

Evaluación neuropsicológica y realidad virtual: una revisión sistemática¹

Andrés Camilo Delgado Reyes

Especialista en Neuropsicopedagogía
Universidad de Manizales, Colombia
Correo electrónico: acdelgado58718@umanizales.edu.co

Jessica Valeria Sánchez López

Ph. D. en Ciencias Sociales, Niñez y Juventud
Universidad de Manizales, Colombia
Correo electrónico: jsanchez@umanizales.edu.co

Recibido: 12/05/2021
Evaluado: 18/06/2021
Aceptado: 27/10/2021

Resumen

Los instrumentos de evaluación neuropsicológica deben cumplir con varias características como la validez ecológica; así, la realidad virtual busca satisfacer la necesidad de crear instrumentos que tengan correlación con su funcionamiento en la vida diaria. El objetivo del trabajo es precisar el tipo de realidad virtual implementada en la generación de plataformas de evaluación neuropsicológica publicadas durante el periodo de 2017-2021 en la plataforma Pubmed. Se incluyen un total de catorce trabajos: el 71,4% de las plataformas publicadas utilizaron Realidad Virtual Inmersiva y el 28,6% utilizan Realidad Virtual No Inmersiva; el 35,7% de las plataformas diseñadas buscan evaluar la memoria, seguido de las funciones ejecutivas (21,4%), la atención (21,4%) y el diseño de baterías de evaluación (21,4%). La sensación de inmersión permite que la evaluación, por medio de estas plataformas, cause mayor validez ecológica por la alta demanda cognitiva que presenta y por la capacidad de generar diferentes respuestas.

Palabras clave

Realidad virtual, Neuropsicología, Evaluación, Atención, Memoria, Funciones ejecutivas.

¹ Para citar este artículo: Delgado-Reyes, A., y Sanchez, J. (2023). Evaluación neuropsicológica y realidad virtual: una revisión sistemática. *Informes Psicológicos*, 23(1), pp. 108-124 <http://dx.doi.org/10.18566/infpsic.v23n1a07>

Avaliação Neuropsicológica e Realidade Virtual: uma Revisão Sistemática

Resumo

Os instrumentos de avaliação neuropsicológica devem obedecer a diversas características como validade ecológica; assim, a realidade virtual procura satisfazer a necessidade de criar instrumentos correlacionados com o funcionamento na vida diária. O objetivo do trabalho é especificar o tipo de realidade virtual implementada na geração de plataformas de avaliação neuropsicológica publicadas durante o período 2017-2021 na plataforma Pubmed. Um total de 14 artigos estão incluídos: 71,4% das plataformas publicadas usaram Realidade Virtual Imersiva e 28,6% usaram Realidade Virtual Não-Imersiva; 35,7% das plataformas desenhadas procuram avaliar a memória, seguida das funções executivas (21,4%), atenção (21,4%) e o desenho de baterias de avaliação (21,4%). A sensação de imersão permite que a avaliação por meio dessas plataformas apresente maior validade ecológica devido à alta demanda cognitiva que apresenta e à capacidade de gerar diferentes respostas.

Palavras-chave

Realidade virtual, Neuropsicologia, Avaliação, Atenção, Memória, Funções executivas.

Neuropsychological Assessment and Virtual Reality: A Systematic Review

Abstract

Neuropsychological assessment instruments must comply with several characteristics including ecological validity; thus, virtual reality seeks to satisfy the need to create instruments that are correlated with functioning in daily life. The objective of this work is to specify the type of virtual reality implemented in the generation of neuropsychological assessment platforms published during the period 2017-2021 on the Pubmed platform. A total of 14 papers are included: 71.4% of the published platforms used Immersive Virtual Reality and 28.6% use Non-Immersive Virtual Reality; 35.7% of the designed platforms seek to assess memory, followed by executive functions (21.4%), attention (21.4%) and the design of assessment batteries (21.4%). The feeling of immersion allows the assessment through these platforms to present more ecological validity due to its high cognitive demand and to its ability to generate different responses.

Keywords

Virtual reality, Neuropsychology, Assessment, Attention, Memory, Executive functions.

Introducción

La neuropsicología es una disciplina dentro de la neurociencia que toma conocimientos de varias disciplinas como la anatomía, la biología, la biofísica, la neurología y la psicología, entre otras, con el objetivo de comprender el vínculo existente entre los procesos psicológicos superiores y el funcionamiento cerebral. Su objetivo primordial es conocer el funcionamiento de los circuitos neuroanatómicos que están en la base de la conducta humana, permitiendo el conocimiento de la organización del sistema nervioso en personas neurotípicas, con alteraciones del neurodesarrollo y en aquellas que han sufrido algún tipo de daño cerebral adquirido (Ardila & Rosselli, 1993; Arnedo et al., 2012; Arango-Lasprilla & Rivera, 2015; Delgado-Reyes, 2018; Kolb & Whishaw, 2017). Como área clínica y de generación de conocimiento teórico, se considera una disciplina de convergencia entre el análisis clínico-neurológico y el análisis conductual-emocional. Sus mecanismos de evaluación recurren tanto a estrategias clínicas derivadas de la neurología y técnicas psicométricas provenientes de la psicología (Ardila & Ostrosky, 2012), por lo que se encuentra ubicada entre las ciencias biológicas y las ciencias del comportamiento.

La actividad principal de los neuropsicólogos clínicos es la evaluación de las consecuencias conductuales, cognitivas, emocionales y psicosociales de las diferentes patologías del sistema nervioso central, buscando establecer una correlación y un análisis con la extensión y topografía del daño cerebral con las secuelas neuropsicológicas

(Ardila & Ostrosky, 2012). Entre sus objetivos principales se encuentran: (1) contribuir al diagnóstico de trastornos neurológicos; (2) establecer los lineamientos para desarrollar programas de rehabilitación neuropsicológica según las necesidades particulares del paciente; y (3) aportar las bases para valorar de forma objetiva la eficacia del tratamiento previamente instalado (Pinel, 2010).

El profesional en neuropsicología debe buscar, por tanto, la constante actualización de saberes respecto de los diferentes avances en neurociencia cognitiva y neuropsicología clínica para lograr una atención basada en la evidencia. Estar vigente en el conocimiento implica estar al tanto de los nuevos métodos y paradigmas de investigación, así como de evaluación neuropsicológica, para incorporar herramientas válidas, confiables y ecológicas en la práctica diaria y dar respuesta a las necesidades emergentes en los campos clínico y educativo (Matute & Rosselli, 2010).

En la evaluación neuropsicológica (ENP), tanto en niños como en adultos, no existe todavía un consenso sobre cómo se debe realizar la evaluación o cuáles son las mejores técnicas para aplicar. Sin embargo, se han presentado algunas consideraciones y procesos que la mayoría de neuropsicólogos tienen en cuenta y siguen durante la evaluación (Ramos-Usuga et al., 2017). Entre estas consideraciones se encuentran la validez, la confiabilidad, la sensibilidad, la viabilidad de administración y la validez ecológica. Respecto a las primeras, actualmente se está llevando a cabo un fuerte trabajo de estandarización de pruebas para población adulta, infantil y analfabeta en Latinoamérica (Arango-Lasprilla & Rivera, 2015 y 2017;

Arango-Lasprilla et al., 2015; Cadavid et al., 2019; Henao-Arboleda et al., 2010; Olabarrieta-Landa et al., 2017; Rivera et al., 2019), así como de creación y actualización de baterías neuropsicológicas para población preescolar (Ostrosky-Shejet et al., 2016).

Tal como lo expresa Tirapu-Ustárrroz (2007), no se puede pasar por alto que una prueba neuropsicológica tiene como objetivo provocar una conducta que, virtualmente, tiene su correspondencia en la vida cotidiana. Por esto, respecto a la validez ecológica, comprendida como la urgencia de usar instrumentos que exploren cómo las funciones cognitivas están inmersas en la vida diaria, Franzen y Wilhelm (1998) refieren que hay dos aspectos centrales. El primero es la verosimilitud, que se considera como el grado en que las demandas cognitivas de un instrumento de evaluación se asemejan teóricamente a las demandas cognitivas del entorno cotidiano (Cahytor & Schmitter-Edgecombe, 2003). La segunda es la veracidad o la medida de cómo el resultado de la prueba refleja o permite la predicción de conductas en el *mundo real*.

La verosimilitud juega un papel muy importante en el diseño de instrumentos de evaluación neuropsicológica, ya que requiere dejar a un lado las pruebas existentes y crear nuevas evaluaciones que cumplan con objetivos ecológicos, sean más válidos que las pruebas de lápiz y papel, e intenten simular tareas cotidianas relevantes. Tal como lo refieren Cahytor y Schmitter-Edgecombe (2003): “El enfoque de tales pruebas no está en qué tan bien pueden discriminar a las personas normales con lesiones cerebrales, sino en qué tan bien la prueba captura la esencia de las habilidades

cognitivas cotidianas” (p. 182). Así, según los mismos autores, el objetivo de dichas tareas es establecer la funcionalidad de la persona en la vida cotidiana, más allá del origen de la problemática.

Percibido de otra manera, se busca determinar la relación entre una prueba de ENP y las habilidades que le permiten al ser humano desenvolverse de forma satisfactoria en el mundo real. En algunas ocasiones, el contexto artificial de las pruebas neuropsicológicas muestra baja correlación con el funcionamiento en la cotidianidad, descubriendo alteraciones mínimas que no ocasionan fallas en la vida diaria y viceversa. Así, una de las tendencias actuales de evaluación neuropsicológica está enfocada en el desarrollo y validación de nuevas herramientas que permitan explorar el funcionamiento de las personas en los contextos en donde se desenvuelven (Bombín-González et al., 2014; Tirapu-Ustárrroz, 2007).

En un intento por mejorar la validez ecológica de la evaluación neuropsicológica, la realidad virtual (RV) ha incurrido en esta área. La RV logra simular un conjunto de escenas u objetos a través de la programación informática, lo que permite que el usuario esté inmerso en un mundo virtual generado por un *software*, siendo uno de los principales objetivos que el usuario interactúe en un ambiente similar al real y adaptado a las necesidades particulares de cada sujeto (Bernal, 2016). Dentro de este mundo virtual, tal como lo expresan Delgado-Reyes y Sánchez (2019), el participante puede modificar su entorno a través de un personaje virtual (avatar), facilitando a los usuarios ejecutar actividades con un alto grado de similitud a situaciones de la vida cotidiana, graduar la dificultad

y evaluar la conducta en tiempo real con diferentes formas de realimentación (visual o auditiva).

Al hablar de RV se deben tener presentes dos conceptos relevantes: (1) la interacción, que se entiende como el papel activo que tiene el sujeto en medio de la RV, percibiendo más allá de la mera visualización de una proyección gráfica; y (2) la inmersión se concibe como la sensación subjetiva de percibirse de manera física en el mundo virtual, suministrando al sujeto una experiencia *realista* (Peñasco-Martín et al., 2010). Esto depende de los sistemas sensoriales que sean estimulados por el programa donde, a mayor número de sentidos involucrados, mayor será la sensación de inmersión.

Según Cano (2018), la interacción y la inmersión vienen determinadas por el tipo de interfaz implementada, a partir de la cual se identifican diferentes tipos de realidad virtual, entre las que se encuentran: a) realidad virtual inmersiva o primera persona (RV-I), en donde la persona se siente totalmente en el entorno simulado (se requieren una serie de sensores y dispositivos como el *oculus rift*); b) realidad virtual semiinmersiva (RV-SI), usada en las mesas estereoscópicas o en las *Computer Automatic Virtual Environment* (CAVE), donde el entorno virtual es generado por un sistema de triple proyección; c) realidad virtual semiinmersiva de segunda persona (RV-SIS), en la que el usuario se visualiza dentro de un mundo virtual por medio de un avatar a través de una pantalla, sin perder el contacto con el mundo real, esto a través de sensores periféricos (algunos dispositivos utilizados son el *Play Station*® o el *Nintendo*®, que incluyen este tipo de tecnología, o la creación más reciente,

e/ *Leap Motion*®; d) realidad virtual no inmersiva (RV-NI), también denominada de ventanas, donde el usuario visualiza el mundo virtual a través de un monitor y lo manipula por medio de un joystick 3D.

La RV ha incursionado como método de evaluación e intervención en diferentes patologías de orden mental como trastornos de ansiedad (estrés postraumático y fobias específicas), trastornos del neurodesarrollo (trastorno por déficit de atención y trastorno del espectro autista), trastornos alimentarios, adicciones y dolor crónico (Delgado-Reyes et al., 2020; Delgado-Reyes & Sánchez, 2021; Mesa-Gresa et al., 2018; Mishkind et al., 2017; Ponce-Barbosa et al., 2021), beneficiándose del interés de los más jóvenes por este tipo de tecnologías (Bioulac et al., 2017) y del aumento de la validez ecológica en los procesos de intervención y evaluación, especialmente en el campo de la neuropsicología (Fong et al., 2010; Josman et al., 2014; Lamergue-Hamel et al., 2015; Matheis et al., 2007).

Por ello, cobra relevancia clínica conocer las diferentes plataformas que se han desarrollado en el ámbito académico, y que podrían ser insertadas en la práctica clínica según sus propiedades. Clasificarlas según el tipo de RV utilizada permite, además, determinar cuáles son las herramientas tecnológicas que facilitan una evaluación neuropsicológica con altos niveles de validez ecológica.

Con base en lo anterior, se han creado diversas plataformas para la evaluación de procesos cognitivos como la memoria, la atención y las funciones ejecutivas, las cuales han evidenciado relaciones fluctuantes con las pruebas de lápiz y papel estandarizadas y la ejecución de diferentes actividades que se

realizan en la vida diaria. Así, el objetivo de esta investigación fue describir las plataformas de realidad virtual empleadas para la evaluación neuropsicológica durante el periodo 2017-2021 y clasificarlas según la propuesta de RV de Cano (2018).

Método

Criterios de exclusión e inclusión y estrategia de búsqueda general

Para realizar la revisión sistemática de la literatura, se establecieron como criterios de exclusión e inclusión esenciales los siguientes: (1) hacer referencia a las plataformas que usen realidad virtual para la evaluación neuropsicológica y publicadas por primera vez durante el periodo de tiempo 2017-2021; (2) debido a que esta investigación buscó determinar el tipo de realidad virtual implementada, los artículos incluidos tenían que dar cuenta de manera precisa de las herramientas tecnológicas implementadas; (3) se excluyeron reflexiones, revisiones sistemáticas, metaanálisis u otros documentos de reflexión; (4) todos los trabajos incluidos fueron ensayos clínicos, ensayos controlados o estudios de estandarización que no solamente realizaran la descripción del concepto o diseño de la plataforma. No se tuvo en consideración el tipo de población utilizada para los procesos de validación de los instrumentos.

Procedimiento de búsqueda de datos

Inicialmente, se siguieron las recomendaciones estipuladas en la declaración PRISMA para la construcción de artículos de revisión sistemática (Button et al., 2016). Tomando como punto de partida los criterios de inclusión y de exclusión, se combinaron operadores booleanos para formar oraciones de búsqueda (AND NOT, AND, OR) con palabras claves como *virtual reality*, *neuropsychology*, *evaluation*, *attention*, *executive functions* y *memory*.

La búsqueda se realizó a partir del título y las palabras clave. Se examinaron diferentes combinaciones para desechar artículos “no deseados”, como fuese posible, pero asegurándose de que los artículos importantes para el tema previamente conocidos no se excluyeran en la búsqueda. Por lo anterior, esta fue intencionalmente más inclusiva que exclusiva (Restrepo et al., 2019). El rastreo de las publicaciones académicas se realizó utilizando la plataforma Pubmed, base de datos de acceso libre y especializada en ciencias de la salud.

Selección de artículos

A partir de la combinación de los operadores booleanos y palabras clave, se detectaron en un primer momento 1.133 documentos. Se eliminaron 622, ya que no cumplieron con el marco temporal propuesto en la investigación. 511 trabajos fueron pertinentes, de los cuales se tuvieron en cuenta la lectura de título y

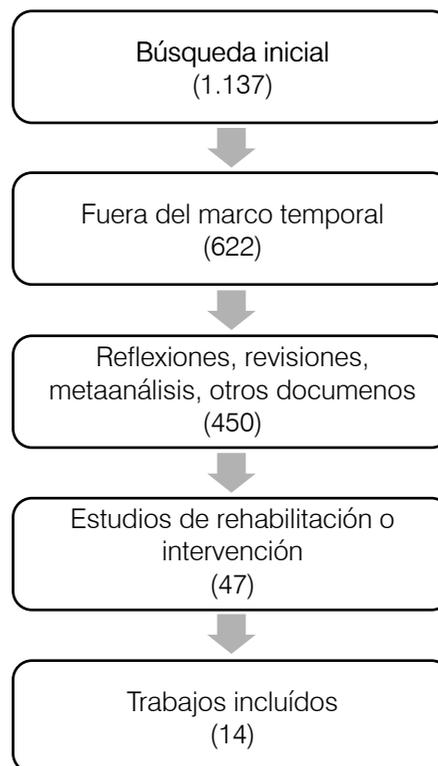
el resumen; sin embargo, se descartaron 450 que fueron enmarcados en reflexiones, revisiones, metaanálisis y otro tipo de documentos. Finalmente, 61 investigaciones fueron estudios clínicos y ensayos controlados, aunque 47 correspondieron a estudios de rehabilitación o intervención por medio de tecnologías, por lo que también se excluyeron de la investigación.

Después del proceso de revisión previo, solamente se incluyeron 14 trabajos para su análisis, los cuales cumplieron con todos los criterios de inclusión. Estos fueron analizados desde matrices de Excel, donde se discriminó el nombre de la plataforma, el tipo de realidad virtual, el proceso cognitivo evaluado y la población de validación (ver figura 1).

Resultados

La tabla 1 resume los 14 trabajos incluidos en la presente revisión sistemática. Inicialmente, se pudo observar que el 35,7% de las plataformas diseñadas buscan evaluar la memoria y la atención, mientras las funciones ejecutivas tienen un 21,4%, al igual que las baterías de evaluación. Frente al tipo de realidad virtual 10 (71,4%) de las plataformas publicadas utilizaron RV-I y 4 (28,6%) utilizaron RV-NI.

Figura 1. Procedimiento de análisis y selección de artículos para la presente revisión



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1
Plataformas de evaluación neuropsicológica por medio de RV, publicadas en el periodo 2017-2021

Autor(es)	Proceso cognitivo evaluado	Nombre de la plataforma	Tipo de realidad virtual	Población de validación
Pieri et al. (2021)	Memoria	ObReco-360º	RV-I	24 sujetos sanos
Chichi-Giglioli et al. (2021)	Funciones ejecutivas	The virtual cooking task (VCT)	RV-I	23 sujetos sanos, 18 con trastorno de consumo de alcohol
Barnett et al. (2021)	Memoria	Virtual Kitchen Protocol (VKP)	RV-I	93 sujetos sanos, 7 con deterioro cognitivo leve
Horan et al. (2020)	Batería de evaluación	The CONVIRT	RV-I	165 sujetos sanos
Cabinio et al. (2020)	Batería de evaluación	The Smart Aging Serious Game (SASG)	RV-NI	107 sujetos sanos, 32 con deterioro cognitivo leve
Corriveau et al. (2020)	Memoria episódica	Virtual Shop	RV-I	77 Sujetos sanos
Chua et al. (2019)	Batería de evaluación	The RE@CH	RV-NI	37 sujetos sanos, 23 con deterioro cognitivo
Fang et al. (2019)	Atención e inhibición	The VRMC	RV-I	63 sujetos sanos, con 77 TDAH
Foerster et al. (2019)	Atención selectiva	CombiTVA	RV-I	38 sujetos sanos
Eom et al. (2019)	Atención	Virtual Reality Continuous Performance Test (VR-CPT)	RV-I	18 sujetos sanos, 20 con TDAH
Ouellet et al. (2018)	Memoria cotidiana	The virtual Shop	RV-I	49 sujetos sanos
Robitaille et al. (2017)	Funciones ejecutivas	Virtual Reality Avatar Interaction (Vrai)	RV-I	6 controles, 6 TCE militares
Valladares-Rodríguez et al. (2017)	Memoria	Episodix	RV-NI	8 sujetos sanos, 5 con Alzheimer, 3 con deterioro cognitivo
Nir-Hadad et al. (2017)	Funciones ejecutivas	Virtual Supermarket Environment: Seeme Virtual Interactive Shopper (VIS)	RV-NI	19 sujetos con accidente cerebrovascular

Fuente: Elaboración propia.

El uso de diferentes tipos de población al momento de validar los instrumentos de evaluación es un aporte fundamental para conocer con precisión las características psicométricas de los instrumentos. En la RV existen aspectos como la usabilidad, la sensación de inmersión, la jugabilidad y la presencia del *malestar del simulador* al usar estos en-

tornos virtuales. De las 14 propuestas de evaluación neuropsicológica por RV incluidas en la presente revisión sistemática, el 64% incorporó un grupo clínico y uno de control.

La batería de evaluación denominada *The CONVIRT* (Horan et al., 2020) es la plataforma con la mayor cantidad de

población al utilizar 165 sujetos sanos universitarios de Australia. La segunda propuesta con mayor número de participantes es *The Smart Aging Serious Game (SASG)* (Cabinio et al., 2020), quienes utilizaron una muestra de 107 sujetos sanos y 37 pacientes con deterioro cognitivo leve. Las propuestas que utilizaron menos participantes son *Virtual Reality Avatar Interaction (VRAI)* (Robitaille et al., 2017) con solo 6 sujetos sanos y 6 sujetos militares con antecedente de trauma craneoencefálico (TCE); y *Episodix* (Valladares-Rodríguez et al., 2017), con la participación de 8 sujetos sanos, 5 con enfermedad de alzheimer y 3 con deterioro cognitivo.

Otro aspecto relevante a tener en cuenta está vinculado con el diseño de las diferentes plataformas de RV, en donde se pueden evidenciar dos posturas claras al desarrollar propuestas de evaluación de dominio único o multidominio. Según lo referido en la descripción realizada en los artículos, desde la perspectiva de dominio único, la memoria y sus diferentes tipos son los procesos más evaluados por medio de RV (Pieri et al., 2021; Barnett et al., 2021; Corriveau et al., 2020; Valladares-Rodríguez et al., 2017; Ouellet et al., 2018), seguido por la atención (Foerster et al., 2019; Eom et al., 2019).

Desde la perspectiva multidominio, los procesos dependen del objetivo de la plataforma y de la postura teórica adaptada, especialmente en el caso de las funciones ejecutivas en donde el modelo teórico implementado condiciona el número de procesos evaluados por la plataforma y en el que se pueden encontrar aspectos como la iniciación, la autoregulación, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva, la planeación, entre otros (Chicchi-Giglioli et al., 2021;

Robitaille et al., 2017; Nir-Hadad et al., 2017). Asimismo, hay otras plataformas que presentan baterías que buscan evaluar múltiples procesos como la memoria, la función perceptiva y motora, así como las funciones ejecutivas (Chua et al., 2019). Otros trabajos también han estudiado la memoria, las funciones ejecutivas, la memoria de trabajo y las habilidades visoespaciales (Cabinio et al., 2020), además de la atención, la toma de decisiones y la velocidad de procesamiento visual (Horan et al., 2020).

Un aspecto que llama la atención es que, de las plataformas encontradas en el periodo de tiempo estudiado, solamente dos, *The VRMC* (Fang et al., 2019) y *Virtual Reality Continuous Performance Test (VR-CPT)* (Eom et al., 2019), están diseñadas para población infantil y adolescente. El resto de las plataformas expuestas en la tabla 1 están dirigidas a población adulta joven y adulta mayor. Asimismo, solamente *Virtual Supermarket Environment: SeeMe Virtual Interactive Shopper (VIS)* (Nir-Hadad et al., 2017) y *Virtual Reality Avatar Interaction (VRAI)* (Robitaille et al., 2017) fueron validadas con población con daño cerebral adquirido. El resto de las plataformas emplean condiciones neurodegenerativas como el Alzheimer, el deterioro cognitivo leve y los trastornos del neurodesarrollo, como el trastorno por déficit de atención o hiperactividad (TDAH).

DISCUSIÓN

La RV es un tipo de tecnología que permite crear ambientes realistas y tridimensionales. El objetivo del presente estudio fue precisar el tipo de RV imple-

mentado a la hora de diseñar ambientes para la evaluación neuropsicológica durante el periodo 2017-2021. Los resultados señalan que un 71,4% de las plataformas publicadas utilizaron RV-I y el 28,6% utilizaron RV-NI. El uso preferencial de la RV-I se debe, principalmente, a la capacidad que tiene este tipo de tecnología para hacer percibir a sus usuarios el hecho de estar *dentro* de un entorno virtual determinado. Esta percepción permite crear entornos más ecológicos y generar que los procesos cognitivos tengan una demanda como en la vida cotidiana, aspecto que ha sido muy cuestionado en los instrumentos tradicionales de ENP.

Los instrumentos de ENP utilizados actualmente se desarrollaron para medir los constructos teóricos en los cuales está basada la construcción del instrumento, sin tener en cuenta su capacidad para predecir el comportamiento funcional, como lo exponen Parsons et al. (2015) al demarcar el caso de la Prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin (WCST), la cual proporciona información sobre procesos cognitivos como la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Sin embargo, los datos proporcionados no ofrecen necesariamente información que al neuropsicólogo le permita predecir qué situaciones la cotidianidad del paciente requieren las habilidades que se estiman con la WCST. De la misma forma, Negut et al. (2016) señalan que el rendimiento cognitivo que se obtiene en la RV es más pobre en comparación a las pruebas de lápiz y papel y las pruebas computarizadas, lo que podría sugerir que las tareas de RV tienen un mayor nivel de complejidad y dificultad, ya que requieren recursos cognitivos adicionales.

De igual manera, diferentes estudios reflejan el potencial de estas plataformas para generar cambios fisiológicos en los usuarios. Así, en los trabajos de Ponce-Barbosa et al. (2021) y Distefano et al. (2020) se puede evidenciar que la frecuencia cardíaca y la conductancia de la piel son variables psicofisiológicas que cambian ante la presencia en un ambiente virtual, sugiriendo que este tipo de plataformas tienen el potencial de generar diferentes tipos de respuestas físicas y cognitivas.

La ENP, como mecanismo para poner de manifiesto las deficiencias en diferentes procesos cognitivos por medio de la RV, tiene sus inicios en las primeras incursiones realizadas por Rizzo et al. (2002) y Rizzo et al. (2004), quienes describieron una serie de ventajas del uso de la RV en la ENP, entre las que se encuentran: (1) capacidad de presentar de forma sistemática estímulos tridimensionales de manera dinámica e interactiva dentro una simulación virtual, tareas que no pueden conseguirse por otros medios; (2) puede crear entornos simulados que permiten la evaluación con mayor validez ecológica; (3) proporciona un *feedback* inmediato al rendimiento de la persona que está siendo evaluada por medio de diferentes modalidades sensoriales; (4) mejora la disponibilidad de la evaluación para personas con dificultades sensoriales y motoras, por medio de dispositivos e interfaces adaptadas para el uso de la modalidad sensorial requerida e integrada en el entorno virtual; (5) introduce características recreativas o elementos dentro de entornos virtuales como un medio para aumentar la motivación y el rendimiento; (6) puede integrar representaciones humanas de carácter virtual (avatares) para aplicaciones sis-

temáticas para aumentar la interacción social. De igual manera, se podría considerar la disminución del número de errores propios de la calificación de las pruebas de lápiz y papel.

Asimismo, la presente revisión da cuenta de que los instrumentos de evaluación con RV están dirigidos a evaluar procesos cognitivos en los que no se evidencia validez concurrente entre el rendimiento de pruebas de lápiz y papel y la vida cotidiana, como la memoria y las funciones ejecutivas. Para la memoria, se han generado diferentes propuestas de evaluación como la gamificación del Test de Memoria Verbal de California en una plataforma denominada *Episodix* (Valladares-Rodríguez et al., 2017) o la evaluación por medio de la lista de compras en un supermercado (Ouellet et al., 2018). Asimismo, para las funciones ejecutivas, se encontraron algunos entornos virtuales que simulaban la preparación de una comida determinada en *The virtual cooking task (VCT)* (Chicchi Giglioli et al., 2021) o la planeación de la compra en un supermercado en el *Virtual supermarket environment: SeeMe Virtual Interactive Shopper (VIS)* (Nir-Hadad et al., 2017).

Otro aspecto a tener en cuenta es el uso de diferentes tipos de poblaciones clínicas como sujetos con deterioro cognitivo leve (Barnett et al., 2021), enfermedad de alzheimer (Valladares-Rodríguez et al., 2017), trastorno de consumo de alcohol (Chicchi-Giglioli et al., 2021), accidente cerebrovascular (Nir-Hadad et al., 2017), trauma de cráneo (Robitaille et al., 2017) o trastorno por déficit de atención o hiperactividad (TDAH) (Eom et al., 2019; Fang et al., 2019), en los que se evidencia el altísimo potencial del uso de las plataformas de realidad virtual, ya que

presentan un nivel considerable de sensibilidad al discriminar entre sujetos con y sin patologías, analizando los diferentes indicadores que traen las propuestas y los comportamientos en la vida real y en diferentes pruebas neuropsicológicas.

Frente a la utilidad y la efectividad de la RV en la ENP, en población con deterioro cognitivo se han evidenciado aspectos positivos. Por ejemplo, la plataforma *RE@CH* (Chua et al., 2019) muestra el potencial de ser utilizada como una prueba de tamizaje cognitivo en atención primaria en personas mayores. Este ambiente virtual genera puntuaciones válidas que presentaban correlaciones positivas moderadas con otras evaluaciones cognitivas válidas (MoCA, MMSE). De igual manera, Cabinió et al. (2020) demostraron que *The Smart Aging Serious Game (SASG)* superó la prueba de evaluación del MoCA en la capacidad de detectar la degeneración neuronal del hipocampo derecho, aspecto que evidencia la capacidad de la RV para generar la activación de los procesos cognitivos de manera ecológica de las personas con deterioro cognitivo o enfermedades neurocognitivas, como la enfermedad del alzheimer (Barnett et al., 2021; Valladares, 2017).

De igual manera, el uso de la RV en el TDAH ha demostrado resultados en favor de su uso en la práctica clínica y en la investigación. El trabajo de Fang et al. (2019) logró reflejar la validez discriminante al evaluar los síntomas del TDAH con una prueba de RV en niños en edad escolar con problemas de aprendizaje, al encontrar asociaciones positivas con instrumentos de evaluación tradicional para el TDAH. Otro aspecto positivo que presentan las plataformas de RV es la posibilidad de agregar diferentes in-

dicadores cualitativos que permiten el análisis más minucioso del rendimiento de los usuarios. Así lo evidencian Eom et al. (2019) al encontrar asociaciones significativas entre las puntuaciones de calificación del TDAH y el error de omisión, el error de comisión, el tiempo de reacción (RT), la variabilidad del tiempo de reacción (RTV) y la precisión total del *Virtual Reality Continuous Performance Test* (VR-CPT) en el grupo con TDAH.

El análisis cualitativo de los errores en las plataformas virtuales también ha evidenciado ser beneficioso en personas con trastorno de consumo de alcohol al presentar más errores y tiempos de latencia más altos que el grupo control (Chichi-Giglioli et al., 2021). De igual manera, los componentes de los ambientes virtuales juegan un papel principal al descubrir déficits cognitivos. Por ejemplo, Robitaille et al. (2017) evidencian que la interacción con el avatar brinda una mejor capacidad para revelar diferencias en personal militar entrenado con presencia o ausencia de lesión cerebral traumática leve. De esta misma manera, la RV ha demostrado ser efectiva para evaluar las actividades instrumentales de la vida diaria en pacientes con antecedente de accidente cerebrovascular (Nir-hadad et al., 2017).

Es importante mencionar que las propuestas de RV-NI cobran relevancia al ser implementadas en algunos sujetos que pueden presentar efectos secundarios al uso de cascos de realidad virtual como mareo y sensación de vértigo. De igual manera, la RV tiene contraindicaciones en algunas personas con fotosensibilidad, antecedentes de convulsiones o crisis epilépticas, debido a que algunas secuencias de luces las pueden producir. Por ello, lograr que la RV-NI

tenga alta validez ecológica es el propósito de las futuras investigaciones. La evolución de las plataformas de realidad virtual depende de los avances tecnológicos en términos de programación de los ambientes virtuales y el descenso de los costos en los *hardwares* y *softwares* para llevar a cabo los procesos de evaluación en diferentes centros de práctica clínica e investigación.

Los profesionales en neuropsicología deben ampliar la mirada e incluir diferentes herramientas tecnológicas que permitan el proceso de evaluación. En este sentido, Spooner & Pachana (2006) refieren que los especialistas tienen una visión conservadora frente a los nuevos métodos y llegan a desarrollar un apego a determinadas pruebas o baterías. Esto se puede deber al grado de familiaridad con la aplicación, la calificación y el análisis resultado del uso de las pruebas por un largo periodo de tiempo. Asimismo, esto se puede explicar por una tendencia de algunos neuropsicólogos a inscribirse fuertemente a teorías de evaluación o escuelas de pensamiento particular, lo que estanca el proceso de desarrollo y la utilización de diferentes procedimientos de evaluación novedosos.

El estudio presenta algunas limitaciones que deben ser tenidas en cuenta para futuros estudios de revisión frente al tema de la realidad virtual y la evaluación neuropsicológica. Inicialmente, conviene ampliar las bases de datos utilizadas para rastrear los trabajos publicados, ya que en esta solamente se utilizó Pubmed. De igual manera, se deberían incluir artículos que presenten propuestas conceptuales que busquen desarrollar alternativas de evaluación por medio de la RV, ya que pueden enriquecer los resultados obtenidos en términos

de ambientes virtuales. Otro aspecto interesante a considerar es la ampliación del rango temporal de búsqueda. Este trabajo sugiere que futuras investigaciones desarrollen plataformas de RV para la evaluación neuropsicológica en términos de evidenciar qué tipo de RV implementar según el grado de inmersión que se desea obtener y, por ende, aumentar la validez ecológica. Asimismo, se brinda información frente a la población que se puede beneficiar del uso de diferentes herramientas virtuales.

R

Referencias

- Arango-Lasprilla, J. & Rivera, D. (2015). *Neuropsicología en Colombia: datos normativos, estado actual y retos a futuro*. Universidad Autónoma de Manizales.
- Arango-Lasprilla, J., Rivera, D., Aguayo, A., Rodríguez, W., Garza, M., Saracho, C., Rodríguez-Agudelo, Y., Aliaga, A., Weiler, G., Luna, M., Longoni, M., Ocampo-Barba, N., Galarza-del-Angel, J., Pan-yavin, I., Guerra, A., Esenarro, L., García de la Cadena, P., Martínez, C., & Perrin, P. (2015). Trail Making Test: Normative data for the Latin American Spanish speaking adult population. *Neuro-Rehabilitation*, 37(4), 639-661. <https://doi.org/10.3233/NRE-151284>
- Arango-Lasprilla, J. & Rivera, D. (2017). Normative data for Spanish-language neuropsychological tests: A step forward in the assessment of pediatric populations. *NeuroRehabilitation*, 41(3), 577-580. <https://doi.org/10.3233/NRE-001479>
- Ardila, A. & Rosselli, M. (1993). *Neuropsicología clínica*. Prensa Creativa.
- Ardila, A. & Ostrosky, F. (2012). *Guía para el diagnóstico neuropsicológico*. Universidad de Guadalajara.
- Arnedo, M., Bembibre, J. & Triviño, M. (2012). *Neuropsicología a través de casos clínicos*. Editorial Médica Panamericana.
- Barnett, M. D., Childers, L. G. & Parsons, T. D. (2021). A Virtual Kitchen Protocol to Measure Everyday Memory Functioning for Meal Preparation. *Brain Sciences*, 11(5), 571-580. <https://doi.org/10.3390/brainsci11050571>
- Bernal, A. (2016). *Aplicaciones actuales de procedimientos de realidad virtual en fobias específicas y ansiedad social*. Universidad de Salamanca. <https://bit.ly/3lpHVig>
- Bioulac, S., de Sevin, E., Sagaspe, P., Claret, A., Philip, P., Micoulaud-Franchi, J., & Bouvard, M. (2017). Qu'apportent les outils de réalité virtuelle en psychiatrie de l'enfant et l'adolescent ? *Encephale*, 44(3), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2017.06.005>
- Bombín-González, I., Cifuentes-Rodríguez, A., Climent-Martínez, G., Luna-Lario, P., Cardas-Ibáñez, J., Tirapu-Ustároz, J., & Díaz-Orueta, U. (2014). Validez ecológica y entornos multitarea en la evaluación de las funciones ejecutivas. *Revista Neurología*, 59(2), 77-87. <https://doi.org/10.33588/rn.5902.2013578>
- Button, B., Catalá-Lopez, F., & Moher, D. (2016). La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA. *Revista de Medicina Clínica*, 147(6), 262-266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.medcli.2016.02.025>
- Cabinio, M., Rossetto, F., Isernia, S., Saibene, F. L., Di Cesare, M., Borgnis, F., Pazzi, S., Migliazza, T., Alberoni, M., Blasi, V., & Baglio, F. (2020). The Use of a Virtual Reality Platform for the Assessment of the Memory Decline and the Hippocampal Neural Injury in Subjects with Mild Cognitive Impairment: The Validity of Smart Aging Serious Game (SASG). *Journal of Clinical Medicine*, 9(5), 1-13. <https://doi.org/10.3390/jcm9051355>
- Cadavid, N., Gutiérrez-Hernández, C., Calderón, J., De los Reyes, C., & Arango-Lasprilla, J. (2019). Test de aprendizaje verbal de Hopkins-Revisado (HVLTR). Datos normativos basados en regresiones múltiples para población colombiana. *Revista Iberoamericana de Neuropsicología*, 2(2), 69-81. <https://bit.ly/400MsuM>
- Cahytor, N. & Schmitter-Edgecombe, M. (2003). The ecological Validity of Neuropsychological Tests: A Review of the Literature on Everyday Cognitive Skills. *Neuropsychology Review*, 13(4), 181-197. <https://doi.org/10.1023/B:NERV.0000009483.91468.fb>

- Cano, R. (2018). *Nuevas tecnologías en neurorrehabilitación. Aplicaciones diagnósticas y terapéuticas*. Editorial Médica Panamericana.
- Chicchi-Giglioli, I. A., Pérez-Gálvez, B., Gil-Granados, A., & Alcañiz-Raya, M. (2021). The Virtual Cooking Task: A Preliminary Comparison Between Neuropsychological and Ecological Virtual Reality Tests to Assess Executive Functions Alterations in Patients Affected by Alcohol Use Disorder. *Cyberpsychology, Behavior and Social Networking*, 24(10), 673-682. <https://doi.org/10.1089/cyber.2020.0560>
- Chua, S., Tan, N. C., Wong, W. T., Allen, J. C., Jr, Quah, J., Malhotra, R., & Østbye, T. (2019). Virtual Reality for Screening of Cognitive Function in Older Persons: Comparative Study. *Journal of Medical Internet Research*, 21(8), e14821. <https://doi.org/10.2196/14821>
- Corriveau, N., Ouellet, É., Boller, B., & Belleville, S. (2020) Use of immersive virtual reality to assess episodic memory: A validation study in older adults, *Neuropsychological Rehabilitation*, 30(3), 462-480. <https://doi.org/10.1080/09602011.2018.1477684>
- Delgado-Reyes, A. (2018). Neurociencia y psicología. *Tempus Psicológico*, 1(1), 127-144. <https://doi.org/10.30554/tempuspsi.1.1.2150.2018>
- Delgado-Reyes, A., Ocampo, T. & Sánchez, J. (2020). Realidad virtual: evaluación e intervención en el trastorno del espectro autista. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 23(1), 369-399. <http://www.revistas.unam.mx/index.php/repi/article/view/75396>
- Delgado-Reyes, A. & Sánchez, J. (2019). Miedos, fobias y sus tratamientos. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 22(2), 42-78. <https://www.medigraphic.com/pdfs/epsicologia/epi-2019/epi192c.pdf>
- Delgado-Reyes, A. & Sánchez, J. (2021). Realidad virtual: evaluación e intervención en el trastorno por déficit de atención/hiperactividad (TDAH). *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 24(1) 72-99. <https://www.medigraphic.com/pdfs/epsicologia/epi-2021/epi211d.pdf>
- Distefano, M., Labandeira, L., Tarnogol, F., & Mesurado, B. (2020). Presencia, malestar por el simulador, ansiedad y variabilidad de la frecuencia cardiaca en población general al utilizar entornos de realidad virtual diseñados para el abordaje de fobias específicas. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 22(3), 2705-2732. <https://www.medigraphic.com/pdfs/epsicologia/epi-2019/epi193l.pdf>
- Eom, H., Kim, K., Lee, S., Hong, Y. J., Heo, J., Kim, J. J., & Kim, E. (2019). Development of Virtual Reality Continuous Performance Test Utilizing Social Cues for Children and Adolescents with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 22(3), 198-204. <https://doi.org/10.1089/cyber.2018.0377>
- Fang, Y., Han, D. & Luo, H. A. (2019). virtual reality application for assessment for attention deficit hyperactivity disorder in school-aged children. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 15, 1517-1523. <https://doi.org/10.2147/NDT.S206742>
- Foerster, R. M., Poth, C. H., Behler, C., Botsch, M., & Schneider, W. X. (2019). Neuropsychological assessment of visual selective attention and processing capacity with head-mounted displays. *Neuropsychology*, 33(3), 309-318. <https://doi.org/10.1037/neu0000517>
- Fong, K. N., Chow, K. Y., Chan, B. C., Lam, K. C., Lee, J. C., Li, T. H., Yan, E. W., & Wong, A. T. (2010). Usability of a virtual reality environment simulating an automated teller machine for assessing and training persons with acquired brain injury. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 7(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-7-19>
- Franzen, M. & Wilhelm, K. (1998). Conceptual foundations of ecological validity in neuropsychological assessment. En R. Sbordone & C. Long. (Eds.), *Ecological Validity of Neuropsychological Testing* (pp. 91-112). Lucie Press.

- Hena-Arboleda, E., Muñoz, C., Aguirre-Acevedo, D., Lara, E., Quebradas A. D., & Lopera-Restrepo, F. (2010). Datos normativos de pruebas neuropsicológicas en adultos mayores en una población colombiana. *Revista Chilena de Neuropsicología*, 5(3), 213-225.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179318868005>
- Horan, B., Heckenberg, R., Maruff, P., & Wright, B. (2020). Development of a new virtual reality test of cognition: assessing the test-retest reliability, convergent and ecological validity of CONVIRT. *BMC Psychology*, 8(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40359-020-00429-x>
- Josman, N., Kizony, R., Hof, E., Goldenberg, K., Weiss, P. L., & Klinger, E. (2014). Using the virtual action planning-supermarket for evaluating executive functions in people with stroke. *Journal of stroke and cerebrovascular diseases: the official journal of National Stroke Association*, 23(5), 879-887.
<https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.07.013>
- Kolb, B. & Whishaw, I. (2017). *Neuropsicología humana*. Editorial Médica Panamericana.
- Lamargue-Hamel, D., Deloire, M., Saubusse, A., Ruet, A., Taillard, J., Philip, P., & Brochet, B. (2015). Cognitive evaluation by tasks in a virtual reality environment in multiple sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences*, 359(1-2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2015.10.039>
- Matheis, R. J., Schultheis, M. T., Tiersky, L. A., DeLuca, J., Millis, S. R., & Rizzo, A. (2007). Is Learning and Memory Different in a Virtual Environment? *The Clinical Neuropsychologist*, 21(1), 146-161.
<https://doi.org/10.1080/13854040601100668>
- Matute, E. & Roselli, M. (2010). Neuropsicología Infantil: historia, conceptos y objetivos. En M. Roselli, E. Matute & A. Ardila, *Neuropsicología del desarrollo infantil* (pp. 3-14). Manual Moderno.
- Mesa-Gresa, P., Gil-Gómez, H., Lozano-Quilis, J. A., & Gil-Gómez, J. A. (2018). Effectiveness of Virtual Reality for Children and Adolescents with Autism Spectrum Disorder: An Evidence-Based Systematic Review. *Sensors*, 18(8), 1-15. <https://doi.org/10.3390/s18082486>
- Mishkind, M., Norr, A., Katz, A., & Reger, G. (2017). Review of Virtual Reality Treatment in Psychiatry: Evidence Versus Current Diffusion and Use. *Current Psychiatry Reports*, 19(11), 3-8.
<https://doi.org/10.1007/s11920-017-0836-0>
- Negut, A., Matu, S., Alin, F., & David, D. (2016). Task difficulty of virtual reality-based assessment tools compared to classical paper-and-pencil or computerized measures: A meta-analytic approach. *Computers in Human Behavior*, 54, 414-424. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.08.029>
- Nir-Hadad, S., Weiss, P., Waizman, A., Schwartz, A., & Kizony, R. (2017). A virtual shopping task for the assessment of executive functions: Validity for people with stroke. *Neuropsychological Rehabilitation*, 27(5), 808-833. <https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1109523>
- Olabarrieta-Landa, L., Torre, E. L., López-Mugartza, J. C., Bialystok, E., & Arango-Lasprilla, J. C. (2017). Verbal fluency tests: Developing a new model of administration and scoring for Spanish language. *NeuroRehabilitation*, 41(2), 539-565. <https://doi.org/10.3233/NRE-162102>
- Ostrosky-Shejet, F., Lozano, A., & Gonzales, M. (2016). Batería Neuropsicológica para preescolares. Presentación. *EduPsykué: Revista de Psicología y Educación*, 15(1), 15-30.
<https://journals.ucjc.edu/EDU/article/view/3906>
- Ouellet, É., Boller, B., Corriveau-Lecavalier, N., Cloutier, S., & Belleville, S. (2018). The Virtual Shop: A new immersive virtual reality environment and scenario for the assessment of everyday memory. *Journal of Neuroscience Methods*, 303, 126-135. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2018.03.010>
- Parsons, T., Carlew, A., Magtoto, J., & Stonecipher, K. (2015). The potential of function-led virtual environments for ecologically valid measures of executive function in experimental and clinical neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation An International Journal*, 27(5), 777-807.
<https://doi.org/10.1080/09602011.2015.1109524>

- Peñasco-Martín, B., De Los Reyes-Guzmán, A., Gil-Agudo, Á., Bernal-Sahún, A., Pérez-Aguilar, B., & De La Peña-González, A. (2010). Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Revista de Neurología*, 51(8), 481-488. <https://doi.org/10.33588/rn.5108.2009665>
- Pieri, L., Serino, S., Cipresso, P., Mancuso, V., Riva, G., & Pedrolí, E. (2021). The ObReco-360°: a new ecological tool to memory assessment using 360° immersive technology. *Virtual Reality*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00526-1>
- Pinel, J. (2010). *Biopsicología*. Pearson Adisson Wesley.
- Ponce-Barbosa, E., Delgado-Reyes, A., Pachón, D., Bertel, L., Toro, J., & Gaviria, F. (2021). Activación psicofisiológica de pacientes con zoofobias ante un ambiente de realidad virtual. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 62, 121-154. <https://www.doi.org/10.35575/rvucn.n62a6>
- Ramos-Usuga, D., Olabarrieta-Landa, L. & Arango-Lasprilla, J. (2017). La evaluación neuropsicológica infantil. En J. Arango-lasprilla, D. Rivera & L. Olabarrieta-Landa, *Neuropsicología Infantil* (pp. 104-150). Manual Moderno.
- Restrepo, G., Calvachi-Gálvez, L., Cano-Álvarez, I. C., & Ruiz-Márquez, A. L. (2019). Las funciones ejecutivas y la lectura: Revisión sistemática de la literatura. *Informes Psicológicos*, 19(2), 81-94. <https://doi.org/10.18566/infpsic.v19n2a06>
- Rivera, D., Morlett, A. & Arango-Lasprilla, J. (2019). *Analfabetismo y neuropsicología*. Manual Moderno.
- Rizzo, A., Bowerly, T., Buckwalter, J., Schultheis, M., Matheis, R., Shahabi, C., Neumann, U., Kim, L., & Sharifzadeh, M. (2002). Virtual environments for the assessment of attention and memory processes: the virtual classroom and office. *International Conference of Disability, Virtual Reality, & Associated Technology*, 4, 3-12. <https://infolab.usc.edu/DocsDemos/ICDVRAT2002.pdf>
- Rizzo, A., Schultheis, M., Kerns, K., & Mateer, C. (2004). Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology. *Neuropsychological Rehabilitation*, 14(2) 207-239. <https://doi.org/10.1080/09602010343000183>
- Robitaille, N., Jackson, P., Hébert, L., Mercier, C., Bouyer, L., Fecteau, S., Richards, C., & McFadyen, B. (2017) A Virtual Reality avatar interaction (VRai) platform to assess residual executive dysfunction in active military personnel with previous mild traumatic brain injury: proof of concept. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 12(7), 758-764. <https://doi.org/10.1080/17483107.2016.1229048>
- Spooner, D. & Pachana, N. (2006) Ecological validity in neuropsychological assessment: A case for greater consideration in research with neurologically intact populations. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(4), 327-337. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2006.04.004>
- Tirapu-Ustárriz, J. (2007). La evaluación neuropsicológica. *Intervención Psicosocial*, 16(2), 189-211. <https://doi.org/10.4321/S1132-05592007000200005>
- Valladares-Rodríguez, S., Pérez-Rodríguez, R., Facal, D., Fernández-Iglesias, M., Anido-Rifon, L., & Mouriño-García, M. (2017). Design process and preliminary psychometric study of a video game to detect cognitive impairment in senior adults. *PeerJ - Life and Environment*, 5, 1-35 <https://doi.org/10.7717/peerj.3508>