovani F., Realdon O. The Benefits of Emotion Regulation Interventions in Virtual Reality for the Improvement of Wellbeing in Adults and Older Adults: A Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2020;9:500. doi: 10.3390/jcm9020500. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
53. Cano-de-la-Cuerda R., Blázquez-Fernández A., Marcos-Antón S., Sánchez-Herrera-Baeza P., Fernández-González P., Collado-Vázquez S., Jiménez-Antona C., Laguarda-Val S. Economic Cost of Rehabilitation with Robotic and Virtual Reality Systems in People with Neurological Disorders: A Systematic Review. *J. Clin. Med.* 2024;13:1531. doi: 10.3390/jcm13061531. [[DOI](#)] [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]

