

REALIDAD VIRTUAL Y NEURORREHABILITACIÓN DEL LENGUAJE EN PACIENTES CON AFASIA POST-ACV: ESTADO DEL ARTE Y PERSPECTIVAS INTERDISCIPLINARIAS

VIRTUAL REALITY AND LANGUAGE NEUROREHABILITATION IN PATIENTS WITH POST-STROKE APHASIA: STATE OF THE ART AND INTERDISCIPLINARY PERSPECTIVES

Juan José Toro Velandia

Estudiante Investigador, Ingeniería Biomédica, Universidad Manuela Beltrán
<https://orcid.org/0009-0006-8397-3060>

juantoro.jv@academia.umb.edu.co

URL: <https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=qvM5ztsAAAAJ>

Juan Camilo Serna Mejía

Estudiante Investigador, Ingeniería Biomédica, Universidad Manuela Beltrán
<https://orcid.org/0009-0002-1857-3117>

juanserna.cm@academia.umb.edu.co

URL: <https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=iLt1AoMAAAAJ>

David Leonardo Rodríguez Sarmiento

Docente investigador, Ingeniero Biomédico Doctor en Ciencias de la Salud,
Universidad Manuela Beltrán

<https://orcid.org/0000-0001-9752-0552>

David.RodriguezS@docentes.umb.edu.co

URL: <https://scholar.google.com/citationsuser=JCGu1z8AAAAJ&hl=en&oi=sra>

RESUMEN

Objetivo. Analizar el estado del arte de la rehabilitación lingüística en pacientes con afasia secundaria a accidente cerebrovascular (ACV), con énfasis en el uso de tecnologías emergentes como apoyo terapéutico.

Método. Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica orientada a identificar tendencias clínicas, terapéuticas y tecnológicas relacionadas con la rehabilitación de la afasia, particularmente el uso de herramientas

digitales y entornos de realidad virtual en procesos de neurorehabilitación del lenguaje.

Resultados. La evidencia revisada muestra un interés creciente por las tecnologías inmersivas debido a su capacidad para favorecer la estimulación multisensorial, la práctica repetitiva y la simulación de contextos comunicativos funcionales. Asimismo, diversos estudios reportan beneficios potenciales en la motivación, la participación y la funcionalidad comunicativa de los pacientes. No obstante, se identifican limitaciones relacionadas con la heterogeneidad metodológica, la escasa validación clínica longitudinal y la limitada personalización adaptativa de las intervenciones.

Conclusión. La literatura sugiere que la realidad virtual constituye un campo emergente con alto potencial en la neurorehabilitación lingüística, cuyo desarrollo dependerá de investigaciones interdisciplinarias con mayor rigor clínico, metodológico y tecnológico.

Palabras clave: Afasia, accidente cerebrovascular, realidad virtual, rehabilitación lingüística, neurorehabilitación, ingeniería biomédica.

ABSTRACT

Objective. To analyze the state of the art in language rehabilitation for patients with aphasia secondary to stroke, with emphasis on the use of emerging technologies as therapeutic support.

Method. A narrative review of the scientific literature was conducted to identify clinical, therapeutic, and technological trends related to aphasia rehabilitation, particularly the use of digital tools and virtual reality environments in language neurorehabilitation processes.

Results. The reviewed evidence shows a growing interest in immersive technologies due to their ability to enhance multisensory stimulation, repetitive practice, and the simulation of functional communicative contexts. Additionally, several studies report potential benefits in patient motivation, engagement, and communicative functionality. However, limitations remain

regarding methodological heterogeneity, limited longitudinal clinical validation, and insufficient adaptive personalization of interventions.

Conclusion. The literature suggests that virtual reality represents an emerging field with significant potential in language neurorehabilitation, whose advancement will depend on interdisciplinary research with greater clinical, methodological, and technological rigor.

Keywords: Aphasia, stroke, virtual reality, language rehabilitation, neurorehabilitation, biomedical engineering.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades no transmisibles (ENT), como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, el cáncer y las enfermedades respiratorias crónicas, representan actualmente la principal causa de mortalidad y discapacidad a nivel mundial (Rodríguez Sarmiento, 2023; Sarmiento et al., 2024). De acuerdo con reportes epidemiológicos recientes, estas enfermedades ocasionan aproximadamente 43 millones de muertes anuales, equivalentes a cerca del 75 % de la mortalidad global, afectando de manera desproporcionada a países de ingresos bajos y medios, donde se concentra más del 70 % de los fallecimientos asociados a ENT y persisten importantes limitaciones para prevención, diagnóstico temprano y procesos de rehabilitación integral (IHME, 2024; World Health Organization & World Bank, 2011).

Dentro de este panorama, las enfermedades cardiovasculares representan el grupo de mayor mortalidad (19 millones de muertes anuales.), y el accidente cerebrovascular (ACV) ocupa un lugar especialmente crítico debido a las secuelas motoras, cognitivas, funcionales y comunicativas que puede generar a quienes le sobreviven, consolidándose como una de las principales causas de discapacidad adquirida y necesidad de rehabilitación en adultos a nivel mundial (GBD 2021; Johnson et al., 2016).

Entre las secuelas asociadas al ACV se encuentra la afasia, la cual constituye una de las alteraciones neuropsicológicas con mayor impacto sobre la comunicación humana y la interacción social. El lenguaje representa una de las capacidades neurocognitivas más complejas del ser humano, ya que permite no solo intercambiar información, sino también construir identidad, expresar emociones, establecer vínculos sociales y participar activamente en

distintos entornos cotidianos. Cuando las redes neuronales involucradas en el procesamiento lingüístico resultan afectadas por una lesión cerebral, las consecuencias trascienden las dificultades del habla y comprometen múltiples dimensiones de la funcionalidad y la calidad de vida del paciente (GBD 2021; Johnson et al., 2016).

La afasia corresponde a un trastorno adquirido del lenguaje originado por lesiones cerebrales que alteran procesos relacionados con la comprensión, producción y uso funcional de la comunicación verbal y escrita (Berthier, 2005). Su presentación clínica es heterogénea y depende tanto de la localización como de la extensión del daño neurológico, pudiendo manifestarse con diferentes niveles de severidad y compromiso funcional (Danardhono et al., 2023). Diversos estudios reportan que entre una cuarta parte y hasta la mitad de los pacientes sobrevivientes a un ACV pueden desarrollar algún grado de afasia, convirtiéndola en una de las secuelas neuropsicológicas más frecuentes y con mayor repercusión sobre la funcionalidad comunicativa y social del paciente (Berthier, 2005).

Además de las dificultades comunicativas, la afasia puede afectar procesos asociados a lectura, escritura, comprensión auditiva e interacción social, limitando la independencia funcional y la participación del paciente en actividades familiares, laborales y comunitarias. El impacto de esta condición trasciende el ámbito estrictamente clínico, debido a que las alteraciones del lenguaje comprometen la capacidad del individuo para sostener relaciones interpersonales, conservar roles ocupacionales y participar en su entorno social. Las dificultades comunicativas derivadas de la afasia suelen asociarse con aislamiento social, disminución de la autoestima, síntomas depresivos y sobrecarga emocional tanto para el paciente como para sus cuidadores, configurando una afectación multidimensional que involucra componentes cognitivos, emocionales y sociales (Berthier, 2005; Fernández Vera, 2020).

En este escenario, la rehabilitación del lenguaje adquiere un papel relevante dentro de los procesos de neurorehabilitación posteriores al ACV. Las estrategias terapéuticas convencionales han mostrado beneficios mediante ejercicios de repetición verbal, estimulación lingüística y entrenamiento funcional orientado a recuperar habilidades comunicativas específicas (Martin et. al, 2007). Sin embargo, uno de los principales desafíos continúa siendo la transferencia de los aprendizajes terapéuticos hacia contextos reales de comunicación cotidiana.

Esta limitación adquiere especial relevancia debido al impacto de la afasia sobre la calidad de vida, la interacción social y la funcionalidad comunicativa. Por ejemplo, en un estudio de Fernández Vera (2020), se reportaron alteraciones significativas en salud general, frecuencia de comunicación y participación social en personas con afasia, además de diferencias entre las necesidades percibidas por los pacientes y las prioridades terapéuticas definidas por terceros. Estos hallazgos evidencian la necesidad de estrategias de rehabilitación más contextualizadas, funcionales y adaptables a las características de cada paciente.

Frente a estas limitaciones, las tecnologías digitales emergentes han comenzado a posicionarse como herramientas complementarias dentro de los procesos de neurorehabilitación (IHME, 2024). Particularmente, la realidad virtual (RV) ha despertado un interés creciente debido a su capacidad para desarrollar escenarios inmersivos, interactivos y ecológicamente válidos que permiten simular situaciones funcionales cercanas a la vida diaria del paciente (Rizzo & Koenig, 2017).

Estas tecnologías favorecen la interacción, la estimulación multisensorial y la práctica repetitiva de tareas terapéuticas en entornos controlados, permitiendo además incorporar elementos contextuales difíciles de reproducir mediante terapias convencionales. Desde una perspectiva neurorehabilitadora, los entornos virtuales ofrecen la posibilidad de integrar estímulos lingüísticos, cognitivos y sensoriomotores dentro de escenarios más cercanos a las demandas reales de comunicación, aspecto especialmente relevante para abordar las limitaciones históricas relacionadas con la generalización funcional del lenguaje (IHME, 2024; Rizzo & Koenig, 2017).

En este contexto, la articulación entre neurorehabilitación, fonoaudiología e ingeniería biomédica adquiere especial relevancia para el desarrollo de herramientas terapéuticas con mayor pertinencia clínica y funcional.

Bajo esta perspectiva, el presente working paper tiene como objetivo presentar un estado del arte sobre la rehabilitación lingüística en pacientes con afasia, con énfasis en el uso de tecnologías modernas como apoyo terapéutico.

METODOLOGÍA

El presente Working Paper se desarrolló mediante una revisión bibliográfica simple orientada a identificar, analizar y sintetizar evidencia relacionada con la rehabilitación del lenguaje en pacientes con afasia y el uso de tecnologías modernas como apoyo terapéutico.

La búsqueda de información se realizó en bases de datos y plataformas científicas ampliamente utilizadas en investigación biomédica y ciencias de la salud, entre ellas PubMed, ScienceDirect y Google Scholar. La estrategia de búsqueda incluyó palabras clave en español e inglés relacionadas con el objeto de estudio, entre ellas: "afasia", "rehabilitación del lenguaje", "realidad virtual", "tecnología" y "accidente cerebrovascular".

Inicialmente se identificaron aproximadamente 30 documentos potencialmente relevantes. Posteriormente, se efectuó una revisión preliminar de títulos, resúmenes y objetivos, excluyendo estudios sin relación directa con rehabilitación lingüística, afasia o tecnologías aplicadas a contextos terapéuticos.

La selección consideró criterios relacionados con: (i) pertinencia temática respecto a procesos de rehabilitación lingüística o afasia; (ii) abordaje de tecnologías modernas aplicadas a neurorehabilitación orientada al lenguaje; y (iii) claridad metodológica.

Posteriormente, los estudios seleccionados fueron organizados mediante una clasificación temática orientada a facilitar el análisis narrativo e interpretativo de la información. A partir de esta organización se realizó un análisis comparativo de los principales hallazgos reportados en la literatura, permitiendo identificar tendencias de investigación, aportes terapéuticos, limitaciones metodológicas y vacíos existentes en el área de estudio.

RESULTADOS

La revisión narrativa permitió identificar y analizar 12 estudios considerados centrales para el presente estado del arte, enfocados en rehabilitación lingüística en afasia y tecnologías emergentes aplicadas a neurorehabilitación. Los trabajos seleccionados abordaron estimulación cerebral y neuroplasticidad (Baker et al., 2010), terapia del lenguaje post-ACV (Brady et al., 2016), entrenamiento funcional asistido por computador (Cherney et al., 2011), estimulación multisensorial (Johansson, 2012), procesos cognitivos asociados a recuperación lingüística (Dignam et al., 2017), impacto psicosocial de la afasia (Elman & Bernstein-Ellis, 1999) y aplicaciones de tecnologías digitales y realidad virtual en neurorehabilitación

(van de Sandt-Koenderman, 2011; Cao et al., 2021; Repetto et al., 2021; Devane et al., 2023; Khan et al., 2023; Kljajevic, 2024).

De manera complementaria, otras referencias fueron utilizadas como soporte conceptual y discusivo para contextualizar y fortalecer el análisis. A partir de la literatura revisada se identificaron tendencias relacionadas con los fundamentos clínicos de la afasia, las estrategias terapéuticas convencionales y la incorporación progresiva de herramientas digitales e inmersivas en contextos de rehabilitación.

1. Bases clínicas y neuropsicológicas de la afasia

Uno de los principales hallazgos corresponde al reconocimiento de la afasia como un trastorno complejo que trasciende las alteraciones de la producción verbal. Los estudios revisados coinciden en que esta condición involucra procesos cognitivos relacionados con atención, memoria, comprensión y funciones ejecutivas, los cuales influyen directamente sobre el desempeño comunicativo y funcional de los pacientes.

Desde una perspectiva clínica, Berthier (2005) y Danardhono et al. (2023) describen la afasia como un trastorno heterogéneo cuyas manifestaciones dependen de la localización y extensión del daño neurológico. De manera complementaria, Johnson et al. (2016) destacan el impacto global del ACV como una de las principales causas de discapacidad adquirida, mientras que Dignam et al. (2017) señalan que el desempeño en tareas de denominación puede verse condicionado por capacidades cognitivas asociadas, especialmente memoria de trabajo y funciones ejecutivas.

Estos hallazgos evidencian una transición desde enfoques centrados en repetición verbal hacia modelos terapéuticos más integrales, donde convergen componentes lingüísticos, cognitivos y funcionales. Esta perspectiva coincide con los planteamientos de LaPointe (2005), quien propone comprender la rehabilitación de la afasia desde sus implicaciones comunicativas y funcionales.

En conjunto, se observa que la rehabilitación requiere intervenciones que integren comprensión, expresión, memoria, atención e interacción social dentro de escenarios funcionales de comunicación. La literatura también evidencia un interés creciente por estrategias terapéuticas contextualizadas, debido a que uno de los principales desafíos de la rehabilitación continúa siendo la transferencia de habilidades terapéuticas hacia situaciones reales de comunicación cotidiana. En este contexto, Brady et al. (2016) reconocen la terapia del lenguaje como uno de los pilares fundamentales de la rehabilitación post-ACV.

2. Estrategias terapéuticas convencionales y componentes funcionales

Los estudios analizados evidencian una tendencia hacia intervenciones centradas en tareas funcionales y procesos comunicativos contextualizados. Cherney et al. (2011) reportan resultados favorables mediante entrenamiento basado en guiones estructurados orientados a fortalecer habilidades comunicativas en situaciones cotidianas.

Johansson (2012) resalta la importancia de la estimulación multisensorial dentro de la neurorehabilitación, particularmente mediante la integración de estímulos visuales, auditivos y motores asociados al fortalecimiento de procesos terapéuticos y habilidades funcionales de comunicación.

De manera complementaria, Baker et al. (2010) describen mejoras en recuperación lingüística mediante estrategias orientadas a la estimulación de redes neuronales específicas, sugiriendo que mecanismos relacionados con neuroplasticidad pueden contribuir al fortalecimiento de la recuperación del lenguaje cuando se integran en programas terapéuticos estructurados. Estos hallazgos son consistentes con la revisión sistemática desarrollada por Brady et al. (2016), la cual reporta beneficios clínicos asociados a la terapia del lenguaje en pacientes con afasia post-ACV.

La evidencia revisada también permitió identificar componentes terapéuticos recurrentes dentro de los programas de rehabilitación lingüística, entre ellos actividades de denominación de objetos, formación de oraciones, comprensión auditiva y lectora, así como reconocimiento multisensorial. Dignam et al. (2017) abordan particularmente las tareas de denominación y recuperación léxica, mientras que Cherney et al. (2011) destacan el valor de las estrategias funcionales contextualizadas.

De esta manera, se comprende como futuras herramientas tecnológicas para rehabilitación lingüística no deberían limitarse a reproducir ejercicios convencionales, sino incorporar dinámicas funcionales asociadas a escenarios reales de interacción comunicativa.

3. Tecnologías digitales y realidad virtual en neurorehabilitación lingüística

Otro hallazgo relevante corresponde al incremento progresivo de investigaciones orientadas al uso de tecnologías digitales e inmersivas en rehabilitación neurológica. Dentro de este panorama, la realidad virtual (RV) aparece como una de las tecnologías más estudiadas en los trabajos revisados. Rizzo y Koenig (2017) señalan que los entornos virtuales

permiten desarrollar escenarios controlados e interactivos que facilitan la repetición terapéutica, la estimulación cognitiva y la simulación de actividades funcionales cercanas a la vida cotidiana.

Esta tendencia coincide con los planteamientos de van de Sandt-Koenderman (2011), quien destaca la necesidad de incorporar herramientas computacionales como mecanismos complementarios para fortalecer la intensidad y continuidad de las intervenciones terapéuticas en pacientes con afasia.

Por otra parte, Cao et al. (2021), Repetto et al. (2021), Devane et al. (2023) y Khan et al. (2023), reportan potenciales beneficios asociados a las intervenciones basadas en RV, especialmente en aspectos relacionados con motivación, adherencia terapéutica, participación y desempeño funcional.

Desde una perspectiva más reciente, Kljajevic (2024) destaca el creciente interés por el desarrollo de herramientas inmersivas orientadas específicamente a procesos de rehabilitación del lenguaje. Los estudios revisados sugieren que los entornos virtuales facilitan la simulación de actividades comunicativas funcionales, favoreciendo la práctica contextualizada y la interacción con el paciente.

Otro aspecto relevante identificado en la literatura, corresponde a la capacidad de los entornos virtuales para generar escenarios ecológicamente válidos, permitiendo que los pacientes interactúen con estímulos similares a situaciones reales de comunicación. Esta característica podría favorecer la transferencia funcional de habilidades lingüísticas hacia contextos cotidianos, una de las principales limitaciones históricas de la terapia convencional.

No obstante, aunque los resultados reportados son prometedores, la evidencia actual continúa presentando limitaciones relacionadas con heterogeneidad metodológica, tamaños muestrales reducidos y escasez de validaciones clínicas longitudinales. En consecuencia, los hallazgos deben interpretarse con cautela al considerar su aplicabilidad clínica generalizada.

4. Brechas identificadas y propuestas futuras

Aunque la literatura reciente evidencia un interés creciente por las tecnologías inmersivas aplicadas a neurorehabilitación, persisten limitaciones importantes relacionadas con desarrollo, validación e implementación clínica en pacientes con afasia.

Una de las principales brechas identificadas corresponde a la escasa cantidad de estudios específicamente orientados a rehabilitación lingüística mediante RV, dado que gran parte de la evidencia continúa enfocándose en

recuperación motora o funciones cognitivas generales post-ACV (Rizzo & Koenig, 2017; Khan et al., 2023). En consecuencia, aún existe una limitada exploración de procesos lingüísticos específicos como comprensión, producción verbal, recuperación léxica y procesamiento semántico. Frente a este panorama, futuras investigaciones deberían priorizar el desarrollo y validación de entornos inmersivos dirigidos específicamente a funciones comunicativas y lingüísticas.

Asimismo, gran parte de los estudios disponibles permanecen en fases experimentales o pilotos clínicos, con tamaños muestrales reducidos y seguimientos limitados, dificultando establecer conclusiones sólidas sobre efectividad terapéutica sostenida y aplicabilidad clínica a largo plazo (Cao et al., 2021; Devane et al., 2023). En este sentido, resulta necesario avanzar hacia estudios longitudinales y diseños metodológicos más robustos que permitan evaluar impacto funcional, adherencia terapéutica y transferencia de habilidades comunicativas hacia contextos cotidianos.

Otro desafío relevante corresponde a la limitada personalización adaptativa de los entornos de RV. Esta limitación adquiere especial importancia debido a la heterogeneidad clínica de la afasia, caracterizada por diferencias en severidad, perfil neuropsicológico y evolución funcional entre pacientes (Berthier, 2005; Danardhono et al., 2023). La evidencia revisada sugiere la necesidad de desarrollar plataformas más flexibles e individualizadas, capaces de ajustar dinámicamente las actividades terapéuticas según las características cognitivas, lingüísticas y funcionales de cada usuario.

De manera complementaria, persiste la ausencia de protocolos estandarizados para validación clínica y evaluación de usabilidad en herramientas inmersivas orientadas a rehabilitación lingüística. Los estudios revisados muestran variabilidad tanto en diseño metodológico como en criterios de evaluación terapéutica, dificultando la comparación entre resultados y la consolidación de evidencia robusta sobre efectividad clínica (Repetto et al., 2021; Devane et al., 2023). Por ello, futuras investigaciones deberían fortalecer el desarrollo de métricas e instrumentos de evaluación que integren criterios técnicos, funcionales y fonoaudiológicos.

Finalmente, la literatura revisada resalta la necesidad de fortalecer el trabajo interdisciplinario entre ingeniería biomédica, neurorehabilitación y fonoaudiología, con el propósito de integrar criterios tecnológicos y clínicos durante el diseño, implementación y validación de plataformas inmersivas. Asimismo, resulta relevante ampliar la investigación sobre el impacto psicosocial de estas tecnologías en aspectos relacionados con calidad de vida,

interacción social y participación comunicativa de los pacientes con afasia (Elman & Bernstein-Ellis, 1999).

CONCLUSIÓN

La literatura revisada evidencia que la rehabilitación lingüística en pacientes con afasia requiere enfoques integrales capaces de articular componentes lingüísticos, cognitivos y funcionales. La literatura revisada muestra una transición progresiva hacia modelos centrados en la funcionalidad comunicativa y destaca el creciente interés por el uso de tecnologías inmersivas, especialmente realidad virtual, como herramientas complementarias para fortalecer la interacción, la práctica contextualizada y la participación terapéutica en procesos de neurorehabilitación. No obstante, persisten desafíos relacionados con validación clínica, heterogeneidad metodológica y personalización de las intervenciones, lo que evidencia la necesidad de fortalecer investigaciones interdisciplinarias orientadas al desarrollo de soluciones tecnológicas con mayor pertinencia clínica y funcional.

REFERENCIAS

- Baker, J. M., Rorden, C., & Fridriksson, J. (2010). Using transcranial direct-current stimulation to treat stroke patients with aphasia. *Stroke*, *41*(6), 1229–1236. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.109.576785>
- Berthier, M. L. (2005). Poststroke aphasia: Epidemiology, pathophysiology and treatment. *Drugs & Aging*, *22*(2), 163–182. <https://doi.org/10.2165/00002512-200522020-00006>
- Brady, M. C., Kelly, H., Godwin, J., Enderby, P., & Campbell, P. (2016). Speech and language therapy for aphasia following stroke. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2016*(6), Article CD000425. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000425.pub4>
- Cao, Y., Huang, X., Zhang, B., Kranz, G. S., Zhang, D., Li, X., & Chang, J. (2021). Effects of virtual reality in post-stroke aphasia: A systematic review and meta-analysis. *Neurological Sciences*, *42*(12), 5249–5259. <https://doi.org/10.1007/s10072-021-05202-5>
- Cherney, L. R., Halper, A. S., & Kaye, R. C. (2011). Computer-based script training for aphasia: Emerging themes from post-treatment interviews.

Journal of Communication Disorders, 44(4), 493–501.
<https://doi.org/10.1016/j.jcomdis.2011.04.002>

Danardhono, R. H., Saleh, A. Y., Theresa, R. M., & Astari, R. V. (2023). Characteristics of aphasia in ischemic stroke patients at a national brain center in Indonesia. *Folia Medica Indonesiana*, 59(4), 341–349.
<https://doi.org/10.20473/fmi.v59i4.42746>

Devane, N., Behn, N., Marshall, J., Ramachandran, A., Wilson, S., & Hilari, K. (2023). The use of virtual reality in the rehabilitation of aphasia: A systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 45(23), 3803–3822.
<https://doi.org/10.1080/09638288.2022.2138573>

Dignam, J., Copland, D., O'Brien, K., Burfein, P., Khan, A., & Rodriguez, A. D. (2017). Influence of cognitive ability on therapy outcomes for anomia in adults with chronic poststroke aphasia. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 60(2), 406–421. https://doi.org/10.1044/2016_JSLHR-L-15-0384

Elman, R. J., & Bernstein-Ellis, E. (1999). Psychosocial aspects of group communication treatment: Preliminary findings. *Seminars in Speech and Language*, 20(1), 65–72. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1064009>

Fernández Vera, C. (2020). *La calidad de vida en las personas con afasia*. Comillas. Universidad Pontificia.

GBD 2021 Stroke Risk Factor Collaborators. (2024). Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2021: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Neurology*.
[https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(24\)00369-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(24)00369-7)

Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). **Global Burden of Disease 2021: Findings from the GBD 2021 Study**. Seattle, WA: IHME, 2024.

Johansson, B. B. (2012). Multisensory stimulation in stroke rehabilitation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, Article 60.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00060>

Johnson, W., Onuma, O., Owolabi, M., & Sachdev, S. (2016). Stroke: A global response is needed. *Bulletin of the World Health Organization*, 94(9), 634–634A. <https://doi.org/10.2471/BLT.16.181636>

Khan, A., Podlasek, A., & Somaa, F. (2023). Virtual reality in post-stroke neurorehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Topics in Stroke*

Rehabilitation, 30(1), 53–72.
<https://doi.org/10.1080/10749357.2021.1990468>

Kljajevic, V. (2024). Embracing virtual reality in rehabilitation of post-stroke aphasia. *Digital Health*, 10, 20552076241271823.
<https://doi.org/10.1177/20552076241271823>

Martin, N., Thompson, C. K., & Worrall, L. (2007). *Aphasia rehabilitation: The impairment and its consequences*. Plural Publishing.

Repetto, C., Paolillo, M. P., Tuena, C., Bellinzona, F., & Riva, G. (2021). Innovative technology-based interventions in aphasia rehabilitation: A systematic review. *Aphasiology*, 35(12), 1623–1646.

Rizzo, A. S., & Koenig, S. T. (2017). Is clinical virtual reality ready for primetime? *Neuropsychology*, 31(8), 877–899.
<https://doi.org/10.1037/neu0000405>

Rodríguez Sarmiento, D. L. (2023). *Diseño y evaluación de algoritmos de análisis de desempeño y control para sistemas de administración automática de insulina en pacientes con diabetes*.

Sarmiento, D. L. R., Méndez, A. F. S., Doncel, M. P. M., Quintero, C. A. C., & Mendoza, L. V. R. (2024). Mejoramiento de la calidad de vida a través del apoyo integral a la gestión de la diabetes por medio de investigación científica e ingeniería traslacional. En *Perspectivas multidisciplinares en salud: Estrategias prácticas para el bienestar* (pp. 109–116). Asociación Universitaria de Educación y Psicología (ASUNIVEP).

Van de Sandt-Koenderman, W. M. (2011). Aphasia rehabilitation and the role of computer technology: Can we keep up with modern times? *International Journal of Speech-Language Pathology*, 13(1), 21–27.
<https://doi.org/10.3109/17549507.2010.502973>

World Health Organization, & World Bank. (2011). *World report on disability*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241564182>