

Aplicaciones de la realidad virtual en Psicología clínica

José Gutiérrez Maldonado

Universidad de Barcelona

- 1.- Antecedentes y conceptos básicos
- 2.- Primeros estudios
- 3.- Situación actual
 - 3.1.- Componentes básicos de un sistema de realidad virtual
 - 3.2.- Ámbitos de aplicación
- 4.- Futuro
- 5.- Referencias

1.- Antecedentes y conceptos básicos

La realidad virtual (RV) no es una tecnología exótica, al contrario, se encuentra presente en una gran parte de los diferentes ámbitos que configuran la vida cotidiana, desde el entretenimiento hasta la salud, pasando por la formación y el entrenamiento. Tampoco es ajena a la Psicología, como se verá enseguida a lo largo de este texto.

En el campo del entretenimiento, por ejemplo, la industria que mueve mayores recursos económicos actualmente es la producción y distribución de videojuegos. Factura casi el triple que la industria cinematográfica. Ni siquiera sumando la facturación de dos importantes sectores del ocio, como son la música y el cine, se alcanzan los beneficios del sector de los videojuegos, que superó el umbral de los 100.000 millones de dólares en 2016 (Global Games Market Report, 2016). En la base de la mayor parte de los videojuegos se encuentran técnicas de realidad virtual mediante las que se busca la inmersión del jugador en entornos gráficos de simulación.

Recursos gráficos que hace poco requerían la utilización de equipos muy costosos se encuentran ahora en equipos domésticos. Al principio los ordenadores aceptaban entradas numéricas y textuales, con el tiempo se fue progresando dispositivos de entrada y salida de información ergonómicos que facilitarían la interacción entre usuario y máquina. Las interfaces actuales son propiamente de realidad virtual, puesto que simulan escritorios y oficinas. Favorecen la inmersión y la interacción del usuario con las aplicaciones, y con ello la sensación de presencia en un entorno virtual.

De hecho, la realidad cotidiana está llena de entornos virtuales: el teatro, el cine, la televisión, la lectura, son ambientes o actividades que disminuyen la sensación de presencia en el entorno real e incrementan la de encontrarse en otra parte. La realidad virtual que se obtiene por procedimientos informáticos es, pues, una más entre otras, y no ha sido la primera. Aunque tampoco es la única capaz de proporcionarla, uno de los sellos distintivos de la realidad virtual informática es la posibilidad de interacción. El usuario ya no se encuentra en una posición pasiva, puede moverse por el entorno e interactuar con él de diferentes maneras.

Jaron Lanier, en 1987, fue quien bautizó como “realidad virtual” a esta forma interactiva de simulación que se obtiene mediante tecnología informática, aunque Ivan Sutherland (Sutherland, 1965, 1968) ya formuló esa idea 20 años antes. Se le reconoce como uno de los

principales impulsores de la informática gráfica. Su tesis doctoral, leída en 1963 y titulada *Sketchpad: a man-machine graphical communication system* demostró que era posible utilizar ordenadores para la realización de gráficos interactivos. Poco después, en 1968, publicó *A head-mounted three dimensional display*, trabajo con el que sentaría las bases que guiarían el desarrollo de algunos de los actuales dispositivos de realidad virtual (*Head Mounted Display*, HMD). En 1959 los laboratorios Lincoln, del MIT, ensamblaron un ordenador conocido como TX-2. Se trataba de una máquina con la que se quería ensayar la posibilidad de utilizar transistores para construir ordenadores de gran capacidad. TX-2 disponía de una pantalla de nueve pulgadas, un lápiz óptico y un panel de interruptores. Sutherland trabajó con este ordenador para elaborar su tesis consistente en la utilización del lápiz óptico para dibujar planos directamente sobre la pantalla. Esta fue la primera interfaz gráfica de usuario (GUI), mucho antes incluso de que se acuñara tal denominación. Los primeros experimentos con dispositivos HMD utilizaron sistemas que proyectaban ante los ojos la señal que recibían desde cámaras controladas mediante servomecanismos. Con esta técnica la compañía *Bell Helicopter* desarrolló en los años sesenta un casco conectado a una cámara de visión nocturna que permitía al piloto aterrizar en la oscuridad. En 1966, Ivan Sutherland y un estudiante colaborador, Bob Sproull, convirtieron el sistema de visión remota de la Bell Helicopter en un sistema de realidad virtual reemplazando la cámara con imágenes generadas por ordenador. Este primer escenario virtual consistía en un sencillo cubículo de cuatro paredes con los puntos cardinales anotados sobre ellas. El usuario podía “entrar” en la habitación, mover la cabeza y ver las diferentes direcciones. Las aportaciones de Sutherland fueron pioneras en el desarrollo de la informática gráfica.

En los años ochenta se produjeron innovaciones importantes que marcarían puntos de inflexión en la historia de la RV. Fue en esa década cuando NASA Ames desarrolló el sistema VIEW (*Virtual Interface Environment Workstation*) (Fisher, McGreevy, Humphries, y Robinett, 1987), y también cuando una compañía liderada por Lanier, VPL (*Virtual Programming Languages*) comenzó a fabricar dispositivos como *Data Glove*, *Data Suit* (sensores de posición y movimiento) y *EyePhone* (un tipo de HMD), que extendieron entre sectores más amplios de la población general el interés por la RV. Desafortunadamente, la empresa no tuvo el éxito esperado, y se declaró en bancarrota seis años después. Más tarde, ya en los inicios de la década de los noventa, se desarrolló una alternativa a los HMD que en lugar de utilizar pantallas

colocadas frente a los ojos empleaba proyectores que emitían sobre las paredes y el suelo de un cubículo. Cruz-Neira et al. (1992) denominaron *Cave Automated Virtual Environment* (CAVE) a este sistema. Los sistemas CAVE han convivido con los sistemas HMD desde entonces, aunque actualmente se utilizan cada vez menos debido a los avances producidos durante los últimos años en la fabricación de dispositivos HMD, una vez que grandes empresas del sector de la electrónica de consumo han decidido apostar por la difusión masiva de la tecnología de RV.

Una de las primeras áreas de aplicación de esta tecnología, y en la que se sigue utilizando intensamente, es el entrenamiento, ya sea para adquirir pericia en el manejo de máquinas o en el afrontamiento de situaciones complejas. La simulación de situaciones de combate para el entrenamiento militar ha sido y sigue siendo una de las áreas de aplicación principales, gracias a las posibilidades de aprendizaje mediante práctica repetida en condiciones de seguridad que ofrece esta tecnología. De manera similar, el entrenamiento de pilotos de aviación ha sido una de las primeras aplicaciones de las simulaciones virtuales.

El entrenamiento en simuladores de vuelo es una parte esencial de la formación de los pilotos de aviación. En los simuladores es posible practicar tantas veces como sea necesario la respuesta adecuada a cualquier situación, normal o extraordinaria, que se pueda presentar. Mediante la práctica repetida se hace posible automatizar la conducta correcta y, a la vez, habitar la respuesta de alarma que, de manera natural, aparecería ante una situación de peligro imprevista. Cuando el piloto deba enfrentarse realmente a una situación similar a la practicada en el simulador, el tiempo de reacción de la respuesta correcta será menor, y la interferencia de la ansiedad sobre el rendimiento se habrá reducido significativamente.

La adquisición de habilidades operativas y la habituación de la respuesta de alarma que se persigue con el entrenamiento de los pilotos en los simuladores de vuelo guarda un parecido notable con el procedimiento que se aplica en los tratamientos mediante exposición de trastornos como las fobias específicas. Esta similitud no debe sorprender, puesto que en ambos casos se persiguen los mismos objetivos: la adquisición de respuestas adaptativas y la extinción de respuestas desadaptativas, aprender y olvidar, y se aplican, para alcanzarlos, los métodos que se han mostrado hasta el momento más eficaces para ello: los principios del aprendizaje. Es por esa razón que, como se explica más adelante, los primeros ensayos de aplicación de técnicas de

RV en Psicología se llevaron a cabo para probar su utilidad en el tratamiento de fobias específicas como la fobia a volar y la acrofobia.

Más que como una tecnología concreta, la RV debe entenderse como un conjunto de tecnologías que, en cada ámbito de aplicación e, incluso, en cada momento histórico, ha adoptado formas diferentes, haciendo uso de unos elementos u otros en función de su disponibilidad y de su adecuación a cada objetivo. Aunque una definición amplia de realidad virtual incluye gran cantidad de campos y aplicaciones, usualmente se reserva tal denominación para aquella tecnología informática que genera entornos tridimensionales con los que el sujeto interactúa en tiempo real. Esa interacción se puede producir en condiciones de mayor o menor inmersión, en función de las características del sistema utilizado. Tales creaciones no tienen por qué limitarse a la reproducción más o menos fidedigna de la realidad; pueden construirse entornos sintéticos mediante los que se manipulan determinadas propiedades de manera que se obtienen resultados improbables o imposibles en la realidad.

La ilusión de presencia es una de las propiedades fundamentales de los sistemas de realidad virtual. En la actualidad el debate teórico acerca de la definición de este concepto es intenso, con posiciones enfrentadas que destacan factores de diferentes tipos. En cualquier caso, desde una descripción del fenómeno compartida por la mayor parte de los investigadores, se denomina presencia a la ilusión de “estar en” el entorno virtual. Los usuarios que interactúan con entornos de realidad virtual no tienen la sensación de observar éstos desde fuera, sino de formar parte de ellos. Se trata de una ilusión del mismo tipo que otras ilusiones perceptivas, aunque de carácter más complejo puesto que incluye usualmente una elevada cantidad de estímulos y, en determinados montajes, diversidad de modalidades sensoriales, pero equivalente, por ejemplo, a las ilusiones ópticas más sencillas. Aunque la persona que experimenta esas ilusiones sabe que no son reales, no puede dejar de percibir las como si lo fueran. Así, la persona con acrofobia que observa la calle desde las alturas en un entorno virtual sabe que no se encuentra realmente en esa situación, pero no puede dejar de experimentar las mismas sensaciones y de emitir las mismas respuestas que tendrían lugar si se encontrase realmente en ella. Esta que se acaba de dar es, a nuestro modo de ver, la mejor definición operacional del concepto de presencia. En términos más formales, se puede definir la ilusión de presencia como la medida en que una persona expuesta a un entorno virtual emite las mismas respuestas conductuales, cognitivas y

fisiológicas que tendrían lugar si se encontrase realmente en la situación real que es simulada por el entorno virtual. Esto implica, por tanto, que el entorno virtual que simula la altura es válido si, y solo si, personas con diferente grado de acrofobia muestran respuestas diferentes y con diferente grado de intensidad al exponerse al mismo. Una persona sin acrofobia probablemente se acercará al borde de un precipicio virtual, mientras que una persona con acrofobia se alejará (en mayor medida y más rápidamente cuanto mayor sea su nivel de miedo a las alturas); las ideas e imágenes que aparecerán en la conciencia de unos y otros también serán diferentes; y, finalmente, también lo serán las reacciones fisiológicas que experimentarán.

La ilusión de presencia es, por consiguiente, clave para la validez de los entornos virtuales, tanto para los que son utilizados con finalidades de tratamiento como los que son utilizados con finalidades de evaluación o de investigación. Esa validez, es decir, la capacidad para producir presencia, debe ser demostrada antes de aceptar su utilización en cualquier ámbito.

¿Cuáles son los determinantes de esta ilusión de presencia? es decir, ¿qué condiciones deben cumplir los entornos virtuales para producirla? Existe una multitud de factores que influyen en la presencia, algunos de ellos vienen dados por características del sistema utilizado para presentar las simulaciones, y otros se relacionan con las diferencias individuales que caracterizan a los usuarios. Entre las primeras se encuentran variables muy diversas que van desde la amplitud del campo de visión hasta la frecuencia de refresco con la que se presentan las imágenes, la latencia de respuesta del sistema ante las acciones del usuario, etc. La diversidad de variables individuales que afectan a la ilusión de presencia no es menor, desde la experiencia con el uso de instrumentos informáticos hasta rasgos de personalidad o de capacidad (Alsina-Jurnet y Gutiérrez-Maldonado, 2010)

Las variables propias del sistema pueden diferenciarse en dos tipos: aquellas generales que afectan a la presencia en cualquier ámbito de aplicación, por un lado, y las que son específicas de cada ámbito. Estas últimas, en realidad, son el resultado de interacciones estadísticas entre elementos del sistema y características de los usuarios. Las variables generales del sistema agrupan a una gran cantidad de propiedades técnicas dentro de dos grandes bloques: inmersión e interacción.

Hay diferentes factores generales (presentes en cualquier ámbito de aplicación) que contribuyen a incrementar la sensación de presencia en un entorno virtual. Algunos de ellos son de carácter

perceptivo y otros motores. Aquellos equipos que limitan la entrada de estímulos del ambiente real y potencian la correspondiente al entorno virtual disminuyen, por mecanismos perceptivos, la sensación de presencia en el mundo real e incrementan la presencia en el entorno virtual. La presencia también depende de variables motoras. Si el usuario tiene posibilidades de interacción con el entorno virtual (desplazarse, tocar objetos, moverlos, etc.) su ilusión de presencia será mayor que si debe limitarse a observar lo que ocurre. La inmersión se refiere al grado en que las entradas sensoriales procedentes de la simulación bloquean y sustituyen a las entradas procedentes del entorno en que se encuentra realmente el usuario. En este sentido, un sistema que, mediante unas gafas, ocupe una gran parte del campo visual del usuario con las imágenes del entorno virtual, y bloquee la visión del entorno real, será más inmersivo que un sistema que utilice como sistema visual una pantalla de ordenador o una proyección. A medida que se complica el sistema con componentes que proporcionan información correspondiente no solo a la modalidad visual sino a otras como la auditiva, táctil, propioceptiva, etc. se hace más inmersivo, y a medida que se hace más inmersivo, se incrementa la ilusión de presencia.

La interacción se refiere al grado en que el sistema reacciona ante la acción del usuario. Las formas de interacción con los entornos virtuales pueden ser muy diversas, desde cambios que tienen lugar como consecuencia de los movimientos de orientación o navegación del usuario hasta otros más complejos que están vinculados a sus reacciones fisiológicas. La diversidad de estos canales de interacción y la intensidad de la actividad del usuario requerida por el sistema influyen notablemente en la ilusión de presencia.

La relación entre inmersión y presencia, por un lado, y entre interacción y presencia, por otro, debe ser todavía estudiada con mayor profundidad. A medida que se incrementa cualquiera de esos dos factores, aumenta también la ilusión de presencia, pero es posible que la relación no sea lineal, puesto a partir de determinados valores la influencia sobre la presencia puede no ser la misma que con los valores iniciales. También debe ser estudiado con mayor profundidad si la inmersión y la interacción tienen efectos aditivos sobre la ilusión de presencia, pero la información disponible hasta el momento apunta en esa dirección en la mayor parte de los casos. En definitiva, y en líneas generales, se constata que a mayores niveles de inmersión y de interacción, mayores niveles de presencia. ¿Quiere eso decir que debe buscarse en todas las aplicaciones los niveles más altos de inmersión y de interacción posibles? No necesariamente,

puesto que otros condicionantes pueden afectar también a estos factores. Es posible, por ejemplo, disponer de sistemas muy inmersivos e interactivos en una consulta, pero no en el domicilio del paciente. Si el tratamiento programado para un paciente particular contempla la oportunidad de exposiciones virtuales entre consultas, puede ser complicado disponer de un sistema inmersivo como el que se utiliza en el centro asistencial, pero sí se puede, por ejemplo, llevar a cabo exposiciones en un equipo informático doméstico con niveles menores de inmersión. La ilusión de presencia no será tan alta, pero aun así el tratamiento puede ser más eficaz que si solo se llevan a cabo exposiciones en las sesiones que tienen lugar en la consulta. Además de esos factores generales relacionados con la inmersión y la interacción, existen factores específicos de cada ámbito de aplicación. En el ámbito de la evaluación y el tratamiento psicológico los factores específicos más relevantes son los denominados elementos clínicamente significativos. Se entiende como tales a aquellos estímulos o contextos que provocan las respuestas problemáticas o que modulan su intensidad. Son muy diversos, y están específicamente vinculados con cada trastorno concreto. Deben formar parte del diseño de los entornos virtuales desde el principio, puesto que en ocasiones su influencia sobre los niveles de presencia puede ser incluso mayor que la de los factores generales del sistema. El conocimiento de las características clínicas de los trastornos adquiere aquí la máxima relevancia, puesto que a partir del mismo se pueden determinar esos elementos y sus características.

2.- Primeros estudios

Desde los inicios de la aplicación de la RV en Psicología, durante la década de los noventa del siglo pasado, se viene utilizando no solo para llevar a cabo tratamientos sino para evaluar y para investigar. Gran parte de sus ventajas se resumen a través de la idea del balance que se puede alcanzar entre validez interna y externa. En evaluación psicológica, Parsons (2015) ha realizado una completa revisión, concluyendo que la presentación de estímulos mediante RV permite alcanzar niveles de control experimental tan altos como los métodos tradicionales, pero con mayor validez ecológica puesto que se pueden contextualizar en simulaciones de situaciones naturales, haciendo así que la estimación del rendimiento real sea más precisa.

A medida que la tecnología informática se ha incorporado en la práctica y en la investigación psicológica, se ha avanzado en la mejora del balance entre validez interna y validez externa. En los procedimientos tradicionales de evaluación mediante, por ejemplo, presentaciones taquístoscópicas que permitían la presentación de estímulos durante períodos muy breves de tiempo, la validez interna era muy alta, puesto que se podía controlar completamente los parámetros de la presentación. Sin embargo, para alcanzar ese grado de control en la evaluación de, por ejemplo, la atención o la memoria inmediata, ésta se debía llevar a cabo en unas condiciones que por definición habían de ser muy diferentes a las que se presentan en las situaciones naturales en las que esas funciones psicológicas son aplicadas. De otra forma, no sería posible controlar la influencia sobre los resultados de cualquier variable extraña. El precio a pagar por la alta validez interna de la medición era una reducida validez externa. El rendimiento real podía ser diferente al estimado en la evaluación, debido precisamente a que en la situación natural no solo intervienen las variables manipuladas activamente en el estudio experimental, sino que éstas lo hacen en interacción con una multitud de otras variables no controladas. Al contrario, si se quería maximizar la validez ecológica de la medición, realizando para ello observaciones de campo, se reducía en consecuencia la validez interna, dado que no era posible en esas condiciones establecer con seguridad los mecanismos responsables de las conductas. Con el avance de la tecnología informática, que ha permitido llegar hasta los sistemas de RV actuales, el balance entre validez interna y validez externa en la evaluación, en la investigación, y también en los tratamientos psicológicos, ha mejorado significativamente, dado que es posible llevar a cabo la presentación de estímulos en condiciones tan controladas como las que permitían los procedimientos utilizados anteriormente en el laboratorio o la consulta, pero en el contexto de simulaciones de las situaciones naturales en las que se responde a esos estímulos. De esa manera, el rendimiento real de una función psicológica puede ser estimado con una validez alta, y el aprendizaje que se lleva a cabo con la finalidad de modificar cualquier conducta problemática puede ser transferido más fácilmente fuera de la consulta.

Los primeros estudios sobre aplicaciones de la RV en trastornos mentales se ocuparon fundamentalmente de trastornos de ansiedad como la fobia a volar (North y North, 1994), la acrofobia (Rothbaum et al., 1995), el trastorno por estrés postraumático (Rothbaum et al., 1999), la fobia social y el miedo a hablar en público (Pertaub, 1998; Slater, Pertaub y Steed, 1999;

North, North y Coble, 1998), la agorafobia (North y North, 1994), la claustrofobia (Botella et al., 1998), la fobia a conducir (Wald y Taylor, 2000), y la fobia a las arañas (Vince, 1995). No obstante, ya desde esos primeros años la tecnología de RV no se mostraba útil solamente como técnica de exposición y desensibilización en trastornos fóbicos, sino que también permitía mejorar el uso de las técnicas cognitivas en trastornos tan graves como la anorexia o la bulimia (Riva, Bacchetta, Baruffi, Rinaldi, y Molinari, 1998), o incrementar las habilidades de niños con trastornos del espectro autista (Strickland, Marcus, Hogan, Mesibov y McAllister, 1995). Desde entonces se ha avanzado también en otros campos como el tratamiento del dolor, la rehabilitación psíquica y psicomotora, y una amplia variedad de trastornos que no para de crecer. Los estudios pioneros que se acaban de citar no aparecen en el vacío, puesto que es posible encontrar antecedentes de los mismos tanto en investigaciones empíricas como en propuestas conceptuales publicadas con anterioridad. Entre esos antecedentes se encuentran investigaciones en las que se sometía a prueba la eficacia de algún tipo de herramienta rudimentaria, como unas gafas especiales que alteraban la percepción de profundidad y que fueron utilizadas por Schneider en 1982 para magnificar la sensación de altura durante un procedimiento de exposición en vivo. También es posible encontrar en la literatura científica antecedentes en trabajos que consideran la posible utilidad de la RV para el tratamiento psicológico en general (Tart, 1991), para el tratamiento de la ansiedad ante los exámenes (Knox, Schacht y Turner, 1993), y para simular una prueba proyectiva en niños con autismo (Kijima y Hirose, 1993). Existe también una noticia periodística (CyberEdge) acerca de un estudio en el que se utilizó realidad virtual para el tratamiento de la acrofobia en 1994 (Lamson, 1994).

3.- Situación actual

3.1.- Componentes básicos de un sistema de realidad virtual

Durante muchos años se asoció la tecnología de RV informática con equipos muy costosos y complicados, y eso ha sido así, efectivamente, hasta hace muy pocos años. Durante las primeras décadas de existencia de esta tecnología el coste de los componentes necesarios para aplicarla

ha estado al alcance únicamente de centros capaces de disponer de recursos económicos elevados. Tales recursos eran necesarios no solo para la adquisición de los equipos sino para su funcionamiento y mantenimiento, dado que a los costes de adquisición había que sumar los del personal técnico capacitado para su instalación y mantenimiento. Eso era así al menos en lo referente a los equipos inmersivos, aunque existen estudios que muestran que incluso con equipos no inmersivos, de bajo coste, es posible alcanzar objetivos de validez y eficacia en el ámbito clínico (Gutiérrez-Maldonado, Pla-Sanjuanelo, y Ferrer-García, 2016). En cualquier caso, actualmente el coste de la tecnología ya no es una barrera para su uso, gracias al interés que han puesto en ella algunas compañías del sector de la electrónica de consumo, detectando importantes posibilidades de crecimiento y, por tanto, de beneficio, y haciendo posible por ello la inversión en su desarrollo y en la producción a gran escala de equipos de alta calidad.

La variedad de dispositivos y componentes que se han desarrollado desde el nacimiento de la tecnología de RV informática es enorme, aunque los sistemas más frecuentes han consistido en variaciones de la idea del HMD tal como fue formulada inicialmente. Un HMD permite situar pantallas muy cerca de los ojos, de manera que con unas lentes adecuadas es posible enfocar la visión en ellas y percibir estereoscópicamente la profundidad en los contenidos visuales que se envían desde un ordenador. Otro componente básico del sistema es algún tipo de sensor que permite transmitir al ordenador la posición de la cabeza y, así, seleccionar la información visual que se envía a las pantallas de acuerdo con la orientación del usuario. La información visual que se recibe, entonces, depende de la propia acción. Este concepto básico, que hace referencia a las correlaciones sensomotoras, es central en la tecnología de RV informática, y puede desarrollarse y complicarse de manera importante dependiendo de los objetivos que se persigan. Es posible, por ejemplo, hacer que esa interacción entre el usuario y la simulación no se limite a los movimientos de orientación de la cabeza, sino que se rastreen también otras partes del cuerpo, o el cuerpo completo, de manera que el realismo de la simulación se incremente significativamente.

No es necesario limitar la información que se detecta del usuario a variables motoras, puede utilizarse cualquier tipo de respuesta del organismo para la que existan sensores adecuados: respuestas psicofisiológicas, verbales, etc. Un tipo de respuesta que cada vez se incluye más

entre las que son utilizadas por los equipos actuales de RV es la conducta ocular, lo que permite medir variables como las atencionales y extrapolar variables de tipo cognitivo.

La información que se envía al usuario no es usualmente únicamente de tipo visual, sino que se incluyen también otras modalidades sensoriales. En la mayor parte de los dispositivos se utiliza la información visual y la auditiva, pero es posible también incorporar otras modalidades como la táctil o la olfativa, o incluso manipular la información propioceptiva.

La tasa de innovación en todo lo referente a los HMD es muy elevada, y cada pocos meses aparecen novedades que hacen que su uso se pueda adaptar a un mayor número de objetivos progresivamente. Los HMD iniciales necesitaban estar conectados mediante cables a ordenadores con una elevada potencia de procesamiento gráfico, pero actualmente se dispone de variantes que pueden funcionar conectándose al ordenador de forma inalámbrica, o que no necesitan de un ordenador de sobremesa puesto que éste puede ser sustituido por un teléfono móvil que se inserta en el HMD. También se han desarrollado variedades que funcionan de forma completamente autónoma, sin necesidad de conectarse a otro equipo informático.

Como se comentaba anteriormente, a lo largo de la historia de la RV informática se han desarrollado otras clases de equipos, más allá de los HMD, como los CAVE, en los que los dispositivos montados sobre la cabeza del usuario son sustituidos por sistemas de proyección. En la actualidad estos sistemas de proyección tienen todavía algunas indicaciones en situaciones para las que los HMD no resultan adecuados, pero su coste no se ha reducido en la misma medida, lo que hace que su utilización sea reducida y limitada a determinados centros de investigación o industriales.

En la tabla 1 se encuentra una descripción de los principales sistemas de HMD disponibles actualmente. Los HMD móviles son los más utilizados actualmente en la práctica psicológica clínica debido a su facilidad de uso y su coste reducido. Algunas empresas distribuyen programas de tratamiento para diferentes problemas psicológicos basados en este tipo de dispositivos, aunque la mayoría de los contenidos que ofrecen no están validados científicamente ni han realizado estudios controlados aleatorizados que apoyen su eficacia. Este es un asunto delicado, puesto que, si el tratamiento que se realiza por esta vía no tiene un soporte adecuado en la evidencia, su aplicación puede ser incluso perjudicial para los pacientes. Sin

duda esta situación cambiará con el tiempo, pero actualmente la precaución con el uso de este tipo de servicios debe ser muy alta.

Los HMD conectados a ordenadores (HMD PC) son, sin duda, aquellos que ofrecen mejores prestaciones, tanto por la calidad gráfica de las simulaciones como por el grado de inmersión y de interacción que proporcionan. Sin embargo, esta mayor calidad va asociada a un mayor precio y, desafortunadamente, a una mayor complicación en su uso. Los HMD autónomos unen una alta facilidad de uso con unas prestaciones razonablemente altas, y que irán creciendo con el tiempo, por lo que es muy probable que dentro de unos años pasen a ser los dispositivos de RV más utilizados en la práctica clínica psicológica.

Tabla 1. Comparación de los principales HMD disponibles actualmente (2018)

Tipo de HMD	Precio	Plataforma	Calidad gráfica	Inmersión	Interacción	Facilidad de uso
<i>HMD Móviles</i>						
Google Cardboard	15€	Teléfonos móviles	Baja	Muy baja	Muy baja	Muy alta
Google Daydream	100€	Teléfonos móviles-Daydream	Baja	Baja	Baja	Alta
Samsung Gear VR	120€	Teléfonos móviles-Oculus	Baja	Baja	Baja	Alta
<i>HMD Autónomos</i>						
Oculus GO	200€	Autónomo-Oculus	Alta	Alta	Alta	Muy alta
Lenovo Mirage Solo	400€	Autónomo-Daydream	Alta	Alta	Alta	Muy alta
<i>HMD Consolas</i>						
Sony PlayStation VR	300€	PlayStation	Muy alta	Muy alta	Alta	Alta

<i>HMD PC</i>						
Samsung Odyssey	500€	PC- Windows Mixed Reality	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja
Oculus Rift	400€	PC- Windows- Oculus	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja
HTC Vive Pro	800€	PC- Windows- Steam	Muy alta	Muy alta	Muy alta	Baja

3.2.- Ámbitos de aplicación

Los ámbitos de aplicación actuales de las tecnologías de RV son muy diversos y numerosos. No es el objetivo de este trabajo ofrecer una descripción de todos ellos, sino centrarse en los que tienen relación con la Psicología clínica. Pero tampoco se dispone de espacio suficiente para desarrollar una exposición completa de todas las aplicaciones actuales en ese ámbito, por lo que se centrará la atención en algunas de las que están alcanzando resultados más importantes.

Además de los dominios más conocidos, como son los del entretenimiento y el entrenamiento (educación, entrenamiento de destrezas profesionales, deportes, etc.), entre las aplicaciones actuales de la tecnología de RV se encuentran: la investigación básica de procesos perceptivos, representación espacial y navegación; la investigación clínica; la investigación social; la visualización de datos científicos; las experiencias culturales y viajes virtuales; la colaboración a distancia; las aplicaciones industriales; y el periodismo, entre otras (Slater y Sánchez- Vives, 2016).

En una revisión sistemática de las publicaciones realizadas hasta el año 2016 sobre aplicaciones de la RV en Psicología clínica, Freeman et al. (2017) encontraron un total de 285 estudios, estando la mayor parte de ellos dedicados a tratamientos (154), con 86 sobre evaluación y 45 sobre elaboración teórica. Los trastornos más investigados fueron los de ansiedad (192), la

esquizofrenia (44), las adicciones a sustancias (22) y los trastornos alimentarios (18); en cantidad mucho más reducida se han realizado también estudios sobre depresión, trastornos del sueño y trastornos sexuales. Esa revisión proporciona una imagen aproximada del estado actual de difusión de esta tecnología en el campo de la salud mental, aunque no es completa puesto que se limitó a estudios que utilizaron sistemas inmersivos (no se analizaron los que usaban solo pantallas de ordenador), en lengua inglesa, y se excluyeron estudios sobre problemas relacionados con la psicología de la salud (dejando así fuera un campo en el que existe una gran cantidad de estudios como es el del dolor, -ver p.ej. Chan, Foster, Sambell y Leong, 2018; Hoffman, Patterson y Carrougner, 2000; Li, Montaña, Chen y Gold, 2011; Loreto-Quijada et al, 2014-), trastornos de personalidad y trastornos con inicio en la infancia, la niñez o la adolescencia. Se incluyeron en la revisión los estudios sobre adicciones a sustancias, pero no los que se han ocupado de las adicciones comportamentales, lo que excluye de la misma a otro grupo numeroso de investigaciones que se han realizado sobre esta clase de trastornos (Bouchard et al, 2017). Tampoco se incluye la extensa gama de aplicaciones de la RV en rehabilitación motora y cognitiva, que comenzaron a aparecer ya durante los primeros años de desarrollo de esta tecnología (Riva, 1997; Riva, Wiederhold y Molinari, 1998; Schultheis y Rizzo, 2001; Howard, 2017; Pedroli, Serino, Pallavicini, Cipresso, y Riva, 2018). Dadas las limitaciones de espacio para el desarrollo de este trabajo, se aplican aquí los mismos criterios de selección de la revisión de Freeman para presentar un cuadro aproximado del estado actual de las aplicaciones de las tecnologías de RV en Psicología clínica, focalizando la atención en los trastornos de ansiedad, la esquizofrenia, las adicciones a sustancias y los trastornos alimentarios, y se invita al lector a ampliar la información en los otros ámbitos de aplicación mencionados para alcanzar una visión más completa del estado actual de conocimientos sobre las aplicaciones de las tecnologías de RV en psicología.

Trastornos de ansiedad

La exposición, en sus diferentes variantes, es la técnica de elección para el tratamiento de los trastornos de ansiedad y, en particular, de las fobias específicas. Las dos formas principales de

aplicación tradicional de los tratamientos de exposición, en vivo y en imaginación, se amplía actualmente con una tercera variante, la exposición mediante simulaciones virtuales, que abre nuevas posibilidades y que, de hecho, facilita una aplicación más genuina de los principios del aprendizaje que las formas tradicionales. La exposición en vivo resulta muy costosa, puesto que para garantizar la generalización de los aprendizajes es necesario llevarla a cabo en las situaciones reales en las que aparecen las respuestas que se pretende modificar. Ello supone un coste económico elevado, y ese coste hace que, de hecho, no pueda aplicarse en su totalidad (en todas las situaciones en las que debería llevarse a cabo, de acuerdo con los fundamentos de la técnica). En un tratamiento de fobia a volar, por ejemplo, no es posible llevar a cabo una exposición graduada a todas las situaciones que componen una jerarquía típica de este problema, debido a la imposibilidad de afrontar el coste que ello supondría. Aunque ese coste pudiera ser asumido y se llevara a cabo el tratamiento afrontando en vivo todas las situaciones de la jerarquía, no se podría garantizar que se estaría aplicando de forma genuina la técnica de exposición, puesto que no sería posible controlar todos los parámetros de la misma de forma que la graduación se correspondiese con la jerarquía de partida. No es posible controlar lo que ocurre en la situación real, y pueden aparecer turbulencias en una situación en la que no deberían hacerlo, el despegue o el aterrizaje pueden ser más problemáticos de lo que sería apropiado para el nivel de aprendizaje que se ha alcanzado hasta el momento en el tratamiento, etc.

La exposición mediante imaginación puede sortear esas dificultades, aparentemente, dado que es el psicólogo quien controla lo que el cliente está visualizando mediante guías verbales, y el coste también es mucho menor puesto que el tratamiento puede llevarse a cabo en la consulta. Desafortunadamente, no todas las personas tienen capacidad para visualizar con el grado de realismo necesario para provocar la aparición de las respuestas de ansiedad que se pretende modificar, o para mantener la concentración durante el tiempo necesario para que se produzca la habituación. Tampoco es posible controlar completamente la evitación que puede llevar a cabo el paciente durante el procedimiento, apartando la atención de las imágenes que le son inducidas en el procedimiento debido a la ansiedad que se asocia con ellas.

En la exposición mediante RV (ERV) gran parte de esos problemas encuentran solución. Eso hace que, de hecho, la exposición pueda aplicarse de la forma más consistente posible con los principios teóricos que están en la base de la técnica. Como la exposición con imaginación, la

ERV se lleva a cabo en la consulta, evitando así los costes asociados a los desplazamientos que hay que realizar en la exposición en vivo. La capacidad de generalización de los aprendizajes es igual o mayor que en la exposición en vivo, puesto que se reproducen mediante simulaciones gráficas los contextos reales en los que aparecen las respuestas desadaptativas. Además, en la ERV se controlan completamente los parámetros de la exposición, permitiendo graduar ésta para ajustarla exactamente a la jerarquía de miedos de cada caso. En consecuencia, la exposición mediante RV no es un sucedáneo de la que se lleva a cabo en vivo, una imitación de menor calidad, sino, al contrario, una forma más genuina de aplicación de esta técnica de tratamiento psicológico.

Otra de las oportunidades que ofrece la tecnología de RV es que no tiene por qué limitarse a una simple reproducción, en un ambiente controlado, de los procedimientos de exposición en vivo. Esto es posible gracias a la capacidad que proporciona para configurar entornos cuyas propiedades van más allá de la realidad. Una habitación virtual con paredes móviles puede provocar un miedo más intenso incluso que una habitación real en el paciente con claustrofobia. De igual manera, otras propiedades de los estímulos fóbicos pueden ser manipuladas para conseguir que éstos sean clínicamente más significativos que los estímulos reales y, por tanto, de mayor utilidad terapéutica. Como proponen Botella et al. (1998), estas propiedades son especialmente útiles para mejorar la percepción de autoeficacia y para promover la generalización de los aprendizajes.

Las aplicaciones de la RV en el tratamiento de trastornos de ansiedad y, en particular, fobias, fueron las primeras en este campo, y siguen siendo las más numerosas en la actualidad. Además de las aplicaciones sobre fobias específicas, agorafobia y miedos de tipo social, destacan las orientadas al tratamiento del trastorno por estrés postraumático. La investigación sobre el tratamiento de este trastorno mediante RV ha recibido desde el inicio una financiación importante desde agencias militares estadounidenses, debido a la magnitud que representa este problema entre excombatientes en los diferentes conflictos en que han participado a lo largo de las últimas décadas. Entre los estudios iniciales sobre este trastorno se encuentra el ya citado anteriormente de Rothbaum et al. (1999), realizado sobre veteranos de Vietnam; en la actualidad hay una gran diversidad de grupos que siguen investigando sobre este trastorno, y su tratamiento

mediante exposición con RV se ha generalizado en una gran parte de los centros de EE.UU. que asisten a soldados con este problema.

En líneas generales, de acuerdo con la revisión de Freeman et al. (2017), los estudios realizados hasta el momento indican que la eficacia de las intervenciones sobre trastornos de ansiedad mediante técnicas de RV es tan alta como la de las intervenciones equivalentes realizadas mediante los procedimientos usuales (en vivo o en imaginación). Los metaanálisis encuentran tamaños del efecto grandes y existe evidencia de la generalización de los aprendizajes adquiridos durante el tratamiento a las situaciones reales. Los estudios de seguimiento muestran que esos efectos se mantienen durante varios años. Por otro lado, se encuentran menores tasas de abandono del tratamiento.

Esquizofrenia

En Esquizofrenia se ha utilizado RV para la rehabilitación cognitiva (Schultheis y Rizzo, 2001; Da Costa y Carvalho, 2004), la evaluación psicopatológica (Freeman, 2008; Freeman et al., 2008; Ku et al., 2003), el establecimiento de correlaciones sintomatológicas, la identificación de variables predictoras de la ideación persecutoria, y el tratamiento de los síntomas positivos de la enfermedad (Freeman, 2008), así como para el entrenamiento de habilidades sociales (Ku et al. 2007; Park et al., 2011; Rus-Calafell, Gutiérrez-Maldonado y Ribas-Sabaté, 2012, 2014)).

La mejora de las habilidades sociales de los pacientes con esquizofrenia es uno de los objetivos principales de los tratamientos psicológicos que se aplican actualmente sobre este trastorno. Los déficits más comunes que muestran las personas que sufren esquizofrenia son dificultades en la atención, la memoria y las funciones ejecutivas. Aunque la medicación antipsicótica es la base del tratamiento de estos pacientes, ha mostrado un efecto moderado y limitado tanto en el funcionamiento psicosocial como en el deterioro cognitivo. Además, la mejora de los síntomas positivos no garantiza una mejora en el deterioro social o en la percepción subjetiva de calidad de vida. Por lo tanto, las intervenciones psicosociales son esenciales para lograr mejoras más sustanciales. Estas intervenciones generalmente se proporcionan adicionalmente al tratamiento farmacológico y juegan un papel esencial en la recuperación del paciente, especialmente en la mejora de su funcionamiento diario.

El funcionamiento social es uno de los objetivos centrales de las intervenciones psicosociales. Habitualmente el entrenamiento de habilidades sociales se lleva a cabo en formato de grupo, lo que permite a los participantes practicar con otros. Sin embargo, la ansiedad social y los síntomas negativos dificultan la participación de los pacientes con esquizofrenia en la terapia grupal. Otra característica habitual del entrenamiento en habilidades sociales es que se lleva a cabo, como la mayoría de las intervenciones en salud mental, en el contexto hospitalario (consulta, hospital de día), que carece de las características reales de las situaciones sociales a las que se enfrenta el paciente en su vida cotidiana. Aunque se incluya en el programa de tratamiento la práctica entre sesiones, la evidencia que respalda la generalización de las habilidades adquiridas en el entorno clínico hasta la vida cotidiana es mucho más débil y ha recibido menos atención de la que merece. Es por ello que se ha probado en diferentes estudios si la realización de ese entrenamiento mediante RV permite obtener mejores resultados, al facilitar la práctica de habilidades sociales en simulaciones de las situaciones naturales en las que esas habilidades han de manifestarse.

La primera aplicación de RV para mejorar habilidades sociales en pacientes con esquizofrenia fue el estudio realizado en Corea por Ku et al. en 2007. Diseñaron un programa con 10 tareas que implicaban varios tipos de habilidades conversacionales (p. ej. comenzar una conversación, romper el silencio o captar la expresión del avatar). Aunque el estudio solo incluyó 10 pacientes y solo exploraron las correlaciones entre la sintomatología y el rendimiento de la tarea, los resultados mostraron que el sistema era sensible a la variabilidad de los síntomas y al deterioro cognitivo de los pacientes. En un estudio posterior, Park et al. (2011) compararon el entrenamiento de habilidades sociales usando *role playing* en vivo y en RV. Ambas intervenciones se aplicaron en formato de grupo, y el objetivo principal fue mejorar la motivación y la adherencia a la terapia grupal. Se contó con una muestra de 91 pacientes y, entre los resultados principales, se encontró que el grupo que realizó la tarea en formato de RV mostró mayores niveles de motivación y de adquisición de habilidades de conversación y asertivas, así como una mejor generalización de los aprendizajes que el grupo control. De manera similar, Rus-Calafell et al. (2014) desarrollaron un programa de entrenamiento de habilidades sociales mediante RV, que se aplicó sobre 15 pacientes (12 de ellos completaron el tratamiento). Al finalizar el tratamiento se constató una reducción de los síntomas negativos, y esta mejora se

mantuvo tras un seguimiento de cuatro meses. Se observó también una mejora en habilidades como asertividad, reconocimiento de emociones y conversacionales.

Adicciones a sustancias

Diferentes grupos de investigación han aplicado técnicas de RV para el estudio de la adicción a sustancias como la heroína, la nicotina y el alcohol (p. ej. Nemire, Beil y Swan, 1999; Bordnick, Graap, Copp, Brooks y Ferrer, 2005; Bordnick, et al., 2008; García-Rodríguez, Pericot-Valverde, Gutiérrez-Maldonado y Ferrer-García, 2009; Ferrer-Garcia, Garcia-Rodriguez, Gutierrez-Maldonado, Pericot-Valverde y Secades-Villa, 2010; Pericot-Valverde, Secades-Villa, Gutiérrez-Maldonado y García-Rodríguez, 2014; Lee, Kwon, Choi y Yang, 2007; Saladin, Brady, Graap y Rothbaum, 2006). Se desarrollan entornos virtuales que representan situaciones, personas u objetos que se suponen disparadores del deseo de consumir. Se pretende que se llegue a la extinción o a la máxima reducción de este deseo urgente de consumir y, obviamente, que esta reducción del deseo pueda generalizarse después a situaciones similares en el mundo real. Gran parte de las aplicaciones de RV desarrolladas hasta el momento para investigar, evaluar y tratar las adicciones a sustancias se basan en la teoría de exposición a señales. Esta teoría hace uso de los principios del condicionamiento respondiente para explicar la conducta de consumo. Esto es, estímulos originalmente neutros que preceden o acompañan dicha conducta pueden, después de asociarse repetidamente, llegar a ser capaces de provocar respuestas condicionadas de consumo. Las técnicas de intervención basadas en este paradigma están orientadas a reducir la reactividad ante esas señales mediante procedimientos de extinción. El tratamiento consiste en la exposición repetida con prevención de respuesta a las señales de consumo de la droga, con la consiguiente extinción de las respuestas condicionadas. La respuesta condicionada más habitual es el deseo incontrolable de consumir, o *craving*, que es, en muchas ocasiones, el precipitante de las recaídas. No debe olvidarse que los estímulos asociadas al consumo de sustancias pueden adquirir tanto funciones de estímulo condicionado, según lo explicado, como de estímulo discriminativo indicador de la disponibilidad de la sustancia, dentro de un modelo operante. Por lo tanto, este modelo no debe entenderse como alternativa a otras explicaciones basadas en las teorías del aprendizaje social o del condicionamiento operante. Al igual que otras

muchas conductas, el consumo de sustancias y, más concretamente, las recaídas tras un periodo de abstinencia, pueden y deben explicarse como un fenómeno multicausal, por lo que la integración de diferentes teorías es necesaria para una explicación completa del proceso adictivo.

Muchos estudios que han utilizado el paradigma de exposición en drogodependencias han utilizado modalidades de exposición en vivo ante señales proximales (estímulos concretos casi siempre presentes durante el consumo de la sustancia), por ejemplo, ver o sujetar un cigarrillo o un mechero, ver o manipular una botella de cierta bebida alcohólica, manipular parafernalia relacionada con la administración intravenosa de heroína, o incluso tomar un pequeño sorbo de la bebida preferida como clave gustativa y olfativa. El uso de señales proximales en vivo tiene la ventaja de que esas claves son comunes a todos los consumidores o, en todo caso, fácilmente individualizables (p.ej. marca de tabaco o tipo de bebida alcohólica) pero tiene la desventaja de no representar la complejidad de estímulos que pueden condicionarse, como ciertos contextos o entornos en los que se suele consumir la sustancia pero que pueden ser más variables. Una de las críticas que se han hecho a las técnicas de exposición a señales es que en la mayoría de los estudios la extinción se lleva a cabo en un solo contexto, generalmente en una sala o habitación de la clínica con estímulos relacionados con la sustancia. Esto hace que la generalización de la extinción sea muy difícil, dado que los contextos naturales poco tienen que ver con las clínicas para tratamiento de drogodependencias. El uso de nuevas tecnologías, como la RV, puede suplir en cierta medida esta carencia, ya que recrea entornos similares a los contextos naturales en los que se suele producir la conducta de consumo, y hace, así, posible, la exposición tanto a señales proximales como a contextos, de manera que se facilite la generalización de los aprendizajes. Hasta el momento existe cierta evidencia, basada en estudios no controlados como el de Pericot-Valverde et al. (2014), de que es posible reducir el *craving* mediante exposición a señales virtuales, y que añadir procedimientos basados en RV a los tratamientos usuales incrementa la eficacia de éstos (Girard, Turcotte, Bouchard y Girard, 2009), pero son necesarios ensayos clínicos controlados aleatorizados para obtener mayor información sobre la eficacia de las intervenciones mediante RV en estos trastornos.

Trastornos alimentarios

En el campo de los trastornos alimentarios, las revisiones bibliográficas (p. ej. Ferrer-García y Gutiérrez-Maldonado, 2012; Ferrer-García, Gutiérrez-Maldonado y Riva, 2013) revelan que una parte importante de los estudios se focalizan en el uso de entornos de RV para el tratamiento de las alteraciones de la imagen corporal, aunque recientemente aparecen otros objetivos como la reducción del *craving* en pacientes con bulimia o con trastorno por atracón mediante técnicas de exposición a señales.

Las primeras investigaciones sobre aplicación de técnicas de RV en trastornos alimentarios fueron realizadas por el grupo de Riva en el marco del proyecto europeo VREPAR, cuyo principal objetivo era el desarrollo de entornos virtuales para el estudio, evaluación y tratamiento de las alteraciones de la imagen corporal (Riva, Melis y Bolzoni, 1997; Riva, 1997). Posteriormente, Botella, Perpiñá y Baños (Perpiñá, et al. 1999; Perpiñá, Botella y Baños, 2003) también desarrollarían programas para la evaluación y el tratamiento de las alteraciones de la imagen corporal. Más recientemente, también se ha estudiado la capacidad de las técnicas de RV para provocar reacciones similares a las experimentadas en vivo ante determinadas señales proximales y contextuales disparadoras de respuestas de ansiedad en pacientes con trastornos alimentarios (Gutiérrez-Maldonado, Ferrer-García, Caqueo-Urizar y Letosa-Porta, 2006; Ferrer-García, Gutiérrez-Maldonado, Caqueo-Urizar y Moreno, 2009). Gorini, Griez, Petrova y Riva (2010) compararon directamente estímulos virtuales con los correspondientes estímulos reales y con sus fotografías, encontrando que la comida virtual es igual de efectiva que la comida real, y más efectiva que las fotografías de comida, para provocar reacciones psicológicas y fisiológicas. Estos y otros estudios muestran, en consecuencia, la validez de la RV para ser empleada como técnica de exposición, en sustitución de los estímulos reales, en el tratamiento de pacientes con trastornos alimentarios.

Actualmente se están realizando estudios encaminados a desarrollar técnicas de exposición a señales mediante realidad virtual para el tratamiento de pacientes con bulimia, (Pla-Sanjuanelo et al., 2015; Ferrer-García, Gutiérrez-Maldonado y Pla, 2013; Ferrer-García et al., 2017). En uno de esos trabajos se evaluó si el nivel de *craving* experimentado en entornos de RV que permitían realizar exposición a señales y contextos relacionados con las conductas de atracón

era consistente con el *craving rasgo* y el *craving estado* evaluados mediante cuestionarios. De acuerdo con lo esperado, los participantes con puntuaciones más altas en esas medidas de autoinforme también mostraron más deseos de comer al ser expuestos a alimentos virtuales. En otro estudio (Gutiérrez-Maldonado et al, 2016) se evaluó si la exposición a entornos virtuales relacionados con la comida podía disminuir el deseo de comer en una muestra no clínica. Se aplicó un modelo de terapia de exposición a señales en una única sesión a 113 participantes. Tal como se esperaba, los participantes mostraron una reducción del *craving* a medida que avanzaba la exposición. Si es posible reducir el *craving* mediante exposición a señales virtuales de comida, cabe esperar que se reduzca, en consecuencia, el número de atracones, gracias a la ruptura del vínculo (propuesto por los modelos de condicionamiento clásico) entre las señales de comida y las conductas de atracón. En un ensayo clínico controlado aleatorizado se han obtenido datos recientemente que apuntan en esa dirección (Ferrer-García et al., 2017).

En su conjunto, la evidencia disponible sobre la eficacia de las intervenciones mediante RV en trastornos alimentarios es positiva. Riva (2017) resume esta evidencia a partir de los resultados de tres ensayos clínicos controlados aleatorizados (Cesa et al, 2013; Manzoni et al, 2016; y Marco, Perpiñá y Botella, 2013), en los que se encuentra que la intervención mediante RV alcanzó incluso mayor eficacia que la intervención habitual basada en terapia cognitivo-conductual en seguimientos a un año.

4.- Futuro

Actualmente existen diferentes líneas de innovación, tanto teórica como aplicada, que determinarán en gran medida los cambios que se producirán en el futuro en los tópicos de investigación y en las posibilidades de evaluación y tratamiento mediante tecnologías de RV. Entre ellas se encuentran las mejoras técnicas aceleradas que se están produciendo en los equipos que componen esta tecnología, la reducción de costes gracias al interés de grandes compañías de la electrónica de consumo, la incorporación de medidas electrofisiológicas y de *eye-tracking*, que permiten cuantificar el nivel de activación del organismo y rastrear la posición de los ojos, así como, de manera destacada, la ampliación de posibilidades de aplicación que suponen

fenómenos como la ilusión de propiedad de un cuerpo virtual. En este último punto se encuentran ya aplicaciones tanto a nivel de investigación básica como clínica que ofrecen nuevas oportunidades cuya utilidad está siendo explorada en estos momentos. Mediante la manipulación de este fenómeno a través de la producción de ilusiones corporales multisensoriales, la tecnología de RV hace posible no solo manipular el entorno espacial al que se expone al paciente, sino aspectos relacionados con su propia identidad.

En los últimos años ha crecido el interés por el estudio de ilusiones corporales multisensoriales, de las que la *rubber hand illusion* (RHI) es el paradigma principal. En esta ilusión (Botvinick y Cohen, 1998) se inducen ilusiones de propiedad sobre una mano falsa (por ejemplo, una mano de goma) mediante la estimulación sincronizada de la mano real (mediante el tacto) y de la mano falsa (mediante la vista). Recientemente se han replicado estos estudios utilizando realidad virtual, permitiendo así manipular la perspectiva (primera persona, tercera persona) desde la que se observa el propio cuerpo, así como las características del mismo, de formas que no sería posible conseguir con otros procedimientos. Así, Petkova y Ehrsson (2008) expandieron esta ilusión al cuerpo completo, y otros estudios han mostrado que es posible producirla incluso con modificaciones notables de la forma y el tamaño del cuerpo real como, por ejemplo, el aumento de longitud de un brazo (Preston & Newport, 2012; Kilteni, Normand, Sanchez-Vives y Slater, 2012), o el aumento del volumen del abdomen (Normand, Giannopoulos, Spanlang, y Slater, 2011). Otros estudios han demostrado que es posible producir la ilusión de propiedad de cuerpos virtuales muy diferentes del cuerpo real, incluyendo cuerpos correspondientes a otras razas, edades o incluso al otro sexo (Maister, Slater, Sánchez-Vives y Tsakiris, 2015).

Los métodos principales para producir ilusiones como la de la mano de goma están basados en: 1) correlaciones visotáctiles, 2) correlaciones visomotoras y 3) correlaciones visopropioceptivas. En el paradigma original de la RHI ésta se produce mediante correlaciones visotáctiles, dado que se estimula de forma sincronizada la mano real (tacto) y la mano de goma (visualmente). El segundo método consiste en observar cómo el movimiento de la mano real (que no se ve) coincide espacial y temporalmente con el movimiento percibido visualmente de la mano falsa. Se ha demostrado incluso que bajo determinadas condiciones el movimiento no es necesario, y que basta con la coincidencia entre la información visual sobre la posición de la mano y la información propioceptiva sobre esa posición (Giummarra et al., 2010). La extensión

de esta ilusión hacia cuerpos humanoides completos también se puede producir utilizando los tres procedimientos que se acaban de describir.

Gran parte de los estudios sobre ilusiones de propiedad de cuerpos completos se han llevado a cabo utilizando técnicas de realidad virtual. Habitualmente se utilizan para ello dispositivos HMD que permiten ver el cuerpo virtual en el mismo lugar en que se encuentra el cuerpo real. Con una vista en primera persona, al bajar la cabeza el usuario que está utilizando el HMD no ve su propio cuerpo sino una reproducción virtual del mismo. Se ha comprobado que esta simple coincidencia visual y propioceptiva ya permite producir con una cierta intensidad la ilusión de propiedad del cuerpo virtual (Maselli y Slater, 2014). No obstante, dado que las correlaciones visomotoras proporcionan más información que las correlaciones visotáctiles o visopropioceptivas, cabe esperar (y los resultados disponibles hasta el momento apuntan en esa dirección) que los procedimientos de producción de la ilusión de propiedad de un cuerpo virtual mediante el movimiento del propio cuerpo y la observación de ese movimiento en el avatar virtual (correlaciones visomotoras) lleven a ilusiones de mayor intensidad que las producidas por los otros métodos.

La producción de este fenómeno está siendo utilizada ya en una gran cantidad de ámbitos psicológicos de aplicación, y es probablemente el de los trastornos alimentarios uno de los más importantes. La producción de la ilusión de la mano de goma mediante el paradigma original requiere una interacción multisensorial en la que están implicados los sentidos del tacto y la vista, así como las señales propioceptivas relacionadas con la posición del cuerpo en el espacio. Eshkevari, Rieger, Longo, Haggard y Treasure (2012) utilizaron el paradigma de la RHI en pacientes con trastornos alimentarios, encontrando que cuando la información visual y táctil era incongruente con las señales propioceptivas, las personas con trastornos alimentarios experimentaban una RHI más intensa que las personas sin trastornos alimentarios. Además, los diferentes indicadores de la intensidad de la ilusión (cuestionarios y medidas objetivas) mostraron correlación con la intensidad de la patología alimentaria. Los resultados fueron interpretados en el sentido de que en los pacientes con trastornos alimentarios la información visual domina sobre la propioceptiva, dando lugar a una imagen corporal más maleable que la de las personas sin trastornos alimentarios. En un estudio posterior, Eshkevari, Rieger, Longo, Haggard y Treasure (2014) exploraron si esta característica podía definirse mejor como un

estado o como un rasgo que permanece estable más allá del episodio agudo del trastorno. Los resultados indicaron que la información visual dominaba sobre la procedente de otras modalidades sensoriales incluso tras la remisión del trastorno. Keizer, Smeets, Postma, van Elburg y Dikerman (2014) también encontraron, utilizando este paradigma, que las pacientes con anorexia experimentan una ilusión de propiedad de la mano de goma más intensa que personas sin ese trastorno.

Preston y Ehrsson (2014) utilizaron estas ilusiones para investigar la relación entre las distorsiones de la imagen corporal y la insatisfacción con esta imagen. Se provocó la ilusión de propiedad de una imagen corporal manipulada digitalmente de manera que podía presentarse como más ancha o más estrecha que el cuerpo real del sujeto, encontrando que la ilusión de propiedad de una imagen más delgada llevaba a una mayor satisfacción. La manipulación de este tipo de ilusiones ha mostrado ya eficacia en el tratamiento de trastornos que implican anomalías en la imagen corporal (p.ej.. Schmalzl et al., 2011), y su utilización con objetivos terapéuticos sobre diferentes trastornos, en particular sobre los trastornos alimentarios, será sin duda un área de crecimiento importante en el futuro inmediato.

No obstante, está por ver mediante ensayos clínicos controlados si el uso de este tipo de ilusiones de propiedad de un cuerpo virtual ofrece realmente algún valor añadido sobre las intervenciones mediante RV que no utilizan esta ilusión. Como destaca Riva (2017), uno de los mayores problemas para la aplicación clínica de este fenómeno es su corta duración temporal. En cualquier caso, es posible aprovechar la ilusión de propiedad durante su intervalo de actividad para intensificar los efectos de otros tratamientos en los que la exposición al propio cuerpo tenga un papel relevante. En esa línea se están desarrollando actualmente diferentes investigaciones, cuyos resultados verán la luz durante los próximos años.

5.- Referencias

Alsina-Jurnet, I., Gutiérrez-Maldonado, J. (2010). Influence of personality and individual abilities on the sense of presence experienced in anxiety triggering virtual environments, *International Journal of Human-Computer Studies*, 68(10), 788-801, <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2010.07.001>.

Bordnick, P. S., Graap, K. M., Copp, H. L., Brooks, J., & Ferrer, M. (2005). Virtual reality cue reactivity assessment in cigarette smokers. *Cyberpsychology and Behavior*, 8(5), 487–492.

Bordnick PS, Traylor A, Copp HL, Graap KM, Carter B, Ferrer M, et al. (2008). Assessing reactivity to virtual reality alcohol based cues. *Addictive Behaviors*. 33, 743–756.

Botella C, Baños RM, Perpiñá C, Villa H, Alcañiz M, Rey A. (1998). Virtual reality treatment of claustrophobia: a case report. *Behaviour Research and Therapy*, 36, 239-246.

Botvinick, M. y Cohen, J. (1998) Rubber hands “feel” touch that eyes see [letter]. *Nature* 391(6669),756.

Bouchard, S., Robillard, G., Giroux, I., Jacques, C., Loranger, C., St-Pierre, M., ... Goulet, A. (2017). Using Virtual Reality in the Treatment of Gambling Disorder: The Development of a New Tool for Cognitive Behavior Therapy. *Frontiers in Psychiatry*, 8, 27. <http://doi.org/10.3389/fpsyt.2017.00027>

Cesa, GL, Manzoni, GM, Bacchetta, M, Castelnovo, G, Conti, S, Gaggioli, A, Mantovani, F, Molinari, E, Cardenas-Lopez, G, Riva, G (2013). Virtual reality for enhancing the cognitive behavioral treatment of obesity with binge eating disorder: randomized controlled study with one-year follow-up. *Journal of Medical Internet Research*, 15, e113

Chan E, Foster S, Sambell R, Leong P (2018). Clinical efficacy of virtual reality for acute procedural pain management: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 13(7): e0200987. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200987>

Cruz-Neira, C., Sandin, D.J., DeFanti, T.A., et al. (1992). The CAVE automatic virtual environment. *Communications of the ACM* 38, 64–72

Da Costa RMEM, de Carvalho LAV (2004). The acceptance of virtual reality devices for cognitive rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia. *Comput Methods Programs Biomed.* 73, 173–182.

Eshkevari E, Rieger E, Longo MR, Haggard P, Treasure J (2012). Increased plasticity of the bodily self in eating disorders. *Psych Med.*, 42 (4), 819-28. 10.1017/S0033291711002091. Epub 2011/10/25

Eshkevari E, Rieger E, Longo MR, Haggard P, Treasure J (2014) Persistent body image disturbance following recovery from eating disorders. *Int J Eat Disord* 47(4), 400–409.

Ferrer-Garcia, M., Garcia-Rodriguez, O., Gutierrez-Maldonado, J., Pericot-Valverde, I. y Secades-Villa, R. (2010). Efficacy of virtual reality in triggering the craving to smoke: its relation to level of presence and nicotine dependence. *Studies in health technology and informatics*, 154, 123-127

Ferrer-García M, Gutiérrez-Maldonado J (2012). The use of virtual reality in the study, assessment, and treatment of body image in eating disorders and nonclinical samples: a review of the literature. *Body Image* 9, 1–11.

Ferrer-Garcia M, Gutierrez-Maldonado J, Caqueo-Urizar A, Moreno E (2009). The validity of virtual environments for eliciting emotional responses in patients with eating disorders and in controls. *Behav Mod.*, 33, 830-854.

Ferrer-Garcia M, Gutierrez-Maldonado J, Pla J. (2013). Cue elicited anxiety and craving for food using virtual reality scenarios. *Studies of Health Technology and Informatics*, 191, 105–109.

Ferrer-García, M., Gutiérrez-Maldonado, J., Pla-Sanjuanelo, J., Vilalta-Abella, F., Riva, G., Clerici, M., Ribas-Sabaté, J., Andreu-Gracia, A., Fernandez-Aranda, F., Forcano, L., Riesco, N., Sánchez, I., Escandón-Nagel, N., Gomez-Tricio, O., Tena, V., and Dakanalis, A. (2017) A Randomised Controlled Comparison of Second-Level Treatment Approaches for Treatment-Resistant Adults with Bulimia Nervosa and Binge Eating Disorder: Assessing the Benefits of Virtual Reality Cue Exposure Therapy. *Eur. Eat. Disorders Rev.*, 25, 479–490. doi:10.1002/erv.2538.

Ferrer-Garcia M, Gutiérrez-Maldonado J, Riva G. (2013). Virtual reality based treatments in eating disorders and obesity: a review. *J Contemp Psychol*, 43(4), 207–21. doi:10.1007/s10879-013-9240-1

Fisher, S. S., McGreevy, M., Humphries, J., and Robinett, W. (1987). “Virtual environment display system,” in *Proceedings of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics* (Chapel Hill, NC: ACM), 77–87.

Freeman, D (2008). Studying and treating schizophrenia using virtual reality (VR): a new paradigm. *Schizophrenia Bulletin* 34, 605–610

Freeman, D, Pugh, K, Antley, A, Slater, M, Bebbington, P, Gittins, M, Dunn, G, Kuipers, E, Fowler, D, Garety, PA (2008). A virtual reality study of paranoid thinking in the general population. *British Journal of Psychiatry* 192, 258–263

Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., & Slater, M. (2017). Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychological Medicine*, 47(14), 2393-2400. doi:10.1017/S003329171700040X

García-Rodríguez, O., Pericot Valverde, I., Gutiérrez Maldonado, J. y Ferrer García, M. (2009). La Realidad Virtual como estrategia para la mejora de los tratamientos del tabaquismo. *Salud y Drogas*, 9, 39-55

Girard B, Turcotte V, Bouchard S, Girard B (2009). Crushing virtual cigarettes reduces tobacco addiction and treatment discontinuation. *Cyberpsychology and Behavior* 12, 477–483

Giummarra MJ, Georgiou-Karistianis N, Nicholls MER, Gibson SJ, Chou M, et al. (2010) Corporeal awareness and proprioceptive sense of the phantom. *Brit J Psychol* 101, 791–808.

Global Games Market Report (2016). Recuperado desde https://cdn2.hubspot.net/hubfs/700740/Reports/Newzoo_Free_2016_Global_Games_Market_Report.pdf

Gorini A, Griez E, Petrova A, Riva G. Assessment of the emotional responses produced by exposure to real food, virtual food and photographs of food in patients affected by eating disorders. *Ann Gen Psychiatry*, 9, 30.

Gutiérrez-Maldonado, J., Ferrer-García, M., Caqueo-Urizar, A., y Letosa-Porta, A. (2006). Assessment of emotional reactivity produced by exposure to virtual environments in patients with eating disorders. *CyberPsychology and Behavior*, 9, 507–513

Gutiérrez-Maldonado J1, Pla-Sanjuanelo J, Ferrer-García M. (2016) Cue-exposure software for the treatment of bulimia nervosa and binge eating disorder. *Psicothema*, 28(4), 363-369.

Hoffman HG, Patterson DR, Carrougner CJ. (2000). Use of virtual reality for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy. *Clin J Pain*, 16, 244–250.

Howard, M. C. (2017). A meta-analysis and systematic literature review of virtual reality rehabilitation programs. *Computers in Human Behavior*, 70, 317-327. doi: [10.1016/j.chb.2017.01.013](https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.013)

Keizer A, Smeets MA, Postma A, van Elburg A, Dijkerman HC. (2014). Does the experience of ownership over a rubber hand change body size perception in anorexia nervosa patients? *Neuropsychologia*. 62:26–37. Epub 2014/07/23. S0028-3932(14)00223-1 [pii]. pmid:25050852.

Kijima R, y Hirose M. (1993). Virtual sand box: A development of an application of virtual environment for the clinical medicine. *Third International Conference on Artificial Reality and Tele-Existence*, Tokyo.

Kiltner, K., Normand, J. M., Sanchez-Vives, M. V., and Slater, M. (2012). Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion. *PLoS ONE* 7:e40867. doi: 10.1371/journal.pone.0040867

Knox D, Schacht C y Turner J. (1993). Virtual reality: A proposal for treating test anxiety in college students. *College Student Journal*, 27, 294-296.

Ku, J., Cho, W., Kim, J. J., Peled, A., Wiederhold, B. K., Wiederhold, M. D., et al. (2003). A virtual environment for investigating Schizophrenic patients' characteristics: Assessment of cognitive and navigation ability. *Cyber Psychology and Behavior*, 6(4), 397–404.

Ku, J., Han, K., Lee, H.R., Jang, H.J., Kim, K.U., Park, S.H. et al.,..., Kim, S.I. (2007) VR-based conversation training program for patients with schizophrenia: a preliminary clinical trial. *Cyberpsychology & Behavior*, 10, 567-574.

Lamson, R.J. (1994). Virtual Therapy of Anxiety Disorders. *CyberEdge Journal*, 20.

Lee, J. H., Kwon, H., Choi, J. y Yang, B. H. (2007). Cue-exposure therapy to decrease alcohol craving in virtual environment. *CyberPsychology & Behavior*, 10(5), 617-623

Li, A., Montañó, Z., Chen, V. J., & Gold, J. I. (2011). Virtual reality and pain management: current trends and future directions. *Pain Management*, 1(2), 147–157. <http://doi.org/10.2217/pmt.10.15>

Loreto-Quijada D, Gutiérrez-Maldonado J, Nieto R, Gutiérrez-Martínez O, Ferrer-García M, Saldaña C, Fusté-Escolano A, Liutsko L. (2014). Differential effects of two virtual reality interventions: distraction versus pain control. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.*, 17(6), 353-8. doi: 10.1089/cyber.2014.0057

Maister L, Slater M, Sanchez-Vives MV, Tsakiris M (2015) Changing bodies changes minds: Owning another body affects social cognition. *Trends Cogn Sci* 19(1):6–12

Manzoni, GM, Cesa, GL, Bacchetta, M, Castelnuovo, G, Conti, S, Gaggioli, A, Mantovani, F, Molinari, E, Cardenas-Lopez, G, Riva, G (2016). Virtual reality-enhanced cognitive-behavioral therapy for morbid obesity: a randomized controlled study with 1 year follow-up. *Cyberpsychology, Behavior & Social Networking* 19, 134–140

Marco, JH, Perpina, C, Botella, C (2013). Effectiveness of cognitive behavioral therapy supported by virtual reality in the treatment of body image in eating disorders: one year follow-up. *Psychiatry Research* 209, 619–625

Maselli, A., and Slater, M. (2014). Sliding perspectives: dissociating ownership from self-location during full body illusions in virtual reality. *Front. Hum. Neurosci.* 8, 693. doi: 10.3389/fnhum.2014.00693

Nemire K, Beil J y Swan RW. (1999). Preventing teen smoking with virtual reality. *Cyberpsychology & Behavior*, 2, 35-47.

Normand, J. M., Giannopoulos, E., Spanlang, B., and Slater, M. (2011). Multisensory stimulation can induce an illusion of larger belly size in immersive virtual reality. *PLoS ONE* 6:e16128. doi: 10.1371/journal.pone.0016128

North MM y North SM. (1994). Virtual environments and psychological disorders. *Electronic Journal of Virtual Culture*, 2 (4), 37-42.

North, M., North, M. y Coble, J. (1998). Virtual Reality Therapy: An Effective Treatment for Phobias. En Riva, G., Wiederhold, B.K. y Molinari, E. (eds.): *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*. Amsterdam. IOS Press.

Park, K.M., Ku, J., Soo-Hee, J., Park., J.Y., Kim, S., Kim, J.J. (2011) A virtual reality application in role-plays of social skills training for schizophrenia: A randomized, controlled trial. *Psychiatry Research*, 189, 166-172.

Parsons, T. D. (2015). Virtual reality for enhanced ecological validity and experimental control in the clinical, affective and social neurosciences. *Front. Hum. Neurosci.* 9, 660. doi: 10.3389/fnhum.2015.00660

Pedroli, E., Serino, S., Pallavicini, F., Cipresso, P., y Riva, G. (2018). Exploring Virtual Reality for the Assessment and Rehabilitation of Executive Functions. *International Journal of Virtual and Augmented Reality*, 2(1), 32-47. doi: 10.4018/IJVAR.2018010103

- Pericot-Valverde, I, Secades-Villa, R, Gutiérrez-Maldonado, J, García-Rodríguez, O (2014). Effects of systematic cue exposure through virtual reality on cigarette craving. *Nicotine and Tobacco Research*, 16, 1470–1477
- Perpiñá C., Botella C. y Baños R. M. (2003). Virtual reality in eating disorders. *European Eating Disorders Review*, 11, 261-278.
- Perpiñá, C., Botella, C., Baños, R. M., Marco, H., Alcañiz, M. y Quero, S. (1999). Body image and virtual reality in eating disorders: exposure by virtual reality is more effective than the classical body image treatment? *Cyberpsychology and Behavior*, 2(2), 149-159.
- Pertaub DP (1998). Virtual exposure therapy for public speech anxiety. MSc thesis, Department of Computer Science, University College London.
- Pla-Sanjuanelo J, Ferrer-García M, Gutiérrez-Maldonado J, et al. (2015). Identifying specific cues and contexts related to bingeing behavior for the development of effective virtual environments. *Appetite*, 87, 81–89.
- Petkova V. I., Ehrsson H. H. (2008) If I were you: perceptual illusion of body swapping. *PLoS ONE* 3, e3832. (doi:10.1371/journal.pone.0003832)
- Preston, C., and Ehrsson, H. H. (2014). Illusory changes in body size modulate body satisfaction in a way that is related to non-clinical eating disorder psychopathology. *PLoS One* 9:e85773. doi: 10.1371/journal.pone.0085773
- Preston, C., and Newport, R. (2012). How long is your arm? Using multisensory illusions to modify body image from the third person perspective. *Perception* 41, 247–249.
- Riva G (ed.) (1997). *Virtual Reality in Neuro-Psycho-Physiology*. Amsterdam. IOS Press
- Riva G., (2017). Letter to the Editor: Virtual reality in the treatment of eating and weight disorders. *Psychological Medicine*, 47 (14), 2567-2568
- Riva G, Bacchetta M, Baruffi M, Rinaldi S y Molinari E. (1998). Experiential cognitive therapy: A virtual reality based approach for the assessment and treatment of eating disorders. En Riva G, Wiederhold BK y Molinari E (eds.): *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*. Amsterdam. IOS Press.
- Riva, G., Melis, L. y Bolzoni, M. (1997). Treating Body image disturbances. *Communications of the ACM*, 40, 69-71.
- Riva G, Wiederhold BK y Molinari E (eds.) (1998). *Virtual Environments in Clinical Psychology and Neuroscience*. Amsterdam. IOS Press.
- Rothbaum B, Hodges L, Kooper R, Opdyke D, Williford J y North M. (1995). Effectiveness of computer generated (Virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *American Journal of Psychiatry*, 152, 626-628.
- Rothbaum, B., Hodges, L., Alarcon, R., Ready, D., Shahar, F., Graap, K., Pair, J., Hebert, P., Gotz, D., Wills, B., y Baltzell, D. (1999). Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam veterans: A case study. *Journal of Traumatic Stress*, 12 (2), 263-271.

- Rus-Calafell M, Guitérrez-Maldonado J, Ribas-Sabaté J (2012) Improving social behaviour in schizophrenia patients using an integrated virtual reality programme: a case study. *Studies in Health Technology and Informatics*, 181, 283-286
- Rus-Calafell, M., Gutiérrez-Maldonado, J., Ribas-Sabaté, J. (2014) A virtual reality-integrated program for improving social skills in patients with schizophrenia: a pilot study. *Journal of behaviour Therapy and Experimental Psychiatry*, 45, 81-89.
- Saladin, M. E., Brady, K. T., Graap, K. y Rothbaum, B. O. (2006). A preliminary report on the use of virtual reality technology to elicit craving and cue reactivity in cocaine dependent individuals. *Addictive behaviors*, 31(10), 1881-1894.
- Schmalzl, L., Thomke, E., Ragnö, C., Nilseryd, M., Stocksélius, A., y Ehrsson, H. H. (2011). "Pulling telescoped phantoms out of the stump": Manipulating the perceived position of phantom limbs using a full-body illusion. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, Article 121. doi:10.3389/fnhum.2011.00121
- Schultheis M y Rizzo A. (2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation and Psychology*, 46 (3), 296-311.
- Schneider JW. (1982). Lens-assisted in vivo desensitization to heights. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 13, 333-336.
- Slater M, Pertaub DP y Steed A. (1999). Public Speaking in Virtual Reality: Facing and Audience of Avatars, *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19(2), 6-9
- Slater, M., Sánchez-Vives, M.V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Front. Robot. AI*, 19. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Strickland D, Marcus L, Hogan K, Mesibov G, y McAllister D. (1995). Using virtual reality as a learning aid for autistic children. *Proceedings of the Autism France Third International Conference on Computers and Autism*, 119-132.
- Sutherland, I. E. (1965). The ultimate display. *Proc. IFIP Congr.* 2, 506–508.
- Sutherland, I. E. (1968). A head-mounted three dimensional display, in *Proceedings of the December 9–11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I* (New York, NY: ACM), 757–764.
- Tart CT. (1991). Multiple personality, altered states and virtual reality: the world simulation process approach. *Dissociation*, 3, 222-233.
- Vince J. (1995). *Virtual reality systems*. Cambridge. ACM Press.
- Wald, J., y Taylor, S. (2000). Efficacy of virtual reality exposure therapy to treat driving phobia: A case report. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 31 (3-4), 249-257.