

Efectos secundarios tras el uso de realidad virtual inmersiva en un videojuego

Belén Guerrero Cuevas

Luis Valero Aguayo*

Universidad de Málaga, España

ABSTRACT

Side-effects of a videogame with Immersive Virtual Reality. The progresses of virtual reality development are so fast that it is necessary to study also his possible side-effects. This study tries to analyze the effects on the balance, attention, visuomotor coordination, discomfort and anxiety after the use of a videogame with virtual reality. Four groups have been used with measurements pre-post, a control-group and three experimental groups with different intensity using virtual reality. The sample of 120 participants was randomized, pre-assigned by sex and studies, 30 for each condition. A Smart Visor VFX full stereoscopic immersive type with detector of position was used. The videogame was Unreal Tournament. As results, 13% of the participants had to retire due to uncomfortable side-effects. The side-effects were major in the group of high intensity use, less in those of daily use where there was an adjustment of these side-effects, and even less in the group with only an hour. It is concluded with some recommendations for people using too much time virtual reality.

Key words: immersive virtual reality, side-effects, cyber-sickness, videogames.

RESUMEN

Los progresos en el desarrollo de la realidad virtual son tan rápidos que es necesario estudiar también sus posibles efectos secundarios. Este estudio tiene como objetivo analizar los efectos sobre el equilibrio, atención, coordinación visomotora, malestar y ansiedad de la realidad virtual en un videojuego. Se dispusieron un grupo control y tres grupos experimentales con intensidad diferente y mediciones pre-post en el uso de un videojuego con realidad virtual. De la muestra de 120 participantes se asignaron por sexo y estudios 30 a cada grupo. Se utilizaron un casco estereoscópico VFX Smart Visor de tipo inmersivo con detector de posición y el videojuego *Unreal Tournament*. El 13% de los participantes tuvieron que abandonar debido a los efectos secundarios y molestias, que fueron mayores con alta intensidad de utilización y menores en los grupos con menor uso. Se concluye con algunas recomendaciones para el uso de la realidad virtual de forma continuada.

Palabras clave: realidad virtual inmersiva, efectos secundarios, ciber-molestias, videojuegos.

La Realidad Virtual (RV) supone un avance y está teniendo nuevas aplicaciones en todos los ámbitos, pero es necesario también evaluar su impacto sobre el individuo, con el fin de saber qué efectos tiene esta tecnología sobre los usuarios cuando se utiliza de forma intensiva o cuando se abusa de ella, sobre todo en las aplicaciones lúdicas actuales, cada vez más virtuales o tridimensionales. No sólo el sector de ocio está utilizando la RV, sino que son cada vez más numerosas las aplicaciones inmersivas

* Correspondencia a: Luis Valero Aguayo, Departamento de Personalidad, Evaluación y Tratamiento Psicológico, Facultad de Psicología, Campus Teatinos, 29071 Málaga, España. Email: lvalero@uma.es.

dirigidas a rehabilitación, adquisición de habilidades, tratamientos clínicos, etc. Son conocidas las ventajas que proporcionan esos entornos virtuales para el aprendizaje, la rehabilitación, el tratamiento psicológico (Baños, García Palacios, Bretón, Quero y Botella, 2006; Botella, Quero, Serrano, Baños y García Palacios, 2009; García-Palacios, Quero, Bretón, Baños y Botella, 2006; Capafons, 2001), incluso del uso de videojuegos de RV en diversas áreas de la salud (Kato, 2010), pero también hay estudios que apuntan hacia unos posibles efectos colaterales generados por la inmersión en RV, a veces denominados *ciber-molestias*.

Los primeros estudios sobre efectos secundarios tras el uso de la RV, se iniciaron con los simuladores de vuelo con helicópteros (Havron y Butler, 1957) que informaban ya de esas molestias y mareos. Ungs (1987) informaba que los pilotos tenían esos síntomas más de 24 horas después de la simulación virtual. Ante estos resultados, los autores resaltan su preocupación por el uso de las aplicaciones de la realidad virtual, en particular su uso prolongado y los efectos que ello pueda causar. Baltzley, Kennedy, Berbaum, Lilienthal y Gower (1989), llevaron a cabo un estudio en el que mostraron que el 25% de los participantes en la RV inmersiva informaban de esos trastornos, cuyo efecto duró una hora después de la exposición, incluso el 8% de los participantes tuvieron los efectos más de 6 horas. Regan y Price (1994) y Regan (1995) muestran también con pilotos de aviación los efectos de náusea, desequilibrio, trastornos estomacales y visuales, tras la inmersión en realidad virtual, donde se tuvieron que retirar el 5% de los pilotos, y otro 61% informaba de molestias aunque eran soportables. Sin embargo, otros estudios indican un efecto de adaptación del organismo, tras el uso y la repetición de la RV. Por ejemplo, Uliano, Lambert, Kennedy y Sheppard (1986) realizaron un estudio con un simulador de vuelo y pilotos, encontrando que en un cierto plazo, los participantes se iban adaptando al entorno y los efectos secundarios iban disminuyendo. También Regan y Price (1993) sugirieron que el repetir la inmersión en un entorno virtual genera una disminución de los síntomas de malestar.

Algunos autores hablan de “ciber-molestias” para referirse a los efectos secundarios de la exposición a entornos virtuales que tiene consecuencias para la salud (Stanney, 1995). Estas ciber-molestias incluyen trastornos visuales, desorientación, inestabilidad postural, náuseas, dolor de cabeza, dolores posturales, etc. Para explicarlas se habla de conflictos en la integración sensorial y espacial. Tal como se desarrollan los entornos virtuales, hay una mala adecuación entre el sistema visual, el sistema vestibular y el sistema ambulatorio o postural. El individuo recibe señales de movimiento, pero el sistema vestibular indica que no hay cambio postural y tampoco movimiento. En el momento en que el individuo no puede integrar rápidamente esta información, muy diferente de su mundo habitual (aunque lo simule), se producen molestias y problemas fisiológicos. También la desincronía entre las imágenes, la detección del movimiento en el casco y la integración con el feedback visual correspondiente, causa problemas de orientación y mareos.

Otros estudios han mostrado esos síntomas en sistemas inmersivos de cascos completos (Cobb, Nichols, Ramsey y Wilson, 1999; Stanney, Mourant y Kennedy, 1998), donde se concluye que las diferencias en susceptibilidad individual a los mareos es un factor importante. En estos estudios, un 75% de los participantes informaron de efectos

secundarios de tipo medio, y un 5% de efectos severos que les hacía abandonar la experimentación. Kennedy, Lane, Lilienthal, Berbaum y Hettinger (1992) también tienen como objetivo un estudio de estos posibles efectos en muestras amplias, realizaron una encuesta significativa de 1000 personas en simuladores de helicópteros, llevaron a cabo un análisis con el fin de clasificar los síntomas en tres categorías: nivel de náuseas, nivel de desorientación y nivel de trastorno oculomotores. Concluyeron sobre la importancia de los efectos visuales y de inercia, pero no indicaron la forma de evitar o prevenir esos mareos inducidos por la realidad virtual.

En entornos virtuales inmersivos más sofisticados también se han mostrado estos efectos secundarios. Repperger, Gilkey, Green, LaFleur y Haas (2003) investigaron la tarea de un aterrizaje envuelto en un entorno virtual CAVE empleando además un retorno háptico. La escena virtual era oscurecida por nubes durante el aterrizaje, por lo que se reducía el campo de visión y los usuarios se veían obligados a emplear más la manipulación háptica. Los resultados mostraron que el escenario de la CAVE era de extrema coacción lo que llevó a los participantes a no completar el experimento debido a los efectos secundarios generados por la exposición altamente inmersiva del campo visual, la cual les resultaba bastante agobiante. Dizio y Lackner (2002) afirmaron que las características propioceptivas del movimiento y las imágenes en la RV eran las responsables de esos efectos secundarios. Nichols y Patel (2002) realizaron una revisión de 35 estudios sobre lo que denominan *ciber-molestias* aparecidas en diversos experimentos sobre RV, intentando analizar los elementos de esas molestias y concluyeron que el fundamental es el tipo de RV, pero también también las circunstancias y características personales durante la experiencia.

Sharples, Cobb, Moody y Wilson (2008) compararon los efectos secundarios que aparecían en distintos tipos de realidad virtual inmersiva, semi-inmersiva y proyectada. En la primera los efectos eran mucho mayores, debidos al efecto de movimiento e interacción completa, en las imágenes proyectadas los efectos eran menores, pero aún así los autores advierten sobre la susceptibilidad personal en algunos individuos hacia este tipo de imágenes y entornos virtuales.

En el caso de videojuegos, Howart y Hodder (2008) estudiaron los efectos de adaptación al movimiento y la disminución de los efectos secundarios en personas jugando con un videojuego de conducción con un casco inmersivo, y manejaron distintos niveles: 20 minutos diarios durante una semana seguida, ese tiempo una vez cada dos días, y ese tiempo una vez a la semana. Indicaron que los efectos de mareos, náuseas y malestar se iban reduciendo al aumentar el número de sesiones, la variable fundamental no era el tiempo entre exposiciones, sino la secuencia de exposiciones seguidas que producía habituación y disminución de esas molestias. Dong, Yoshida y Stoffregen (2011) han estudiado los efectos de malestar en el movimiento en el caso de juegos de conducción, comparando el malestar y las reacciones de movimiento entre el conductor y el pasajero en esa realidad virtual, estos últimos eran los que mostraban más efectos secundarios y mareos. Los autores concluyen que el control sobre el entorno virtual disminuye esos efectos, mientras que el espectador pasivo de ese movimiento virtual sufre más las consecuencias. Moss, Austin, Salley, Coats, Williams y Muth (2011) estudiaron los efectos secundarios en la visión de escenarios reales pero a través de un casco virtual, en este

caso aparecían mayores efectos cuanto mayor era el retardo temporal de la escena, pero esos efectos se adaptaban al continuar sesiones con intervalos de una semana. También Liu y Uang (2011) han mostrado la aparición de graves molestias en una población especial como son los ancianos, comparando su habilidad como usuarios de una tienda virtual implementada a través de pantalla plana, otra de efecto 3D y cascos inmersivos; en este caso cualquiera de las presentaciones en 3D producía mayores efectos secundarios y molestias que la pantalla habitual.

A pesar de las grandes ventajas que pueda suponer el uso de la RV, estos estudios indican posibles efectos secundarios, y algunos informan también sobre un efecto adaptativo de esas ciber-molestias. Se propone aquí, pues, estudiar esos efectos secundarios, comparando distintos niveles de utilización de un videojuego de forma intensiva o progresiva, para analizar en detalle la aparición y la posible adaptación de esas ciber-molestias. Se trata de comparar el efecto de una técnica de RV inmersiva en función de las horas de utilización, estudiando los distintos tipos de efectos secundarios, fisiológicos, atencionales, ansiedad, etcétera, incluso abandonos que se producirían en cada caso.

MÉTODO

Participantes

La muestra estuvo compuesta de un total 120 participantes voluntarios (52 hombres y 68 mujeres) cuya edad media fue de 23,85 años. Se asignaron aleatoriamente 30 participantes a cada una de las 4 condiciones. Para homogeneizar la muestra, conforme se incorporaban a la investigación, se realizó una asignación previa para distribuir 13 hombres y 17 mujeres en cada condición, y también por niveles de estudios (10 estudiantes carreras técnicas, 10 estudiantes de sociales, y 10 trabajadores, aunque en su mayoría también con estudios universitarios). Se preguntó a los participantes sobre experiencia previa y utilización de videojuegos, 11 de ellos utilizaban habitualmente videojuegos y 2 de ellos habían jugado con el que aquí se utilizó. Se les informó de la naturaleza del experimento y el videojuego, posibles efectos secundarios o molestias, y se les pidió su consentimiento informado. Se consideró criterio de exclusión si los participantes habían tenido previamente algún problema de salud, especialmente vértigos, hipertensión, diabetes, ataques epilépticos y problemas cardiovasculares.

Instrumentos

Se utilizaron en el estudio los siguientes instrumentos:

Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo de Spielberger, Gorsuch y Lushene (1970). La escala de ansiedad-estado consta de 20 ítems a los que la persona debe responder informando sobre la intensidad de sensaciones de ansiedad. La puntuación obtenida es un índice sensible del nivel de ansiedad transitoria y situacional.

Test de Coordinación Visomotora de Yela (1979), una prueba motora de manipulación de cubos metálicos, donde el tiempo de ejecución es el parámetro indicador de esa coordinación.

Test de Formas Idénticas de Thurstone (1986) como prueba de percepción visual, donde se evalúa la atención y fijación visual sobre una serie de dibujos casi idénticos. Se consideraron aquí las puntuaciones directas como parámetro de comparación de esa atención visual.

Cuestionario de Consecuencias Subjetivas. Se trata de un cuestionario construido a propósito para este estudio, con 7 ítems relacionados con los posibles efectos subjetivos causados por la RV. Se preguntaba sobre sensaciones dolor de cabeza, mareos, sensación de náusea, cansancio, alteración de la percepción, vista cansada, y presión en la frente por el casco de RV. Los participantes puntuaban en una escala tipo Likert de 0 a 10 las posibles molestias o sensaciones que habían tenido durante o al terminar la experiencia de RV. La puntuación máxima sería de 70 puntos, y en cada ítem a mayor puntuación implicaba también mayor grado de molestias.

Cuestionario de Presencia y Control del Juego. Se elaboró un cuestionario con escala Likert de 0 a 10 con 7 ítems sobre el grado de presencia y realismo que tenían los participantes durante el juego, también el grado de control que consideraban que tenían sobre el mismo, y si repetirían o recomendarían la experiencia. Previamente los ítems, tanto del cuestionario sobre consecuencias subjetivas como del cuestionario de presencia, fueron revisados por dos expertos clínicos.

Prueba Observacional del Equilibrio Corporal. Consistía en una prueba de equilibrio inmediatamente después de pasar por la experiencia de RV, donde los participantes debían permanecer durante 15 segundos con una pierna levantada y los dos brazos en cruz. Si no había pérdida de equilibrio o pérdida de la estabilidad, se consideraba correcta la prueba.

Hardware

Se utilizaron un 3D *Stereoscopic VFX Smart Visor* como casco inmersivo para la presentación de imágenes virtuales, con diseño ergonómico y cubriendo toda la cabeza y visión del individuo. En sus características ópticas permite 35° de campo de visión, un foco fijado a 3,5 metros y no requiere distancia interpupilar. Posee un 100% estéreo de entrelazado en las imágenes. Tiene dos *displays* de 0,7 pulgadas, en LCD color con 360 *Mpixels*. Admite variaciones de brillo, contraste, color, tinta, audio y diversos formatos de video 3D con una resolución de 640x480 puntos. Este casco incluye la detección de la posición y movimientos de la cabeza (sistema *VRMouse*), con *Virtual Orientation System* y *Tracking Movement*. Esos movimientos tienen un rango de amplitud de +70/-70°. Tiene una sensibilidad de movimientos de 360°. La comunicación digital con el ordenador es un canal de 12 *bits*, unidos por cable al ordenador. El audio es estéreo de alta fidelidad, con una completa inmersión sonora, y con un margen de sonido en frecuencias de 20Hz-20Khz. Incorpora el control del volumen en el propio casco para adaptarse individualmente (ver Anexo).

Software

Se ha utilizado el juego comercial *Unreal Tournament 2004*, tiene distintas aventuras y paisajes, con misiones cada vez más difíciles en su interacción conforme se va progresando en el juego (ver Anexo). El jugador lo hace en primera persona, donde sólo se observa el arma del protagonista que va recorriendo todos los paisajes. Los

movimientos se producían al cambiar la orientación de la cabeza (*tracker*), pudiendo observar ese mundo virtual a los lados y arriba/abajo. La interacción del casco con el juego era completa. Los disparos, abrir puertas o coger objetos, dentro del juego se realizaban con el ratón o teclado. También se ha utilizado el propio software del casco VFX, y *Windows* como *software* del sistema, con 2 Gb de RAM y tarjeta gráfica S3 *Savage*, además del *software* de *interface* y *driver* del fabricante del propio casco 3D-VFX.

Diseño

Se utilizó un diseño entre-grupos con medidas repetidas, con 4 condiciones experimentales: (a) grupo control, (b) grupo 1 hora, (c) grupo 5 horas/5 días, y (d) grupo 5 horas seguidas. En todos los participantes se midieron las variables antes y después de las sesiones de RV, y en los grupos de varias sesiones también se midieron los efectos secundarios tras cada período de una hora.

Procedimiento

Tras la información sobre el experimento y consentimiento informado, los participantes realizaban las pruebas de evaluación de ansiedad, coordinación visomotora, atención visual y equilibrio. Todos repitieron las mismas pruebas al terminar las sesiones. En los grupos de 5 sesiones, diarias o semanales, se pasaron las pruebas de efectos secundarios y de presencia tras cada sesión, para observar cambios o adaptaciones progresivas.

En la *condición 1 hora* de exposición los participantes interactuaron con el videojuego durante ese tiempo con un entorno visual y auditivo completamente inmersivo como se ha descrito anteriormente. En la *condición 5 días* los participantes jugaron durante 1 hora diaria, en sesiones independientes 5 días de lunes a viernes, realizando un total de 5 horas de RV, pero de forma progresiva, evaluando al final de cada día los distintos efectos subjetivos. En la *condición 5 horas* los participantes tuvieron una experiencia intensiva de RV durante 5 horas continuas en un día; sin embargo, por cuestiones éticas y para permitir la comparación de datos, se realizaron descansos de 10 minutos cada hora y una pausa para comer, evaluándose los efectos cada hora y al terminar la sesión. En la *condición de grupo control* se realizaron las medidas pre y post con la misma distribución de los demás grupos, de forma que se crearon subgrupos de 10 participantes con intervalos de 1 hora, 5 horas y 5 días de diferencia entre las pruebas pre-post.

RESULTADOS

Se realizó un ANOVA (Modelo Lineal General con medidas repetidas pre-post). Respecto a la variable “equilibrio”, puesto que era de tipo categorial, dicotómica, se ha empleado la prueba *Phi*. Los participantes del grupo de 1 hora de RV obtuvieron un 13,3% con pérdida de equilibrio, igual que el grupo de 5 días, y mucho mayor en

el grupo de 5 horas seguidas, que tuvieron una pérdida de equilibrio en el 30% de los casos (ver figura 1). Sin embargo, en el grupo control no aparecieron cambios de equilibrio en ninguno de los participantes. En la prueba de *Phi*, estas diferencias son significativas ($Phi= 0.305, p <0.05$).

Respecto a los resultados de la variable ansiedad estado (ver tabla 1), al analizar estadísticamente esta variable se encontró que no había igualdad de varianzas en las puntuaciones de los distintos grupos, por lo que se empleó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis). En este caso no hubo diferencias entre los grupos en la evaluación

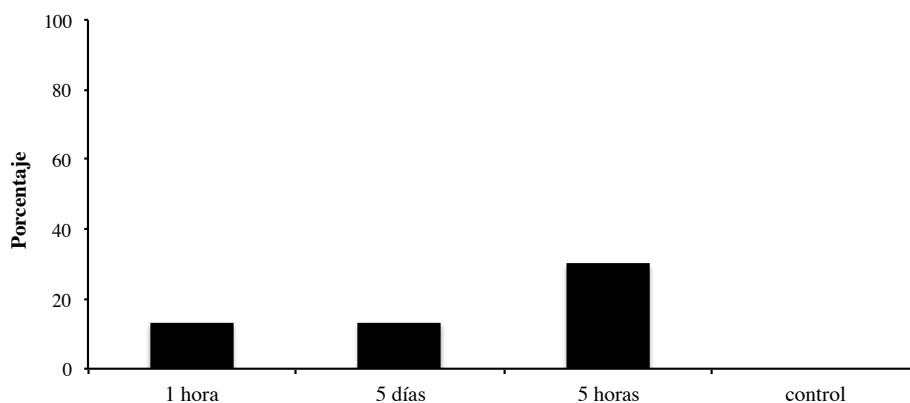


Figura 1. Porcentaje de participantes con problemas de equilibrio tras la inmersión en realidad virtual.

Tabla 1. Resultados de las distintas pruebas y mediciones en las condiciones experimentales.

		Pre	Post
		Alterados N (%)	Alterados N (%)
Pérdida de equilibrio	Control	1 (4,4%)	0 (0%)
	1 hora	1 (4,4%)	4 (13,4%)
	5 días	1 (4,4%)	4 (13,4%)
	5 horas	2 (6,7%)	9 (30,0%)
		<i>Media</i>	<i>Media</i>
Malestar subjetivo	Control	0	0
	1 hora	0	15,57
	5 días	0	12,83
	5 horas	0	15,75
		<i>Media</i>	<i>Media</i>
Otras molestias	Control	0	0
	1 hora	0	10
	5 días	0	2
	5 horas	0	6
		<i>Media</i>	<i>Media</i>
Ansiedad-Estado	Control	14,30	13,37
	1 hora	13,97	18,60
	5 días	14,43	14,77
	5 horas	14,43	20,00
		<i>N (%)</i>	<i>N (%)</i>
Abandonan	Control	0	0
	1 hora	0	4 (13,3%)
	5 días	0	3 (10,0%)
	5 horas	0	9 (30,0%)
		<i>N (%)</i>	<i>N (%)</i>

inicial, pero sí en los datos post inmediatamente después de pasar por la experiencia de realidad virtual ($\chi^2= 12,51$, $p <0.01$). También se han encontrado diferencias significativas al considerar las puntuaciones diferenciales pre-post ($\chi^2= 7,83$, $p <0.05$), aunque no hay una consistencia directa entre el grado de ansiedad encontrado y la duración de la experiencia de realidad virtual, las diferencias mayores parecen estar en el grupo de 1 hora, donde posiblemente la novedad de los instrumentos y la reactividad ante la situación podrían explicar esas mayores puntuaciones en ansiedad.

Se realizó un primer ANOVA de un sólo factor para comparar las tres condiciones experimentales entre sí, es decir, las posibles molestias aparecidas tras la primera hora o el primer día de esa experiencia. Las medias obtenidas por los tres grupos son muy similares (1 hora= 15,57; 5 días= 12,83; 5 horas= 15,73), sin diferencias significativas entre ellos (ver tabla 2). Se podría afirmar que los síntomas de malestar son similares en las tres condiciones experimentales durante el primer día de realidad virtual. También se compararon esas consecuencias subjetivas en las dos condiciones experimentales en que se repite la experiencia durante varias sesiones: Grupo de 5 días frente a Grupo de 5 horas seguidas. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas, con 5 mediciones cada una. No aparecieron diferencias significativas en las molestias en la primera hora, pero sí al terminar las 5 horas. Las diferencias son significativas tanto entre molestias como en la interacción de situaciones y molestias ($SC= 455,43$, $F= 4,87$, $p <.01$).

Tabla 2. Análisis de varianza de la variable “molestias subjetivas” en la primera hora de los tres grupos experimentales, y en las 5 horas de los dos grupos con medidas repetidas.

Malestar Subjetivo		SC	gl	MC	F	p
Malestar Primera Hora		159,089	2	79,544	0,821	0,443
Malestar 5 días / 5 horas	Condición	2435,153	1	2435,153	18,425	.000
	Molestias	540,493	1	216,636	5,792	.002
	Molestia x condición	455,434	1	182,392	4,876	.006
Relación lineal		392,919	1	392,919	7,550	.009

Además, se encontró también un efecto intra-participantes con una tendencia lineal significativa ($SC= 392,91$, $F= 7,55$, $p <.01$), existiendo diferencias significativas entre los dos grupos respecto a esta variable de consecuencias subjetivas, también a lo largo de las diferentes sesiones. Por un lado, el grupo de 5 horas seguidas presentó siempre mayor malestar subjetivo, y por otro, se observó un efecto de adaptación progresiva en este malestar en el grupo de 5 días. Ello implicaría que una experiencia intensa de realidad virtual produciría mayor malestar subjetivo permanente durante toda la experiencia. Mientras, la misma cantidad de horas de RV repartidas a lo largo de 5 días daría lugar a un nivel menor de malestar y a una adaptación progresiva, disminuyendo las molestias a lo largo de los días. En la figura 2 se observa este efecto diferencial entre los dos grupos.

Se realizó también un análisis más detallado de cuáles eran específicamente esas molestias, las que más aparecían o diferenciaban unos grupos de otros. De esta forma,

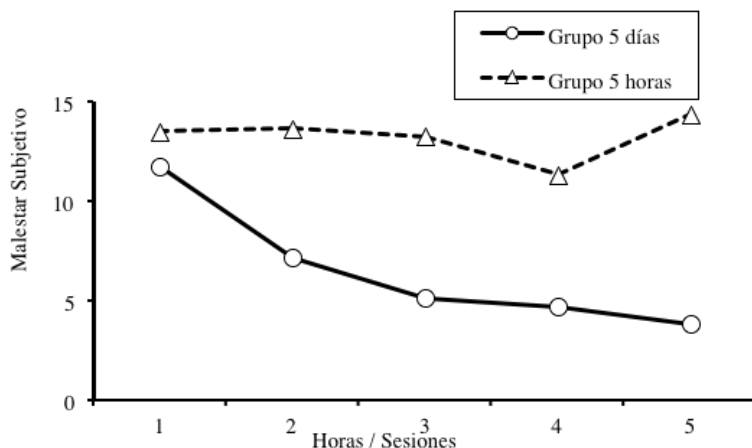


Figura 2. Nivel medio de malestar subjetivo en cada una de las sesiones en los dos grupos experimentales de 5 días y 5 horas de experiencia con realidad virtual.

se realizó un análisis de cada una de esas variables categoriales mediante la prueba *Phi* y *V* de Cramer. Los resultados indicaron que no son significativas variables como dolor de cabeza, alteración de percepción, presión en la frente y sensación de náuseas. Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en la sensación de mareo ($\chi^2=0,531$, $p < 0.05$), vista cansada ($\chi^2=0,617$, $p < 0.05$) y cansancio general ($\chi^2=0,687$, $p < 0.01$), especialmente a partir de la tercera, cuarta y quinta sesión de experiencia de realidad virtual. Lo que implicaría que ese tipo de sensaciones (mareo y cansancio) son preponderantes en este tipo de experiencias, y también que aumentan cuando se mantienen a lo largo de varias horas seguidas (figura 3).

Por otro lado, dadas las referencias en otros estudios a este tipo de molestias, se realizó un análisis por categorías de estas molestias (mareo, cansancio visual y cansancio general) respecto al sexo, no apareciendo diferencias significativas, aunque los datos apuntan una mayor incidencia de este tipo de molestias en mujeres, –más en cansancio que en mareo.

Además de estas variables como síntomas de malestar más comunes, también se registraron otros posibles efectos secundarios. El objetivo era obtener datos de cualquier otro posible malestar a causa de la inmersión en realidad virtual, aunque no estuviesen previstos en la evaluación. Entre estos efectos se encontraron síntomas como dolor de cuello, presión en la nariz, sudor frío, pesadez del casco, e incluso somnolencia. Los resultados indican que de 90 participantes 72 no manifestaron otros efectos, pero hubo 11 que presentaron dolor de cuello, 3 presión en la nariz, uno más tuvo ambos síntomas y 3 manifestaron otros efectos diferentes, incluso uno de ellos afirmaba tener somnolencia. Al aplicar un análisis de contingencias mediante la prueba de *Phi* y *V* de Cramer no aparecieron diferencias significativas, lo que indicaría que no son efectos relevantes y pueden deberse más a las características del casco de realidad virtual o a la situación personal de los participantes al realizar el experimento.

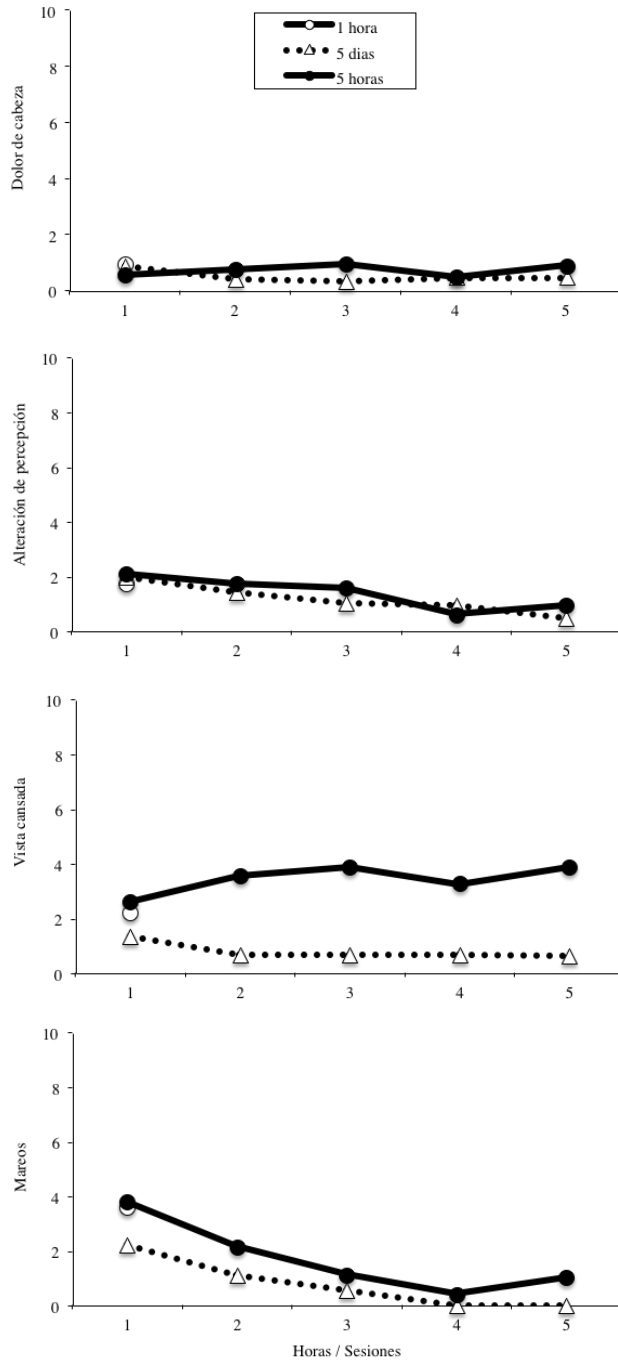


Figura 3. Nivel medio de cada uno de los síntomas de malestar subjetivo a lo largo de las sesiones (la leyenda es idéntica a la de la primera gráfica).

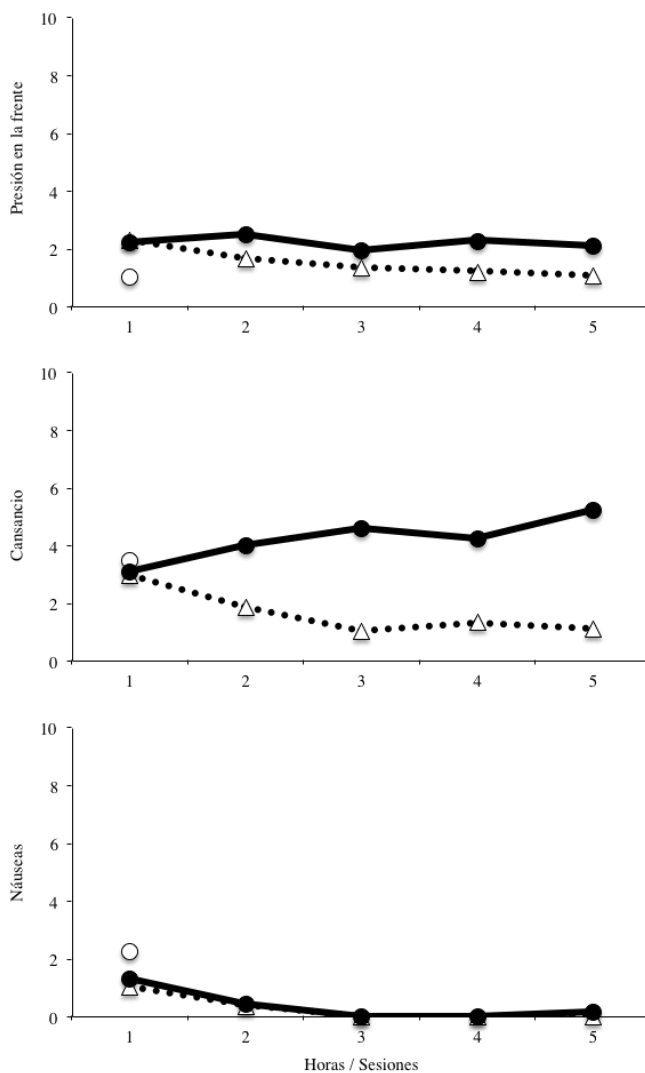


Figura 3 (continuación). Nivel medio de cada uno de los síntomas de malestar subjetivo a lo largo de las sesiones (la leyenda es idéntica a la de la primera gráfica).

Respecto a la variable abandono se observó que de 30 participantes en el grupo de 1 hora, 4 tuvieron que abandonar, en el grupo de 5 días tan sólo 3 abandonaron, y en el grupo de 5 horas abandonaron 9 de los 30 participantes, mientras que en el grupo control no abandonó ningún participante. Con estos resultados se observa que la condición que sufrió mayor número de abandonos fue la de 5 horas continuadas de RV, resultando estadísticamente significativo con la prueba de *Phi* y *V* de Cramer ($Phi=0,318$, $p < 0,01$).

DISCUSIÓN

Una variable confirmada que se ve influenciada por el uso de la realidad virtual, es el equilibrio. En los resultados por condiciones, los tres grupos con realidad virtual se vieron afectados en cierta proporción en esa prueba de equilibrio, mientras los controles no mostraron cambio alguno. Pero precisamente los que tuvieron una intensidad mayor (5 horas seguidas) fueron los participantes más afectados. Podría afirmarse, pues, que la realidad virtual afecta al equilibrio del organismo, y cuanto mayor es el tiempo continuado de esa inmersión mayor es la alteración que sufren los individuos. Incluso se podría concluir que el equilibrio se altera proporcionalmente al tiempo de exposición continua al entorno virtual. Por tanto, sería recomendable tener en cuenta este aspecto en el uso de videojuegos, o la misma práctica clínica, para recomendar a las personas un descanso posterior, con reposo ligero, y una espera hasta comprobar que el equilibrio vestibular es correcto.

La ansiedad parece que afecta inicialmente tras el uso de la realidad virtual, puesto que en todos los grupos la inmersión generó un aumento de ansiedad. Pero, también, fue característico un proceso de adaptación de esa ansiedad, los participantes incluidos en la condición de 5 días van adaptándose progresivamente y disminuye dicha ansiedad. Por el contrario, los participantes del grupo control no presentaron cambios en ansiedad al realizar las pruebas. Se podría concluir que el aumento de ansiedad se debe a la propia tecnología empleada, altamente intrusiva, y la propia situación de exigencia del laboratorio, puesto que en todos los participantes en la primera hora aparecía un grado más elevado de ansiedad. En la primera sesión se explicaba a los participantes la tarea a realizar, la tecnología y el manejo del casco inmersivo que se utilizaría. Todo este cúmulo de circunstancias es lo que llevarían a ese aumento de la ansiedad, pero en cuanto se repite, siendo la misma experiencia durante varios días seguidos, se produce una adaptación de ese proceso. Se podría concluir que experiencias diarias (duraciones más cortas y repartidas en diferentes días) de RV no provocan un aumento de ansiedad, sino que se mantiene en los niveles iniciales y se genera una adaptación a esa experiencia; mientras que un uso intensivo (un solo día y horas seguidas) tiende a aumentar esa ansiedad.

Un aspecto que no se ha visto confirmado en este experimento, son las diferencias entre hombres y mujeres, respecto a la ansiedad, malestar subjetivo, o cambios perceptivos. En algunos estudios se afirma que las mujeres presentan un nivel más elevado de ansiedad, y que aumenta aún más ante esa experiencia de realidad virtual, que tienen mayor ansiedad ante nuevas tecnologías, e incluso que los síntomas de malestar pueden ser también mayores. Con estos datos, hay en general unos valores mayores en ansiedad en las mujeres, pero también ocurren en el grupo control, sería una característica más de la población. Pero no han ocurrido mayores cambios en ansiedad debido a la realidad virtual, ni tampoco más síntomas subjetivos, ni más diferencias en otras variables de las aquí estudiadas. En general, aquí no se confirman esas diferencias de sexo.

Un efecto característico obtenido fue el hecho de que en algunos participantes ese grado de ansiedad fue muy elevado al poco tiempo de estar inmersos en ese mundo

virtual, en ellos aparecieron diversas molestias subjetivas, y fueron los participantes que finalmente decidieron abandonar la experiencia. Generalmente esas molestias aumentaron proporcionalmente en el grupo de 5 horas continuas, antes de finalizar la primera hora abandonaron en aquellos casos en que aparecieron esos síntomas de malestar. Entre ellas las más habituales fueron mareos y cansancio, aunque ocurrió otro tipo de malestar subjetivo como se describen en los resultados. Estos síntomas de malestar no les permitió continuar, y valoraban como muy desagradable la experiencia, e incluso no desearían repetirla. Parece que en algunas personas con cierta predisposición a los mareos, tensión baja, marearse en lugares altos o en atracciones de feria, etc., la experiencia inmersiva les produce las mismas sensaciones desagradables. Por tanto, cuando se utilice la realidad virtual como herramienta terapéutica sería importante evaluar con anterioridad si esa persona tiene esta predisposición a los mareos, o ha tenido experiencias similares de mareos o malestar, para prevenir los síntomas de malestar. Podría ocurrir que su uso terapéutico pudiera tener más efectos secundarios que ventajas para las personas con estas características.

Por otro lado, esas molestias subjetivas son muy similares en los tres grupos experimentales durante la primera hora de inmersión, es decir, en todos ellos aparecen algunos de los síntomas de malestar. Ahora bien, al comparar las condiciones de 5 horas frente a 5 días, se observan enormes diferencias entre ambas. Mientras que los de 5 horas seguidas van aumentando los síntomas de malestar, para los de 5 días tales síntomas van disminuyendo e incluso desaparecen. Es un efecto muy característico, pues implicaría que en cierta proporción el uso de la realidad virtual produce algunos síntomas de malestar, pero cuando ese uso se hace discontinuo en el tiempo, a través de varios días, se produce una adaptación por parte del organismo en esos síntomas. Es decir, se podría concluir que el organismo se adapta a esos efectos de la realidad virtual, y con el uso continuado no intensivo, esas molestias se hacen cada vez menos intensas e incluso llegan a desaparecer completamente.

Por tanto, también se obtendría una conclusión interesante al recomendar que el uso de esta nueva tecnología se realice con moderación, es decir, periodos cortos de tiempo y continuados a lo largo de varios días. De esta forma, las posibles molestias –si ocurriesen– podrían ir disminuyendo progresivamente. Por el contrario, el uso continuado, y de más de dos horas, podría producir mayores molestias aún e incluso considerar como desagradable esa experiencia. Por ejemplo, tal como ya está ocurriendo con el uso de los videojuegos por parte de muchos niños y jóvenes (aunque no sea tecnología inmersiva), sería una buena recomendación su uso en periodos cortos de una hora, y no en sesiones maratónicas como suele ser habitual en ellos.

En resumen, con los resultados de este estudio se podría concluir que: (1) la realidad virtual puede producir un aumento de la ansiedad, bien debido a la intromisión de la tecnología o a las exigencias de la situación de experimentación, sin embargo, cuando esa experiencia se continúa en intervalos regulares de tiempo se produce una adaptación y disminución de la ansiedad; (2) la realidad virtual puede producir molestias subjetivas, tales como mareos o cansancio, y pérdida de equilibrio en algunas personas, y si continua el uso intensivo de esa experiencia de RV las molestias podrían aumentar, pero si se espacian las sesiones en varios momentos o días, también puede producirse

una adaptación del organismo y disminuir esas molestias; (3) la RV produce graves molestias y llega a ser desagradable en un porcentaje determinado de personas (13% en este estudio), molestias que podrían explicarse por una predisposición a mareos o problemas vestibulares, por lo que se aconsejaría una buena evaluación de estos factores antes de la aplicación indiscriminada de esta tecnología; así pues, se aconsejaría en general un uso prudente de esta tecnología, con una adecuada evaluación previa de la persona (para descartar predisposiciones a mareos y molestias subjetivas), y sesiones cortas, prolongadas a lo largo de días o semanas para mejorar la adaptación e interacción hombre-máquina.

Este tipo de estudios facilitan criterios empíricos y ayudan a tomar decisiones y ofrecer recomendaciones clínicas en las diversas aplicaciones que se está dando a la RV y el efecto 3D. Creemos que este estudio ayuda a definir el uso adecuado de estas tecnologías, exigiendo precauciones para algunos usuarios, y recomendando un uso prudente y progresivo, no intensivo, de las tecnologías de RV inmersivas.

REFERENCIAS

- Baltzley DR, Kennedy RS, Berbaum KS, Lilienthal MG y Gower DW (1989). The time course of postflight simulator sickness symptoms. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 60, 1043-1048.
- Baños R, García Palacios A, Bretón J, Quero S y Botella C (2006). Realidad virtual y tratamientos psicológicos: una revisión. *Psicología Conductual: Revista Internacional de Psicología Clínica y de la Salud*, 3, 491-510.
- Barlett CP, Anderson CA y Swing EL (2009). Video game effects: Confirmed, suspected and speculative: A review of the evidence. *Simulation & Gaming*, 40, 377-403.
- Botella C, Quero S, Serrano B, Baños R y García Palacios A (2009). Avances en los tratamientos psicológicos: la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. *Anuario de Psicología*, 40, 155-170.
- Capafons JI (2001). Tratamientos psicológicos eficaces para las fobias específicas. *Psicothema*, 13, 247-452.
- Cobb SV, Nichols S, Ramsey A y Wilson JR (1999). Virtual Reality-Induced Symptoms and Effects (VRISE). *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 8, 169-186
- Dizio P y Lackner JR (2002). Proprioceptive adaptation and aftereffects. En K Stanney (Ed). *Handbook of Virtual Environments* (pp.751-771). New York: Lawrence Erlbaum.
- Dong X, Yoshida K y Stoffregen TA (2011). Control of a virtual vehicle influences postural activity and motion sickness. *Digital Conservancy University of Minnesota*. Consultado en 6-Junio-2011. <http://purl.umn.edu/104136>
- García Palacios A, Quero S, Bretón JM, Baños R y Botella C (2006). Realidad virtual y tratamientos psicológicos: una revisión. *Psicología Conductual*, 3, 491-510.
- Havron MD y Butler LF (1957). *Evaluation of training effectiveness of the 2FH" helicopter flight trainer research tool*. New York: Naval Training Device Center Project 1915-00-2.
- Howart PA y Hodder SG (2008). Characteristics of habituation to motion in a virtual environment. *Displays*, 29, 117-123.
- Kato PM (2010). Video games in health care: Closing the gap. *Review of General Psychology*, 14, 113-121.
- Kennedy RS, Lane NE, Lilienthal MG, Berbaum KS y Hettinger LJ (1992). Profile analysis of simulator sickness symptoms: Application to virtual environment systems. *Presence*, 1, 295-301.

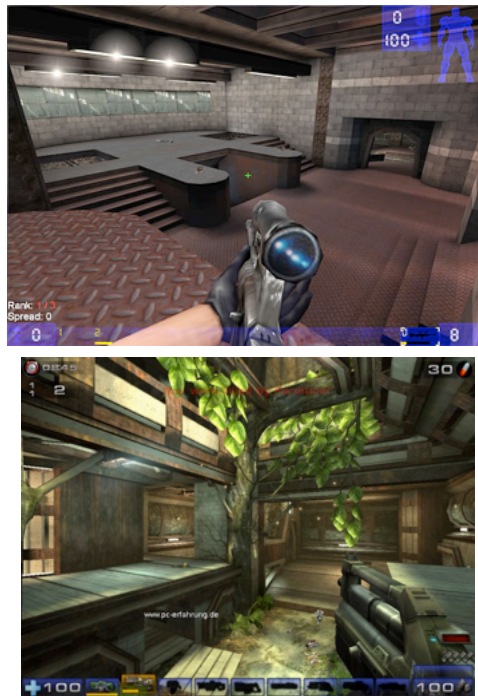
- Liu Ch y Uang S (2011). Effects of resence on causing cybersickness in the elderly within a 3D virtual store. En JA Jacko (Ed). *Human-Computer Interaction, Part 4*. (pp. 490-499). Berlin: Springer-Verlag.
- Moss JD, Austin J, Salley J, Coats J, Williams K y Muth ER (2011). The effects of display delay on simulator sickness. *Displays*, 32, 159-168.
- Nichols S y Patel H (2002). Health and safety implications of virtual reality: A review of empirical evidence. *Applied Ergonomics*, 33, 251-271.
- Regan EC (1995). An investigation into nausea and other side-effects of head-coupled immersive virtual reality. *Virtual Reality*, 1, 17-31.
- Regan EC y Price KR (1993). Some side-effects of immersion virtual reality: An investigation into the relationship between distance and ocular related problems. *Army Personnel Research Establishmen Report* 93-R-023.
- Regan EC y Price KR (1994). The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 65, 527-530.
- Repperger DW, Gilkey RH, Green R, LaFleur T y Haas MW (2003). Effects of haptic feedback and turbulence on landing performance using an immersive cave automatic virtual environment CAVE. *Perceptual and Motor Skills*, 97, 820-832.
- Sharples S, Cobb S, Moody A y Wilson JR (2008). Virtual reality induced symptoms and effects: Comparison of head mounted display, desktop and projection display systems. *Displays*, 29, 58-69.
- Spielberger CD, Gorsuch RL y Lushene R (1970). *The State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press.
- Stanney K (1995). Realizing the full potential of virtual reality: human factors issues that could stand in the way. *Proceedings Virtual Reality Annual International Symposium 95*, 28-34. IEEE Comput. Soc. Press.
- Stanney KM, Mourant RR y Kennedy RS (1998). Human Factors Issues in Virtual Environments: A Review of the Literature. *Presence*, 7, 327-351.
- Thurstone LL (1986). *Test de Formas Idénticas* (3ª Edición). Madrid. TEA
- Uliano KC, Lambert EY, Kennedy RS y Sheppard DJ (1986). *The effects of asynchronous visual delays on simulator flight performance and the development of simulator sickness symptomatology*. Orlando, FL: Naval Training Systems Center. Proyecto 85-D-0026-1.
- Ungs TJ (1987). Simulator skickness: Evidence of long-term effects. *Proceeding of the 31st Annual Human Factors Society*, Santa Mónica, CA: *Human Factors Society*, 505-509.
- Yela M (1979). *Test de Coordinación Visomotora*, 2ª Edición Revisada. Madrid: TEA.

Recibido, 18 Octubre, 2012
Aceptación final, 28 Diciembre, 2012

ANEXO



Imágenes centrales y laterales del casco de realidad virtual VFX-3D.



Imágenes de ejemplo del juego *Unreal Tournament*.