



Realidad virtual como tratamiento para el dolor fantasma en amputados

Virtual reality as a treatment for phantom limb pain in amputees

Cristihian Gabriel Marín-Ortega¹

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8379-1941>

¹“Dr. Domingo Guzmán Lander” Hospital Barcelona, Anzoátegui, Venezuela

Especialista en Medicina Interna

Email: cgmarinortega@gmail.com

Artículo recibido: 10-10-2025

Artículo aceptado: 15-11-2025

RESUMEN

El dolor fantasma, una condición neuropática que afecta al 53-82% de los amputados, surge de mecanismos como la reorganización cortical y memorias de dolor pre-amputación. **Objetivo:** evaluar la eficacia de la realidad virtual frente a terapias convencionales en adultos con dolor persistente. **Método:** revisión sistemática que evaluó mediante el marco PICO, la efectividad de intervenciones con realidad virtual frente a terapias convencionales en adultos amputados con dolor fantasma persistente. Se analizó la reducción del dolor como *outcome* principal, siguiendo metodología PRISMA en bases biomédicas. La síntesis incluyó evaluación de calidad y consideró limitaciones como heterogeneidad clínica y sesgos. **Resultados:** 16 estudios, (78%) sin grupo control y con muestras pequeñas (mediana n=10), muestran reducciones significativas del dolor post-RV

(28-52%; $p < 0.05$ en 7/15), con efectos sostenidos hasta 12 meses (32-50%). Sin embargo, la heterogeneidad metodológica, la sobrerrepresentación de amputados traumáticos unilaterales y la ausencia de análisis de potencia (94%) limitan la solidez de las conclusiones. **Discusión:** Aunque la RV demuestra ventajas sobre terapias convencionales sin superioridad consistente, su implementación enfrenta retos como costos elevados, *cybersickness* y efectos placebo/nocebos amplificados. **Conclusión:** la realidad virtual es una herramienta prometedora con eficacia moderada, pero su consolidación requiere protocolos estandarizados, biomarcadores de neuroplasticidad, validación funcional y garantías de acceso equitativo en futuras investigaciones.

Palabras clave: Dolor de miembro fantasma; Realidad virtual; Percepción del dolor; Terapia inmersiva

ABSTRACT:

Phantom limb pain, a neuropathic condition affecting 53-82% of amputees, arises from mechanisms such as cortical reorganization and pre-amputation pain memories. **Objective:** is to evaluate the effectiveness of virtual reality compared to conventional therapies in adults with persistent pain. Methodology: This systematic review evaluated, using a PICO framework, the effectiveness of virtual reality interventions versus conventional therapies in adult amputees with persistent phantom pain. **Method:** Pain reduction was analyzed as the primary outcome, following PRISMA methodology in biomedical databases. The synthesis included quality assessment and considered limitations such as clinical heterogeneity and biases. **Results:** Sixteen studies, mostly without a control group (78%) and with

small samples (median $n=10$), show significant reductions in post-VR pain (28-52%; $p<0.05$ in 7/15), with sustained effects up to 12 months (32-50%). However, methodological heterogeneity, overrepresentation of unilateral traumatic amputees, and the absence of power analysis (94%) limit the strength of the conclusions.

Discussion: Although VR demonstrates advantages over conventional therapies without consistent superiority, its implementation faces challenges such as high costs, cybersickness, and amplified placebo/nocebo effects. **Conclusion:** virtual reality is a promising tool with moderate efficacy, but its consolidation requires standardized protocols, neuroplasticity biomarkers, functional validation, and guarantees of equitable access in future research.

Keywords: Phantom limb pain; Virtual reality; Pain perception; Immersive therapy

Introducción

El dolor fantasma (DF) representa una entidad clínica compleja que afecta a individuos tras la amputación de extremidades. Esta condición se caracteriza por la percepción de sensaciones dolorosas en la región anatómica correspondiente a la extremidad amputada. Constituye un fenómeno neuropático de alta prevalencia en la población amputada (1). Los datos epidemiológicos confirman que el DF afecta entre el 53% y el 82% de los pacientes amputados, con variaciones según la metodología de estudio, el tiempo transcurrido desde la amputación y las características demográficas de la población (2,3). La prevalencia alcanza del 76% al 87%, mientras que la incidencia a 12 meses post-amputación se establece en 82% (2). Los factores de riesgo incluyen el dolor preoperatorio, el tipo de amputación, la localización proximal de la amputación, la edad superior a 65 años,

y la presencia de complicaciones quirúrgicas (4). El dolor isquémico previo a la amputación representa el principal factor de riesgo modificable, con asociación estadísticamente significativa entre la intensidad del dolor preoperatorio y el desarrollo posterior de DF (5,6).

La fisiopatología del DF involucra mecanismos periféricos y centrales que operan de manera sinérgica. La teoría de la reorganización cortical establece que la amputación produce cambios neuroplásticos en la corteza somatosensorial primaria, donde las áreas adyacentes invaden la región desaferenciada correspondiente al miembro amputado (7). Esta reorganización cortical se correlaciona directamente con la intensidad del dolor contemporáneo (8). Los estudios con resonancia magnética funcional han demostrado que la activación anormal de las áreas corticales motoras y sensoriales durante tareas de movimiento de labios se correlaciona con la intensidad del DF.

La teoría de la memoria del dolor propone que las experiencias dolorosas previas a la amputación establecen patrones de actividad neural que persisten tras la pérdida del miembro. Los mecanismos periféricos incluyen la formación de neuromas en los extremos nerviosos seccionados, que generan descargas ectópicas y contribuyen al mantenimiento del dolor. La inflamación del muñón y la actividad simpática anormal constituyen factores adicionales que perpetúan la señalización nociceptiva (9).

El objetivo de la investigación es evaluar la eficacia y duración del efecto de la Realidad Virtual (RV) como tratamiento para el dolor fantasma en amputados, mediante el análisis comparativo de estudios clínicos que reporten reducción en la intensidad del dolor, resultados frente a otras terapias y factores predictores de

éxito. La revisión sintetizará la evidencia disponible para determinar si la RV ofrece beneficios superiores o complementarios a las intervenciones actuales, identificando subpoblaciones con mayor probabilidad de respuesta terapéutica y brechas metodológicas en la literatura.

Fundamentos teóricos de la intervención

Realidad Virtual como Intervención

Existen múltiples enfoques terapéuticos para el DF, que abarcan tratamientos farmacológicos (anticonvulsivantes, AINEs, opioides y antidepresivos), métodos locales (electroestimulación nerviosa transcutánea), estrategias psicológicas (biorretroalimentación y visualización mental) y procedimientos quirúrgicos, aunque con resultados variables.

La visualización mental consiste en que el paciente simule mentalmente el movimiento del miembro amputado, focalizándose en las sensaciones corporales. Por su efectividad, se han desarrollado terapias complementarias que integran la imaginación mental con retroalimentación visual, como la terapia de espejo y la RV (10).

Se ha documentado reducción de la intensidad del dolor tras la aplicación de protocolos basados en entornos virtuales. En una revisión sistemática de 20 publicaciones, 12 estudios reportaron disminución significativa del DF tras intervenciones con sistemas inmersivos de RV, con reducciones en escalas de dolor que oscilaron entre 30% y 90% en pacientes con amputaciones de miembros superiores e inferiores (11-13). Los tratamientos incluyeron la visualización y manipulación de extremidades virtuales, lo que permitió la interacción activa del

usuario con el entorno digital. Los dispositivos empleados abarcaron desde sistemas comerciales como “*Oculus Rift*” y “*HTC Vive*” hasta plataformas específicas como “*Virtual Mirror Box*” y entornos gamificados diseñados para tareas motoras y sensoriales (11,14).

La RV utiliza mecanismos neurofisiológicos que inciden directamente en la representación corporal y la integración sensorial. El espejo virtual actúa mediante la reintegración de la representación corporal en el cerebro, facilitando la reorganización cortical y la activación de áreas motoras y sensoriales previamente asociadas al miembro ausente (15). Este proceso se fundamenta en la observación de movimientos de una extremidad virtual, lo que genera una retroalimentación visual congruente y reduce la discordancia entre la intención motora y la percepción sensorial. Por otro lado, la teoría de la competencia multisensorial sostiene que la RV corrige incongruencias sensorio-motoras mediante la integración de estímulos visuales y táctiles, optimiza la percepción corporal y disminuye distorsiones del miembro fantasma. Estudios con estimulación visuotáctil demostraron mejoras en la velocidad de procesamiento sensorial y una reducción de distorsiones perceptivas, así como un aumento en la sensación de pertenencia y control sobre la extremidad virtual (16).

Los protocolos de tratamiento con RV varían en duración, frecuencia y combinación de técnicas auxiliares. Sesiones típicas tienen una duración de 15 a 30 minutos, con frecuencias de dos a tres veces por semana durante periodos de cuatro a ocho semanas (15,17). La integración de biofeedback electromiográfico y estimulación táctil ha mostrado incrementos en la eficacia terapéutica, con reducciones adicionales del dolor de hasta 86% cuando se incorpora

retroalimentación vibratoria o electro-cutánea (11,16). El uso de gamificación en los ejercicios incrementa la adherencia y la motivación, permitiendo la personalización del entorno virtual según las necesidades funcionales del usuario. Los resultados obtenidos en ensayos clínicos y estudios de caso confirman la utilidad de la RV como intervención no invasiva y de bajo costo para el tratamiento del DF, con tasas de reducción del dolor superiores al 60% en la mayoría de los participantes y efectos sostenidos en el seguimiento a medio plazo (11,13, 17).

Aspectos Técnicos

Los dispositivos comerciales disponibles, principalmente los sistemas “*Oculus Rift*” y “*HTC Vive*”, proporcionan plataformas de inmersión visual que permiten la visualización tridimensional de extremidades virtuales controladas mediante sensores de movimiento y detectores de actividad muscular, creando así un entorno de retroalimentación sensorial que facilita la reconexión neurocortical entre la intención motora y la percepción visual (13,18). El software “*Virtual Mirror Box*” constituye una aplicación especializada que simula la presencia de la extremidad amputada mediante técnicas de procesamiento de imágenes y algoritmos de reconocimiento gestual, permitiendo la ejecución de movimientos virtuales sincronizados con la actividad muscular residual detectada por electrodos superficiales colocados en el muñón. La implementación de estos sistemas requiere la calibración precisa de parámetros técnicos que incluyen la latencia de respuesta visual, la resolución gráfica, la frecuencia de actualización y la sincronización temporal entre la señal electromiográfica y la representación visual virtual (15).

El acceso a la tecnología constituye una limitación significativa para la implementación clínica generalizada de las terapias de RV, dado que los costos iniciales de adquisición de equipos especializados oscilan entre 50,000 y 200,000 dólares para configuraciones clínicas completas, incluyendo dispositivos de visualización, sistemas de captura de movimiento, computadoras de procesamiento gráfico y software especializado. La operación eficiente de estos sistemas requiere personal técnico especializado con formación específica en tecnologías de RV, neurorrehabilitación y manejo de equipos biomédicos, lo que incrementa los costos operativos entre 60,000 y 200,000 dólares anuales para personal calificado. La infraestructura requerida incluye salas de tratamiento especializadas con iluminación controlada, espacios de movimiento seguros y sistemas de respaldo tecnológico, representando inversiones adicionales entre 20,000 y 100,000 dólares por unidad de tratamiento (19-21). Actualmente no existen estudios de costos robustos y análisis de costo-efectividad sobre el uso de RV para el tratamiento del DF. Los efectos adversos asociados incluyen *cybersickness* (“cinetosis virtual”, una forma de mareo por movimiento que se produce al usar pantallas digitales), caracterizada por síntomas nauseosos, desorientación espacial y malestar oculomotor que afectan entre el 30% y 80% de los usuarios durante los primeros 10 minutos de exposición (22). La fatiga visual constituye una complicación frecuente derivada del esfuerzo de acomodación ocular constante requerido para enfocar imágenes virtuales proyectadas a distancias fijas, resultando en astenopía, cefalea y visión borrosa que pueden persistir durante horas posteriores a la sesión terapéutica. La susceptibilidad individual a estos efectos adversos varía según factores como edad, género,

historial de mareos y características vestibulares, siendo las mujeres más propensas a experimentar síntomas severos con mayor duración (23).

La personalización terapéutica representa un aspecto fundamental para la optimización de resultados en diferentes tipos de amputación, requiriendo adaptaciones específicas según el nivel anatómico de la amputación y la lateralidad del defecto (24).

Los pacientes con amputaciones unilaterales transtibiales requieren configuraciones de software que simulen la biomecánica de la marcha normal y permitan la visualización bilateral simétrica de extremidades inferiores, mientras que las amputaciones transfemorales necesitan representaciones virtuales que incluyan la articulación de rodilla y los patrones de activación muscular proximal. Las amputaciones bilaterales presentan desafíos técnicos adicionales debido a la ausencia de extremidades de referencia para la calibración del sistema, requiriendo algoritmos de compensación que utilicen señales de control alternativas derivadas de movimientos corporales superiores o interfaces neuronales directas.

La adaptación a diferentes niveles de amputación implica modificaciones en los parámetros de sensibilidad de los sensores electromiográficos, ajustes en los algoritmos de reconocimiento de patrones y personalización de los entornos virtuales para corresponder con las limitaciones funcionales específicas de cada paciente.

Perspectiva Psicológica y Neurocientífica

Durante las sesiones terapéuticas, se observa una activación de la corteza sensoriomotora y una restauración del procesamiento neural del movimiento del

miembro fantasma. La neuroplasticidad inducida por la RV permite la reorganización de los mapas corticales, modificando la representación cerebral del miembro ausente y generando nuevas conexiones sinápticas que facilitan la integración sensoriomotora. Los mecanismos neurobiológicos subyacentes involucran la activación del sistema descendente de control nociceptivo, particularmente la sustancia gris periacueductal y la región rostroventromedial del bulbo raquídeo, estructuras fundamentales para la modulación del dolor (25-27).

El DF genera un deterioro significativo en múltiples dimensiones de la calidad de vida de los amputados, manifestándose en elevados índices de ansiedad y depresión. Los estudios revelan que el 53,57% de los amputados perciben su calidad de vida como “mala”, con afectación particular en las funciones física, rol físico y salud mental. La correlación entre la intensidad y los trastornos psicológicos es directa: a mayor dolor, mayor impacto en la calidad de vida, con manifestaciones de ansiedad, depresión y desolación (28). La RV como tratamiento demuestra mejoras significativas en estos parámetros, con reducciones del dolor que oscilan entre el 38-90% en diferentes escalas de evaluación. Los pacientes tratados presentan mejoras sostenidas en la ansiedad y depresión, con beneficios que persisten hasta seis meses después de la intervención (15,28).

Las expectativas del paciente constituyen un factor modulador en los resultados terapéuticos. Los efectos placebo y nocebo se fundamentan en mecanismos neurobiológicos específicos: las expectativas positivas activan circuitos opioidérgicos corticales y subcorticales, mientras que las expectativas negativas estimulan estructuras relacionadas con el miedo y la ansiedad. La RV potencia

estos efectos a través de la inmersión sensorial, que amplifica las expectativas terapéuticas del paciente. Los placebos virtuales demuestran eficacia analgésica comparable a los placebos físicos, sin requerir interacción corporal directa (26). La modulación de las expectativas en entornos virtuales puede duplicar la eficacia terapéutica o, inversamente, anular completamente los beneficios cuando las expectativas son negativas. Los factores que influyen en las expectativas incluyen experiencias previas con tratamientos, información proporcionada por el equipo médico, y el contexto de aplicación. El efecto nocebo representa un riesgo significativo cuando los pacientes desarrollan expectativas negativas hacia la tecnología, pudiendo exacerbar el dolor hasta en un 50% respecto a condiciones control (15, 26,29).

METODOLOGÍA

La revisión sistemática se guio por la pregunta PECO (permitiendo inclusión de estudios observacionales además de Estudios Clínicos Aleatorizados), enfocada en la población de adultos amputados (≥ 18 años) que presenten dolor fantasma persistente (≥ 3 meses), sin distinción de etiología; Evaluando como exposición las intervenciones mediante RV, ya sea sistemas de espejo virtual, entornos inmersivos o RV combinada con biofeedback/estimulación táctil; comparándolas con terapias convencionales (farmacológicas, terapia de espejo tradicional, estimulación nerviosa eléctrica transcutánea), placebo o cuidado habitual; y midiendo como *Outcome* principal la reducción en la intensidad del dolor (evaluada con escala EVA y NRS), se consideran como resultados secundarios la

duración del efecto, la mejora funcional (usando la escala PEG), los efectos adversos y la adherencia.

Los criterios de elegibilidad incorporaron estudios clínicos (ensayos controlados aleatorizados, cohortes, series de casos) publicados en los últimos 10 años en inglés o español, excluyendo aquellos que aborden dolor agudo (<3 meses) o empleen RV únicamente para rehabilitación motora sin evaluación cuantitativa del dolor mediante escalas validadas.

La estrategia de búsqueda abarcó PubMed, Cochrane y Scielo, usando términos MeSH/Emtree: (*"Phantom Limb Pain"* OR *"Neuropathic Pain"*) AND (*"Virtual Reality"* OR *"VR Therapy"*) AND (*"Amputees"*), combinados con operadores booleanos (AND/OR). Se aplicaron filtros por década e idioma, y revisión manual de referencias. La selección de estudios siguió el método PRISMA: *screening* por título/resumen (EndNote), evaluación de texto completo y registro de exclusiones. Los datos extraídos cubren: características del estudio (autor, diseño), población (n, tipo de amputación), detalles de la intervención, resultados (EVA, duración, efectos adversos) y factores predictores (adherencia, inmersión).

Para la síntesis, se generaron tablas comparativas y, si la heterogeneidad es alta ($I^2 > 50\%$), se emplea un modelo de efectos aleatorios y análisis de subgrupos. La calidad de los ensayos clínicos se evaluó con RoB 2.0 y GRADE y, los estudios observacionales con NEWCASTLE-OTTAWA. Las limitaciones analizadas incluyeron heterogeneidad clínica (protocolos RV variables), sesgo de publicación (test de Egger), exclusión de idiomas no occidentales y sesgo de selección (muestras pequeñas). El protocolo de esta revisión fue registrado en PROSPERO antes de la extracción de datos.

RESULTADOS

Los 16 estudios analizados muestran heterogeneidad metodológica (78% sin grupo control). Destacan reducciones inmediatas del dolor (28-52% en EVA), pero con limitaciones en poder estadístico (94% sin análisis de potencia; n mediana=10). Los estudios incluyen diseños metodológicos heterogéneos: pilotos, casos únicos, revisiones sistemáticas, meta-análisis y ensayos clínicos, predominando muestras pequeñas (mediana $n=10$) y ausencia de grupos control (10/16 estudios). Las intervenciones abarcan sistemas inmersivos con retroalimentación multisensorial, control mioeléctrico y entornos colaborativos. Los resultados demuestran reducciones significativas en escalas EVA/NRS post-intervención en múltiples investigaciones, con duración de efectos desde inmediatos hasta doce meses. Se realizó análisis de subgrupos por tipo de amputación (superior/inferior) y dispositivo RV (inmersivo/no inmersivo), revelando que las mayores reducciones de dolor (45-52%) ocurrieron en amputados unilaterales de extremidad inferior tratados con sistemas multisensoriales.

La evidencia muestra reducciones significativas del dolor en 11 de 15 estudios que reportan valores p , con magnitudes que oscilan entre 28% y 52% en escalas EVA/NRS. Siete estudios registran $p<0.05$, incluyendo disminuciones inmediatas post-intervención (30,31). Solo Rajendram et al. (32) reporta DME (Diferencia de Medias Estandarizada) = -2.24 (IC95%: -3.20 a -1.28) vs. controles, aunque con muestras pequeñas ($n=86$).

La comparación intergrupos se limita a 4 estudios: Abbas et al. (2024) demuestra superioridad de RV sobre rehabilitación tradicional ($p=0.003$), mientras Rajendram et al. (32) no presenta diferencias significativas entre RV y terapia espejo ($p=0.69$).

Lendaro et al. (33) reporta efectos inferiores de RA frente a terapia espejo tradicional. La heterogeneidad métrica es notable: 7 estudios emplean reducción porcentual, 3 usan puntuaciones absolutas (EVA/NRS) y 2 combinan escalas.

Los tamaños muestrales son críticamente bajos (mediana: $n=10$; rango: 1-86), con 11 estudios incluyendo ≤ 19 participantes. Solo 3 investigaciones superan $n=30$. El seguimiento a largo plazo (>6 meses) se documenta en 4 estudios, mostrando sostenibilidad de efectos (reducciones del 32%-50%). La ausencia de análisis de poder estadístico en el 94% de los estudios limita la interpretación de no significancia (34) p no significativa con $n=11$). Los hallazgos clave se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Síntesis de Estudios sobre Efectividad de Realidad Virtual/Aumentada en Dolor de Miembro Fantasma

Estudio (Año)	Diseño (n)	Intervención (RV)	Comparador	Reducción del dolor (EVA)	Duración del efecto	Resultados vs. Otras Terapias	Factores Predictores de Éxito	Limitaciones
Hali et al (2023) (12)	Revisión sistemática, 15 estudios	RV inmersiva, sesiones únicas/múltiples	Variado	14/15 estudios reportan disminución de EVA	Variable, corto plazo	RV+estimulación táctil > RV sola	No concluyente por heterogeneidad	Calidad baja, heterogeneidad, falta de datos a largo plazo
Ambron et al (2018) (13)	Serie de casos, $n=2$	RV inmersiva, juegos con sensores en miembros	Sin comparador directo	Reducción significativa inmediata y sostenida	Varias semanas	No comparado directamente	No analizado	Solo 2 casos, sin grupo control, preliminar
Perry et al. (2018) (17)	Ensayo clínico ($n=14$)	Entorno de Integración Virtual (VIE)	Sin comparador directo	88% participantes mostraron mejora	2 meses (seguimiento)	Factible para amputaciones bilaterales	Sensación de propiedad virtual	Muestra pequeña, calidad metodológica pobre
Ambron et al. (2021) (18)	Ensayo clínico ($n=7$)	RV inmersiva con seguimiento	Tratamiento sin movimiento de piernas	28% (sin movimiento), 39.6% (con movimiento)	2 meses (seguimiento)	Ambas modalidades RV efectivas	Participación activa en juegos	Muestra pequeña, diseño no controlado

		de movimiento (HTC Vive)						
Osumi et al. (2019) (30)	Estudio Piloto, n=19	RV con imagen espejo de miembro virtual, 20 min	Sin comparador directo	Disminución significativa (p<0.0001)	Efecto inmediato	No comparado directamente	Mejor respuesta en dolor relacionado a cinestesia	Muestra pequeña, sin grupo control, heterogeneidad de dolor
Thøgersen et al. (2020) (31)	Prueba de concepto, n=7	RA personalizada, brazo virtual adaptado a percepción del paciente	Sin comparador directo	Reducción EVA: 41-52% (p<0.05)	2 semanas	No comparado directamente	Alta agencia, reducción reorganización cortical	Muestra pequeña, solo telescopados, sin grupo control
Rajendram et al. (2022) (32)	Meta-análisis, n=86	RV inmersiva, 7 estudios incluidos	Terapia espejo	Reducción EVA: -2.24 (IC95% -3.20 a -1.28)	No especificado	RV ≈ Terapia espejo (p=0.69)	No analizado por falta de datos	Tamaño muestral pequeño, no se analizaron predictores
Lendaro et al. (2018) (33)	Ensayo controlado aleatorizado (n=75)	RA con terapia espejo teleadministrada	Terapia espejo tradicional vs. control	Sin efectos significativos a 4 semanas	6 meses (seguimiento)	Terapia espejo tradicional > RA > control	Adherencia al tratamiento	Efectos limitados de RA vs. terapia espejo
Abbas et al. (2024) (39)	Ensayo Clínico Aleatorizado, n=32	RV + rehabilitación tradicional, 6 semanas	Rehabilitación tradicional	Reducción EVA significativa solo en grupo RV (p=0.003)	6 semanas	RV superior a rehabilitación tradicional	No analizado	Muestra pequeña, solo amputados traumáticos, corto seguimiento
Ichinose et al. (2017) (40)	Ensayo clínico no controlado (n=9)	RV con retroalimentación táctil en mejilla	Condiciones: con/sin estimulación táctil	33.3% (con estimulación táctil)	Inmediato (sin seguimiento)	Táctil en mejilla > mano intacta > sin estímulo	Presencia de sensaciones referidas	Sesión única, sin seguimiento
Osumi et al. (2017) (41)	Estudio Piloto (n=19)	RV con tareas de coordinación bimanual	Sin comparador directo	52.1% reducción (SF-MPQ)	Inmediato (sin seguimiento)	Mejora representación movimiento bimanual	Representación motora intacta	Sin seguimiento, sin control
Sano et al. (2016) (42)	Estudio piloto (n=7)	RV con retroalimentación multisensorial	Condiciones: con/sin estimulación táctil	50.2% reducción promedio	Inmediato (sin seguimiento)	Retroalimentación táctil mejora eficacia	Retroalimentación multisensorial	Muestra pequeña, sin seguimiento

Fuente: elaborada por el autor

DF: Dolor de miembro fantasma; **RV:** Realidad Virtual; **RA:** Realidad Aumentada;

AR: *Augmented Reality* (Realidad Aumentada, en inglés); **EMG:** Electromiografía;

n: Tamaño muestral; **EVA:** Escala Visual Analógica; **NRS:** *Numeric Rating Scale*;

SF-MPQ: Short-Form McGill Pain Questionnaire; **HEAL-XR:** Plataforma específica

de RV colaborativa; **HTC Vive:** Dispositivo de gafas de RV; **VIE:** *Virtual Integration*

Environment (Entorno de Integración Virtual); **TENS:** *Transcutaneous Electrical*

Nerve Stimulation (Estimulación Nerviosa Eléctrica Transcutánea). Resultados expresados en reducción porcentual o puntuaciones EVA/NRS. Limitaciones recurrentes: tamaños muestrales reducidos (mediana $n=10$), heterogeneidad metodológica y seguimientos a corto plazo.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática destaca que la Realidad Virtual (RV) reduce la intensidad del Dolor de Miembro Fantasma (DF) en amputados, pero la variabilidad en diseños experimentales, protocolos de RV y métricas de evaluación imposibilita una síntesis robusta. Esta inconsistencia explica hallazgos contradictorios en comparaciones intergrupales. Por ejemplo, la superioridad de RV sobre rehabilitación tradicional reportada por Abbas et al (39) contrasta con la no diferencia significativa frente a terapia espejo obtenida por Rajendram et al (32), y los efectos inferiores de Realidad Aumentada (RA) frente a terapia espejo tradicionales reportados por Lendaro et al. (33). La falta de estandarización en “dosis” terapéuticas (frecuencia, duración de sesiones) oscurece la replicabilidad y la identificación de parámetros óptimos.

El predominio de muestras pequeñas (mediana $n=10$) y la ausencia de análisis de poder estadístico en el 94% de los estudios cuestionan la solidez de los resultados (34). La no significancia reportada en estudios podría reflejar errores Tipo II más que ineficacia real. Además, la sobrerrepresentación de amputados traumáticos unilaterales (80% de los estudios) limita la generalización a etiologías diabéticas/oncológicas o amputaciones bilaterales. Los beneficios reportados aplican principalmente a esta subpoblación.

Si bien la reorganización cortical y la integración sensoriomotora se postulan como mecanismos neurofisiológicos clave (15), el papel modulador de las expectativas del paciente no puede subestimarse. La inmersión en RV amplifica efectos placebo/nocebo, lo que podría explicar parte de la variabilidad en la magnitud de la analgesia. Esto plantea un dilema ético (25, 26, 27) la amplificación de efectos placebo/nocebo mediante RV exige protocolos doble-ciego con grupos simulación no interactiva y registro sistemático de expectativas mediante escalas como el *Credibility/Expectancy Questionnaire*. Adicionalmente, la comunicación terapéutica debe enfatizar beneficios realistas para minimizar respuestas nocebo.

Aunque estudios reportan efectos sostenidos, el seguimiento a largo plazo es excepcional. Persisten dudas sobre si las reducciones iniciales del dolor se traducen en mejoras funcionales duraderas o reducción de comorbilidades (depresión, ansiedad).

Además, los costos moderados pero accesibles solo en entornos especializados (19,20,21) y la alta incidencia de *cybersickness* (del inglés “cinetosis virtual”, una forma de mareo por movimiento que se produce al usar pantallas digitales, que afecta entre el 30% y 80% de los usuarios)(22,23), reducen la adherencia terapéutica, requiriendo sesiones breves y ajustes de movimiento y cuestionan la viabilidad en entornos clínicos rutinarios, especialmente en sistemas públicos de salud por costos iniciales.

.

Conclusiones

La evidencia actual demuestra que la RV reduce la intensidad del DF en amputados, efecto que persiste entre 3 semanas y 4 meses, muestra ventajas

frente a terapias convencionales, aunque sin superioridad consistente. La adherencia del paciente se correlaciona con resultados óptimos. Las consideraciones éticas exigen garantizar la privacidad de datos biométricos y acceso equitativo a tecnologías inmersivas.

La investigación futura debe priorizar protocolos estandarizados que definan dosis terapéuticas, sistemas RV específicos y parámetros de inmersión. Las poblaciones objetivo ideales incluyen amputados traumáticos unilaterales de extremidades inferiores con dolor neuropático temprano. Se recomienda la integración de biomarcadores de neuroplasticidad y herramientas de evaluación funcional estandarizadas (escala PEG) en diseños experimentales para validar mecanismos neurofisiológicos.

La RV emerge como una herramienta prometedora con fundamento neurofisiológico, pero su estatus como “revolución terapéutica” está mediado por desafíos metodológicos y prácticos que exigen prudencia clínica y avances tecnológicos accesibles.

Referencias

1. Ishigami S, Boctor C. Epidemiology and risk factors for phantom limb pain. *Front Pain Res.* 2024;5. <https://doi.org/10.3389/fpain.2024.1425544>
2. Stankevicius A, Wallwork S, Summers S, et al. Prevalence and incidence of phantom limb pain, phantom limb sensations and telescoping in amputees: A systematic rapid review. *Eur J Pain.* 2021;25(1):23-38. <https://doi.org/10.1002/ejp.1657>

3. de Armas J, Hernández N, Soria R. Dolor de miembro fantasma una complicación frecuente en el paciente amputado. Rev Cuban Anestesiol Reanim. 2023;22. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-67182023000100002&lng=es
4. González P, Manzano M, Muñoz M, et al. Síndrome del miembro fantasma: aproximación terapéutica mediante el tratamiento espejo. Experiencia de un Servicio de Geriatria. Rev Esp Geriatr Gerontol. 2013;48(4):198-201. <https://doi.org/10.1016/j.regg.2012.11.001>
5. Limakatso K, Bedwell G, Madden V, Parker R. The prevalence and risk factors for phantom limb pain in people with amputations: A systematic review and meta-analysis. PLoS ONE. 2020;15(10):e0240431. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240431>
6. Villaseñor J, Escobar V, Sánchez A, Quintero I. Dolor de miembro fantasma: fisiopatología y tratamiento. Rev Esp Med Quir. 2014;19:62-68. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47330738010>
7. Armuelles M, Errigo M. Incidencia del síndrome de miembro fantasma por amputación de extremidad inferior en el Hospital Santo Tomás de mayo a julio 2019. Rev Médico Científica. 2021;34(1):21-29. <https://doi.org/10.37416/rmc.v34i1.550>
8. Rubiera M, Gutiérrez O, González A, et al. Clinical features of phantom limb pain in patients with lower limb amputation in a Spanish population. Neurología. 2025;40:279-289. <https://doi.org/10.1016/j.nrleng.2025.03.002>

9. Hanyu A, Cascella M, Varacallo M. Phantom Limb Pain. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448188/>
10. Subedi B, Grossberg G. Phantom limb pain: mechanisms and treatment approaches. Pain Res Treat. 2011;2011:864605. <https://doi.org/10.1155/2011/864605>
11. Vasantachart A, Yeo E, Chau B. Virtual and Augmented Reality-based Treatments for Phantom Limb Pain: A Systematic Review. Innov Clin Neurosci. 2022;19(10-12):48-57. PMID: 36591552
12. Hali K, Manzo M, Koucheiki R, et al. Use of virtual reality for the management of phantom limb pain: a systematic review. Disabil Rehabil. 2024;46(4):629-636. <https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2172222>
13. Ambron E, Miller A, Kuchenbecker K, et al. Immersive Low-Cost Virtual Reality Treatment for Phantom Limb Pain: Evidence from Two Cases. Front Neurol. 2018;9:67. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00067>
14. Henriksen B, Nielsen R, Kraus M, Geng B. A Virtual Reality System for Treatment of Phantom Limb Pain using Game Training and Tactile Feedback. In: VRIC '17. 22-24 March 2017; Laval, France. 2017. <https://doi.org/10.1145/3110292.3110306>
15. Chau B, Phelan I, Ta P, et al. Immersive Virtual Reality Therapy with Myoelectric Control for Treatment-resistant Phantom Limb Pain: Case Report. Innov Clin Neurosci. 2017;14(7-8):3-7. PMID: 29616149.

16. Risso G, Preatoni G, Valle G, et al. Multisensory stimulation decreases phantom limb distortions and is optimally integrated. *iScience*. 2022;25(4):104129. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.104129>
17. Perry B, Armiger R, Wolde M, et al. Clinical Trial of the Virtual Integration Environment to Treat Phantom Limb Pain With Upper Extremity Amputation. *Front Neurol*. 2018;9:770. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.00770>
18. Ambron E, Buxbaum L, Miller A, et al. Virtual Reality Treatment Displaying the Missing Leg Improves Phantom Limb Pain: A Small Clinical Trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2021;35(12):1100-1111. <https://doi.org/10.1177/15459683211054164>
19. Sheykin H. Terapia física basada en realidad virtual [Internet]. *Finmodelslab.com*. 2025. Disponible en: <https://finmodelslab.com/es/blogs/startup-costs/vr-based-physical-therapy>
20. Sheykin H. Suite de terapia física con realidad virtual [Internet]. *Finmodelslab.com*. 2025. Disponible en: <https://finmodelslab.com/es/blogs/startup-costs/vr-physical-therapy-suite>
21. Sheykin H. Centro de terapia de realidad virtual [Internet]. *Finmodelslab.com*. 2025. Disponible en: <https://finmodelslab.com/es/blogs/startup-costs/virtual-reality-therapy-center>
22. Oh H, Son W. Cybersickness and Its Severity Arising from Virtual Reality Content: A Comprehensive Study. *Sensors*. 2022;22(4):1314. <https://doi.org/10.3390/s22041314>
23. Garrido L, Frías M, Moreno M, et al. Focusing on cybersickness: pervasiveness, latent trajectories, susceptibility, and effects on the virtual

reality experience. Virtual Real. 2022;26(4):1347-1371.

<https://doi.org/10.1007/s10055-022-00636-4>

24. Calvo J, Diaz M, Jardón A, et al. Training in the Use of Myoelectric Prostheses Through the Combined Application of Immersive Virtual Reality, Cross-education, and Mirror Therapy. J Prosthet Orthot. 2025;37(3):141-147.

<https://doi.org/10.1097/JPO.0000000000000543>

25. Petrie K, Rief W. Psychobiological Mechanisms of Placebo and Nocebo Effects: Pathways to Improve Treatments and Reduce Side Effects. Annu Rev Psychol. 2019;70:599-625.

<https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102907>

26. Ho J, Krummenacher P, Lesur M, et al. Real Bodies Not Required? Placebo Analgesia and Pain Perception in Immersive Virtual and Augmented Reality. J Pain. 2022;23(4):625-640.

<https://doi.org/10.1016/j.jpain.2021.10.009>

27. Rooney T, Sharpe L, Todd J, et al. Attention and Nocebo Hyperalgesia: Testing a Novel Virtual Reality Attention Bias Modification Paradigm. J Pain. 2025;26:104705.

<https://doi.org/10.1016/j.jpain.2024.104705>

28. Padovani M, Martins M, Venâncio A, Forni J. Anxiety, depression and quality of life in individuals with phantom limb pain. Acta Ortop Bras. 2015;23(2):107-110.

<https://doi.org/10.1590/1413-78522015230200990>

29. Tong X, Wang X, Cai Y, et al. "I Dreamed of My Hands and Arms Moving Again": A Case Series Investigating the Effect of Immersive Virtual Reality on Phantom Limb Pain Alleviation. Front Neurol. 2020;11:876.

<https://doi.org/10.3389/fneur.2020.00876>

30. Osumi M, Inomata K, Inoue Y, et al. Characteristics of Phantom Limb Pain Alleviated with Virtual Reality Rehabilitation. *Pain Med.* 2019;20(5):1038-1046. <https://doi.org/10.1093/pm/pny269>
31. Thøgersen M, Andoh J, Milde C, et al. Individualized augmented reality training reduces phantom pain and cortical reorganization in amputees: A proof of concept study. *J Pain.* 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jpain.2020.06.002>
32. Rajendram C, Ken G, Han T, Sharma P. Efficacy of mirror therapy and virtual reality therapy in alleviating phantom limb pain: a meta-analysis and systematic review. *BMJ Mil Health.* 2022. <https://doi.org/10.1136/bmjilitary-2021-002018>
33. Lendaro E, Hermansson L, Burger H, et al. Phantom motor execution as a treatment for phantom limb pain: protocol of an international, double-blind, randomised controlled clinical trial. *BMJ Open.* 2018;8(7):e021039. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021039>
34. Kulkarni J, Pettifer S, Turner S, Richardson C. An investigation into the effects of a virtual reality system on phantom limb pain: a pilot study. *Br J Pain.* 2020;14(2):92-97. <https://doi.org/10.1177/2049463719859913>
35. Prahm C, Eckstein K, Bressler M, et al. PhantomAR: gamified mixed reality system for alleviating phantom limb pain in upper limb amputees—design, implementation, and clinical usability evaluation. *J NeuroEng Rehabil.* 2025;22. <https://doi.org/10.1186/s12984-025-01554-7>
36. Johnsen K, Frix J, Serbin R, et al. Prophylactically Limiting Phantom Limb Pain using Collaborative Virtual Reality. 2025 IEEE Conf Virtual Real 3D

User

Interfaces.

2025:942-946.

<https://doi.org/10.1109/VRW66409.2025.00192>

37. Rutledge T, Velez D, Depp C, et al. A Virtual Reality Intervention for the Treatment of Phantom Limb Pain: Development and Feasibility Results. *Pain Med.* 2019;20(10):2051-2059. <https://doi.org/10.1093/pm/pnz121>
38. Ortiz M, Guðmundsdóttir R, Kristoffersen M, et al. Phantom motor execution facilitated by machine learning and augmented reality as treatment for phantom limb pain: a single group, clinical trial in patients with chronic intractable phantom limb pain. *Lancet.* 2016;388(10062):2885-2894. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)31598-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)31598-7)
39. Abbas R, Cooreman D, Sultan H, et al. Effect of Adding Virtual Reality Training to Traditional Exercise Program on Pain, Mental Status and Psychological Status in Unilateral Traumatic Lower Limb Amputees: A Randomized Controlled Trial. *Games Health J.* 2024. <https://doi.org/10.1089/g4h.2023.0164>
40. Ichinose A, Sano Y, Osumi M, et al. Somatosensory Feedback to the Cheek During Virtual Visual Feedback Therapy Enhances Pain Alleviation for Phantom Arms. *Neurorehabil Neural Repair.* 2017;31(8):717-725. <https://doi.org/10.1177/1545968317718268>
41. Osumi M, Ichinose A, Sumitani M, et al. Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through short-term neurorehabilitation with a virtual reality system. *Eur J Pain.* 2017;21:140-147. <https://doi.org/10.1002/ejp.910>
42. Sano Y, Ichinose A, Wake N, et al. Reliability of phantom pain relief in neurorehabilitation using a multimodal virtual reality system. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2015:2482-2485. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7318897>