

Evaluación de las habilidades de orientación topográfica anterógrada mediante realidad virtual

Pablo Rodríguez-Prieto¹ y Joaquín A. Ibáñez-Alfonso¹

Resumen

Objetivo: Diseño de una prueba experimental de evaluación de las habilidades cognitivas de orientación topográfica anterógrada en entornos de realidad virtual (RV). Se pretende desarrollar un sistema de evaluación más ecológico que ayude al diagnóstico de la desorientación topográfica.

Método: La muestra final estuvo formada por 26 participantes adultos jóvenes ($M=20.4$ años, $DT=1.3$), 9 hombres y 17 mujeres, sin antecedentes de alteración neurológica. Se administraron pruebas cognitivas estandarizadas (Test de orientación de líneas de Benton -TOLB-, Figura Compleja de REY, y Test de Evaluación Cognitiva Montreal -MoCa-) y una prueba experimental en RV (Oculus Rift). El entorno virtual seleccionado fue una maquetación digital de la casa de la escritora alemana Anne Frank, a través del cual los participantes debían aprender a desplazarse.

Resultados: Se realizó un contraste de medias mediante pruebas no paramétricas en el que no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre hombres y mujeres en ninguna de las medidas. Adicionalmente, se encontró una correlación positiva significativa entre el rendimiento de los participantes en la prueba de RV, la tarea de percepción espacial TOLB ($r = .403$, $p = .041$), y la tarea de memoria espacial de REY ($r = .402$, $p = .042$).

Conclusiones: Los resultados de este estudio experimental han aportado indicios prometedores con respecto a la eficacia del uso de entornos de realidad virtual para la evaluación de la orientación topográfica anterógrada. No obstante, se precisa continuar acumulando evidencias empíricas que sustenten la aplicación de este tipo de herramientas en la evaluación de la desorientación topográfica, permitiendo diagnósticos de mayor validez y utilidad clínica.

Correspondencia:

Joaquín A. Ibáñez-Alfonso
jaibanez@loyola.es
Tel. +34 955 641 600 (Ext. 2483)
UNIVERSIDAD LOYOLA
Avda. de las Universidades s/n
41704 - Dos Hermanas,
Sevilla (España).

Palabras clave:

Realidad Virtual, Evaluación Cognitiva, Neuropsicología, Navegación, Habilidades Visoespaciales, Desorientación Topográfica.

¹ Universidad Loyola Andalucía. Laboratorio de Neurociencia Humana. Departamento de Psicología.

Introducción

Hoy en día nuestra sociedad vive una era de desarrollo tecnológico sin precedentes, debido a la creciente inversión en investigación e I+D de todas las ramas del conocimiento científico. Estos avances tecnológicos pueden ser utilizados a su vez para desarrollar la adquisición de nuevas técnicas que nos permitan a los profesionales de las ciencias de la salud ayudar a más personas de mejores maneras. Uno de estos avances tan revolucionarios son los dispositivos de realidad virtual (RV), mediante los cuales una persona es capaz de sumergirse en un entorno virtual del cual puede recibir estímulos, principalmente visuales y auditivos, a la vez que se desplaza virtualmente por dichos entornos. Con un dispositivo de RV un individuo es capaz de transportarse a un mundo completamente distinto al que lo rodea, siendo este desde otra ciudad a otro planeta o pudiendo colocarlo en situaciones limitadas casi únicamente por la imaginación del usuario. Dada la enorme gama de posibilidades de uso de un dispositivo con estas características, no es de extrañar que las ciencias de la salud, y más concretamente la psicología tomase interés en este tipo de tecnología.

Las habilidades de orientación topográfica son muy importantes para el ser humano, ya que le permiten formar mapas mentales de los entornos por los que se mueve, dándole la capacidad de navegar por ellos de manera efectiva y encontrar objetos y localizaciones concretas dentro de ellos (1). Estas capacidades pueden funcionar proporcionándonos información de entornos familiares (memoria topográfica retrógrada) o acumulando y formando nuevos mapas de entornos nuevos (memoria topográfica anterógrada) (2). Además de lo anteriormente mencionado, nuestras habilidades de orientación topográfica pueden funcionar de dos maneras diferentes dependiendo del punto de referencia que estemos tomando para evaluar y/o recordar el entorno con el que estamos interactuando. La primera de ellas es la memoria topográfica egocéntrica, aquella que nos permite establecer relaciones espaciales entre nosotros mismos y otros objetos o localizaciones, siendo nosotros el punto de referencia primario.

Para ilustrarlo con un ejemplo, nos situaremos en un escenario donde una persona nos pregunta la dirección de una casa y se la indicamos con respecto a nosotros “la casa está justo en frente de nosotros”. Después tendríamos la memoria topográfica aloécéntrica o la que nos permite formar relaciones espaciales entre dos objetos o localizaciones externas a nosotros. De nuevo, ilustrándolo mediante el mismo ejemplo, le indicaríamos a la persona la localización de una casa con respecto a un edificio cercano “la casa está justo en frente del ayuntamiento” (3).

Pero entonces, ¿cómo funciona la creación de estos mapas mentales? La navegación efectiva a través de entornos, ya sean conocidos o desconocidos para un individuo, depende de la habilidad de este para estimar su propia posición y la posición de los objetos que lo rodean, en base a la información o claves que recibe tanto de su entorno, como de sí mismo. La navegación a través de un entorno mediante la integración de ambos tipos de claves es denominada “integración de camino” o “*path integration*” (4). La adquisición de ambos tipos de claves depende de dos cualidades que poseemos los seres humanos llamadas gnosias y mnesias, que son las dos funciones centrales de nuestras habilidades de orientación topográfica. Explicado de otra forma, para ser capaces de adquirir las claves necesarias a la hora de formarnos un mapa mental de nuestro entorno, debemos disponer de la capacidad de percibir y atender a los estímulos que nos rodean para luego ser capaces de integrarlos y memorizarlos. Es aquí donde entran en juego las funciones ejecutivas de la corteza prefrontal, las cuales nos permiten regular nuestra conducta espacial y desplazarnos por entornos en los que aparecen modificaciones respecto a las rutas habituales. Las funciones ejecutivas no solo se encargan de la integración de la información sino que también planifican los movimientos que serán necesarios para el desplazamiento (5).

Una vez explicada qué es la orientación topográfica debemos saber qué es la desorientación topográfica, ya que el objetivo final del trabajo girará en torno a ella. La desorientación topográfica es una afectación de las personas que o bien han

sufrido alguna clase de daño cerebral sobrevenido o la adquieren fruto del envejecimiento natural (6,7), la cual afecta de manera negativa a sus habilidades de orientación topográfica. Este deterioro afecta mucho a su autonomía, ya que pierden la capacidad de moverse por entornos que antes les resultaban familiares y nos son capaces de desplazarse sin una guía (8).

Hasta ahora la desorientación topográfica se ha evaluado con las clásicas pruebas de “papel y lápiz” o a través de informes aportados por el paciente o sus allegados. Sin embargo, recientes estudios están comenzando a demostrar que la utilización de las nuevas tecnologías como la RV, resulta en métodos tanto de evaluación como de tratamiento mucho más efectivos. Esto es debido a la mayor afinidad a entornos reales que presenta la RV, respecto a las pruebas de “papel y lápiz” (8–11). De aquí el objetivo último de este estudio, el desarrollo de una prueba experimental mediante la utilización de RV en una muestra de individuos sanos. Se compararon los resultados en esta prueba de RV con otras pruebas tradicionales de evaluación de habilidades cognitivas relacionadas con la orientación topográfica, y se analizaron tanto la fiabilidad como el comportamiento frente a los ítems que componen la prueba experimental. La prueba de evaluación de las habilidades de memoria topográfica anterógrada en un entorno virtual (dispositivo de RV Oculus Rift) (12), resulta mucho más ecológica que las pruebas tradicionales en “lápiz y papel” (8). De forma adicional, también se realizó un análisis exploratorio para observar si existían diferencias en el rendimiento entre hombres y mujeres (13,14).

Método

Participantes

Este estudio contó con la participación de 9 hombres y 17 mujeres universitarios sanos ($n = 26$), que se encontraban en un rango de edad de entre 18 y 22 años ($M = 20.4$ años, $DT = 1.3$). Todos los participantes pertenecían a un nivel socioeconómico medio-alto, situándose en un rango de ingresos de entre 751-1200 € (nivel 2) a más de 3000 € mensuales (nivel 6, el máximo), perteneciendo la mayoría

al rango de 2001 a 3000 € mensuales (nivel 5). Además, todos los participantes se encontraban en un rango de 15 a 20 años de escolaridad completados ($M = 17.5$ y $DT = 2$). La muestra original llegaba a treinta participantes, pero cuatro de ellos fueron excluidos por no alcanzar el mínimo de puntuación requerido en las pruebas neuropsicológicas de cribado de TOLB y el recuerdo diferido de la figura compleja de REY (percentil > 2). Este criterio de inclusión fue diseñado así para obtener una muestra suficientemente inclusiva, a la vez que permitiese descartar participantes con alteraciones muy significativas en el rendimiento de sus habilidades de orientación topográfica. Ninguno de los participantes padecía ninguna afectación neurológica o historial de la misma, debido a que este era otro criterio de exclusión previo para los participantes. Los años de escolaridad fueron computados sumando los cursos completados desde la educación infantil al nivel más alto de educación superior que hubiese alcanzado cada participante, hasta un máximo de 20 años cursados.

- Criterios de inclusión:

- Participantes mayores de edad (≥ 18 años).
- Sin historial de alteraciones neurológicas previas o actuales.
- Percentil > 2 en las pruebas de cribado.

Instrumentos

Pruebas de Cribado

A la hora de realizar este estudio eran necesarias pruebas neuropsicológicas de evaluación cognitiva y funciones relacionadas con la memoria topográfica ya validadas, teniendo así un punto de comparación para la tarea de RV. Estas pruebas nos sirven además como cribado de los participantes, ya que para incluir sus datos deben de obtener puntuaciones por encima del percentil 2 ($PC > 2$) en todas las pruebas y de esta forma asegurarnos que no padecen déficits cognitivos que puedan afectar a su rendimiento en la tarea de RV. Las pruebas que se utilizaron en el estudio fueron: el Test de evaluación Cognitiva de Montreal -MoCa-, un test breve diseñado para la detectar el nivel general de rendimiento cognitivo recientemente baremados en población española (15–17); la Figura compleja de REY, encargada de evaluar el nivel

de desarrollo intelectual y perceptivo motor, además de medir las capacidades de atención, memoria visual inmediata, esfuerzo de memorización y rapidez de funcionamiento mental de los individuos (18); el “test de orientación de líneas de Benton” o *Judgment of line orientation* -TOLB-, un instrumento diseñado para usos tanto clínicos como de investigación, que evalúa la percepción y la memoria visoespacial (19,20). Es importante destacar para más adelante que estas pruebas fueron de igual manera utilizadas en otro estudio anterior con la intención de evaluar las habilidades de orientación topográfica retrógradas (21), las posibles consecuencias de este uso se comentarán en la discusión.

Prueba en Realidad Virtual

Se utilizó el dispositivo de realidad virtual Oculus Rift y la aplicación gratuita *Anne Frank's House VR*

(22), disponible en la tienda de aplicaciones del dispositivo. Esta aplicación es una maquetación digital que recrea la casa donde Anne Frank y su familia permanecieron escondidos del régimen nazi durante dos años (ver Figura 1). Se escogió este escenario por varios motivos, el primero fue precisamente porque al ser una aplicación gratuita, es de acceso libre a toda persona que pueda utilizar el dispositivo de RV y eso facilita mucho que se repita la prueba en estudios futuros. El segundo de los motivos es que, al ser un espacio pequeño y bien definido, concordaba con la necesidad de disponer de un entorno controlable y que permitiese ajustar las variables de búsqueda para que todos los participantes tuviesen experiencias lo más similares posibles. A medida que aumentan las dimensiones del entorno, aparecen más variables y claves espaciales a tener en cuenta.



Figura 1. Cuarto de Anne Frank.

Procedimiento

Este proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Loyola Andalucía y los participantes cumplieron un consentimiento informado

antes de comenzar la evaluación. Los participantes fueron seleccionados utilizando un muestreo del tipo bola de nieve, respondiendo a un anuncio que se difundió a través de la comunidad universitaria, en el que se solicitaban participantes volun-

tarios que cumpliesen los criterios de inclusión del estudio. La muestra fue recogida entre los meses de marzo y mayo de 2019 por el autor principal del estudio, estudiante de último curso de Psicología entrenado en la aplicación de los instrumentos administrados. Las evaluaciones se llevaron a cabo en el Laboratorio de Neurociencia Humana de la Universidad Loyola Andalucía, con una duración aproximada de 45 minutos por participante.

Durante la prueba de RV los participantes permanecieron sentados en una silla giratoria que les permitía mirar en todas direcciones cómodamente sin necesidad de levantarse, reduciendo la posibilidad de mareo. No se comenzó hasta que el visor de RV estuvo adecuadamente colocado y asegurado en una posición cómoda y el mando correctamente asegurado a su mano derecha. Una vez colocado todo el equipo de manera adecuada, se explicó a cada participante cómo funcionaba el sistema de apuntado y movimiento del Oculus Rift dentro de la aplicación. Mientras los participantes llevaban colocado el equipo de RV, permanecían casi enteramente aislados de su entorno a nivel visual y auditivo.

Estructura de la prueba en RV

La prueba consistió en tres fases diferentes, la **fase del tour**, la **exploración libre** y la **fase de preguntas**, estando esta última subdividida a su vez en otras dos fases, la **fase de imaginación** y la **fase de búsqueda**.

Durante la **fase del tour**, se procedió a enseñar toda la casa a cada participante, pasando siempre de habitación en habitación en el mismo orden. Las instrucciones direccionales fueron también siempre las mismas:

- Hay que indicar que la primera puerta está a la derecha de las escaleras.
- Continuar por la puerta con cristales.
- Continuar por la puerta verde y amarilla que se encuentra al lado del escritorio.
- Continuar por la puerta que se encuentra junto a la cama empotrada en el armario con cortinas.
- Continuar por la puerta situada al lado del fregadero.

- Continuar escaleras arriba.

Al llegar a cada habitación se comentaba el aspecto que cada una de ellas tenía, destacando siempre los mismos detalles a todos los participantes. Además, cada vez que se entraba en una habitación nueva, el investigador facilitaba un título para cada una de ellas (p.ej., el baño, la habitación de Peter, etc.), con la intención de promover el recuerdo posterior de las mismas:

- Este es el baño de la casa, como puedes ver justo en frente tienes el retrete y si te giras podrás ver un lavabo.

A medida que se avanzaba por las distintas habitaciones de la casa, el evaluador iba resaltando una serie de objetos con el objetivo de que el participante los recordase posteriormente. Era importante asegurarse de que los participantes hubiesen visto los objetos y de que eran capaces de identificarlos. Los objetos por recordar fueron el *diario de Anne Frank* situado en su cuarto, la *estufa de hierro* situada en el cuarto de sus padres, la *cafetera azul* y la *radio* situadas en la cocina, y el *pañuelo azul* tendido en el tendedero del desván. En la Figura 2 se muestran algunos ejemplos.



Figura 2. Cafetera azul.



Figura 3. Trapo azul.



Figura 4. Estufa de hierro.



Figura 5. Diario de Anne Frank.

Una vez acabado el tour de la casa se daba paso a la **fase de exploración libre**. En esta fase se dejaba un tiempo estimado de 5 a 7 minutos para que el participante explorase el entorno virtual con libertad. Se recomendó a cada participante que

rehiciese los caminos que se le habían enseñado durante el tour y que diese las vueltas que quisiera por las distintas habitaciones para poder recordarlas mejor posteriormente. Sólo existía una condición durante este tour libre: los participantes

debían ir nombrando las habitaciones por las que iban pasando para asegurar que reconocían el entorno a través del que se estaban moviendo. Si no recuerdan la habitación o su nombre, el experimentador se lo repetía para facilitar su retención.

Una vez acabado el tiempo de exploración libre, se daba paso a la **fase de preguntas**. Esta fase estuvo dividida en dos partes, decidiendo realizar localizaciones tanto en imaginación como en movimiento, con intención de registrar dos capacidades diferentes. En la primera parte se realizaron preguntas en imaginación, durante las cuales el participante permaneció quieto al responder. En esta primera parte se trató de registrar las capacidades de memoria egocéntrica y aloécéntrica de los participantes, con las siguientes preguntas:

Memoria aloécéntrica (total = 3) (Sí = 1; No = 0)

Ahora vamos a comenzar con la localización de los objetos que te he mencionado anteriormente.

1. Antes de empezar a moverte dime en qué habitación se encontraba la radio. (Sí/No)(Nº errores)(tiempo). (Respuesta correcta = la cocina)
2. ¿Dónde está situada la radio dentro de la habitación? (Sí/No) (Nº errores) (tiempo). (se aceptan respuestas coherentes)
3. ¿Y con respecto al fregadero de la cocina, dónde se encuentra? (Sí/No) (Nº errores) (tiempo). (se aceptan respuestas coherentes)

Memoria egocéntrica (total = 3) (Sí = 1; No = 0)

1. Nada más entrar a la cocina desde las escaleras, ¿dónde está situada la radio dentro de la habitación? (Sí/No) (Nº errores) (tiempo). (se aceptan respuestas coherentes)
2. Sitúate mentalmente en la cocina de la casa, con respecto a ti, ¿dónde se encuentra el baño? (Sí/No) (Nº errores) (tiempo). (se aceptan respuestas coherentes)
3. De nuevo situándote mentalmente en la cocina de la casa, con respecto a ti,

¿dónde se situaría la habitación de Peter? (Sí/No) (Nº errores) (tiempo). (se aceptan respuestas coherentes)

Con la segunda parte se pretendía poner en juego tanto la capacidad de los participantes de recordar la localización de la habitación como la de recordar la ubicación del objeto dentro de ella. Además, ya que esta segunda parte se realizó en movimiento, se pudo observar la capacidad de poner en marcha los procesos ejecutivos implicados en la planificación de rutas y la realización de las acciones requeridas para llegar a la localización del objeto en cuestión. La evaluación de esta fase se llevó a cabo pidiéndole a los participantes que encontrasen y señalasen cuatro objetos de los anteriormente destacados (el diario de Anne Frank, la estufa de hierro, la cafetera y el paño azules), dándonos también información adicional sobre su habilidad para percibir objetos relevantes para orientar sus desplazamientos. Los resultados registrados en la hoja de respuestas fueron: Localización de la habitación (total = 3; -1 punto si cometía al menos un error, -1 punto si requirió uso de al menos una pista, o puntos en caso de que no la encontrase), localización del objeto (1 si lo encontró, 0 si no), número de errores (camino incorrectos) y tiempo. La variable de tiempo fue recogida para cada una de las preguntas como una fuente de información cualitativa, únicamente tenida en cuenta si el tiempo de respuesta era excesivamente largo.

Durante la parte dos se grabó la pantalla del ordenador donde se veía la vista de los participantes para tener un registro de los movimientos que hacían por el entorno virtual.

Análisis de datos

Se realizó una revisión exhaustiva de los datos recogidos de los 26 participantes no se encontraron errores en el registro, a continuación, se utilizó el programa de análisis estadístico SPSS (versión 23) para detectar datos extremos. No fue preciso implementar ningún procedimiento de tratamiento de outliers al estar todos los datos dentro del rango de +/- 3 DT. No hubo datos perdidos. Tras un análisis de normalidad de las puntuaciones de la muestra se halló que la distribución de puntuaciones en la prueba de RV no se ajustaba a la normalidad, así que se procedió a realizar transformaciones de la variable. Después de realizar

todas las transformaciones posibles dentro del programa SPSS (Reflect-Log, Inverse, Log10, Reflect-SQRT, Reflect-inverse, etc.) los resultados seguían sin mostrar una distribución normal así que se pasó a realizar los análisis utilizando pruebas no paramétricas.

Al analizar la fiabilidad de la prueba se obtuvo un alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados de .62. Se eliminaron los ítems ALOCÉNTRICA_LOCAL_2, ALOCÉNTRICA_LOCAL_3, ESTUFA_LOCAL_OBJ,

DIARIO_LOCAL_HAB, DIARIO_LOCAL_OBJ, CAFETERA_LOCAL_OBJ, PAÑO_LOCAL_HAB y PAÑO_LOCAL_OBJ durante el análisis de fiabilidad de la prueba. Esto fue debido a que en el resultado de los participantes se encontró una varianza 0, habiendo todos ellos puntuado correctamente en estos ítems (ver Tabla 2). La prueba sugería también la eliminación del ítem EGOCÉNTRICA_LOCAL_1, pero se optó por dejar el ítem dentro del análisis ya que el alfa subía únicamente de .62 a .63 (ver Tabla 1).

Tabla 1. Descriptivos y correlación total-elemento de los ítems incluidos en el análisis estadístico

	Media	Desviación típica	Asimetría	Curtosis	Total-elemento
ALOCÉNTRICA_LOCAL_1	,96	,196	-5,099	26,000	,319
EGOCÉNTRICA_LOCAL_1	,85	,368	-2,038	2,328	,071
EGOCÉNTRICA_LOCAL_2	,50	,510	,000	-2,174	,488
EGOCÉNTRICA_LOCAL_3	,88	,326	-2,558	4,915	,372
CAFETERA_LOCAL_HAB	2,69	,618	-1,919	2,719	,398
ESTUFA_LOCAL_HAB	2,46	,582	-,500	-,643	,499

Nota. ALOCÉNTRICA_LOCAL_1: Localización alocéntrica en imaginación 1. EGOCÉNTRICA_LOCAL_1, 2 y 3: Localización egocéntrica en imaginación 1, 2 y 3. CAFETERA_LOCAL_HAB: Localización de la habitación donde se sitúa la cafetera azul. ESTUFA_LOCAL_HAB: Localización de la habitación donde se sitúa la estufa de hierro.

Tabla 2. Descriptivos y correlación total-elemento de los ítems excluidos en el análisis estadístico

	Media	Desviación típica	Asimetría	Curtosis	Total-elemento
ALOCÉNTRICA_LOCAL_2	1	,000	-	-	-
ALOCÉNTRICA_LOCAL_3	1	,000	-	-	-
ESTUFA_LOCAL_OBJ	1	,000	-	-	-
DIARIO_LOCAL_HAB	3	,000	-	-	-
DIARIO_LOCAL_OBJ	1	,000	-	-	-
CAFETERA_LOCAL_OBJ	1	,000	-	-	-
PAÑO_LOCAL_HAB	3	,000	-	-	-
PAÑO_LOCAL_OBJ	1	,000	-	-	-

Nota. ALOCÉNTRICA_LOCAL_2 y 3: Localización alocéntrica en imaginación 2 y 3. ESTUFA_LOCAL_OBJ: Localización de la estufa de hierro dentro de la habitación. DIARIO_LOCAL_HAB y DIARIO_LOCAL_OBJ: Localización de la habitación donde se encuentra el diario y del propio diario dentro de la misma, respectivamente. CAFETERA_LOCAL_OBJ: Localización de la cafetera azul dentro de la habitación. PAÑO_LOCAL_HAB y PAÑO_LOCAL_OBJ: Localización de la habitación donde se encuentra el paño azul y del propio paño dentro de la misma, respectivamente.

Resultados

A la hora de analizar el rendimiento de los participantes en las pruebas, tanto de screening como de RV, se comparó si existían diferencias entre hombres y mujeres a la vez que se analizaba en rendimiento del total de la muestra. Simultáneamente al análisis de los resultados totales de la prueba de RV, se obtuvo el desglose de las puntuaciones en las tres subcategorías de memoria allocéntrica, memoria egocéntrica y localización de habitación + obje-

to. En las Tablas 3 y 4 se muestran los descriptivos de las pruebas administradas en las que se incluye la significación asintótica bilateral de Mann-Whitney al comparar las medias de hombres y mujeres en las diferentes medidas. Las variables de edad y años de escolaridad no mostraban correlaciones significativas con la puntuación total de la prueba de RV (edad, $r = .785$; escolaridad, $r = .662$; $p_s > .05$). Por esto, y por el rango de valores tan homogéneo de la muestra en estas variables, no se realizaron análisis posteriores con ellas.

Tabla 3. Descriptivos de las puntuaciones directas de las pruebas de cribado

Prueba	Hombres	Mujeres	Valor de U	p
	Rango promedio	Rango promedio		
MoCa	12,83	13,85	70,500	.741
REY_Copia	15,22	12,59	61,000	.386
REY_Memoria	15,33	12,53	60,000	.372
TOLB	17,33	11,47	42,000	.061

Tabla 4. Descriptivos de las puntuaciones directas de la prueba de RV

Prueba	Hombres	Mujeres	Valor de U	p
	Rango promedio	Rango promedio		
Total de la prueba	16,67	11,82	48,000	.115
Alocéntrica	14,00	13,24	72,000	.467
Egocéntrica	14,33	13,06	69,000	.663
Total Hab+Obj	17,61	11,32	39,500	.032*

Nota. Total Hab + Obj: puntuación total de localización de habitación y objeto. Alocéntrica: Localización allocéntrica en imaginación. Egocéntrica: Localización egocéntrica en imaginación.

Como se puede apreciar en la Tabla 3, no hubo ninguna diferencia significativa en el rendimiento entre hombres y mujeres en las pruebas de cribado realizadas. Sin embargo, al observar la Tabla 4 podemos ver que se repite lo mismo en casi todas las medidas salvo en una en la que sí se encuentran diferencias significativas. En la medida total de localización de habitación y objeto (Total Hab+Obj) el grupo de los hombres parece haber obtenido una puntuación significativamente mejor que el de las mujeres. No obstante, esta diferencia

parece no reflejarse en el total de las puntuaciones de la prueba, siendo el rendimiento de ambos grupos muy similar.

Una vez determinado que no existían diferencias significativas en las puntuaciones totales de la prueba de RV entre hombres y mujeres, se pudo analizar si existía alguna correlación entre estas y las puntuaciones de las pruebas de cribado. Se descubrió que existía una correlación positiva significativa entre las puntuaciones obtenidas en las pruebas de TOLB ($p =$

Tabla 5. Correlación de Pearson entre las distintas pruebas

	MoCa	REY_Copia	REY_Memoria	TOLB	Total RV
MoCa	1				
REY_Copia	.136	1			
REY_Memoria	.265	.161	1		
TOLB	.397*	.060	.389*	1	
Total RV	.059	-.053	.402*	.403*	1

* $p < .05$

.041) y la reproducción de memoria de Rey ($p = .042$), y la puntuación final de la tarea de RV (ver Tabla 5).

Discusión

Tal y como se mencionó al comienzo de este trabajo, con el diseño de esta prueba se ha perseguido el objetivo de desarrollar una herramienta de medición de las habilidades de orientación topográfica anterógrada en un contexto más ecológico mediante el uso de la tecnología de RV. Los resultados del estudio muestran datos prometedores que no hacen más que adelantar los posibles resultados de estudios futuros respecto al tema. A lo largo del desarrollo de la prueba se ha ido comprobando que la medición de las habilidades de orientación topográfica en participantes inmersos en un entorno virtual resulta mucho más cómoda tanto para el evaluador como para la propia persona evaluada, ya que refleja de una manera mucho más fiel la realidad del día a día de esta. Además, a este factor se le añade el dato cualitativo de que, al estar dentro de un entorno virtual, la persona no siente la sensación tan marcada de incomodidad como cuando está en un entorno de laboratorio o de evaluación clínica.

A pesar de que a la hora de analizar la fiabilidad de los ítems de la prueba se obtuviese un alfa de Cronbach de tan solo .62, y que por lo tanto el estudio no haya sido tan exitoso como se esperaba, consideramos que se trata de resultados prometedores, estando muy cerca de la puntuación mínima respetable ($\text{alfa} > .7$). Este trabajo pretende servir de experiencia piloto en la validación de una prueba que evalúe las

habilidades de orientación topográfica anterógrada de manera consistente y fiable. Siendo así, hay que tener en cuenta que hubo muchos factores limitantes a la hora de realizar este estudio, como la falta de recursos, limitaciones de tiempo y una muestra reducida, que influyeron en la obtención de un alfa de .62 en un proyecto tan complejo.

Una vez dicho esto debemos dirigirnos a analizar los resultados de la exploración de correlaciones entre las puntuaciones de las pruebas de cribado y la de RV. Como se puede ver en la tabla 3, se halló una correlación positiva significativa entre las puntuaciones de las pruebas de cribado de TOLB, la reproducción de memoria de Rey y la tarea de RV. Este resultado es prometedor, ya que era precisamente lo que se buscaba con la creación de esta prueba. La prueba de TOLB y la reproducción de memoria de Rey, son pruebas que miden tanto la percepción espacial del entorno, como la memoria visoespacial. De modo que, si las puntuaciones de la tarea de RV correlacionan positivamente con los resultados de estas dos pruebas, podemos concluir que efectivamente la puesta en juego de estas habilidades cognitivas es importante para el rendimiento de los participantes en la tarea diseñada para aprender a navegar a través de un entorno novedoso. Son estas capacidades de percepción y memoria visoespacial las que, según la literatura científica, conforman precisamente el núcleo de las habilidades de orientación topográfica anterógrada (3,4).

De manera adicional podemos observar en los resultados que las puntuaciones obtenidas en el

test MoCa y la prueba de RV no correlacionan entre sí de manera significativa, por lo cual podemos afirmar que las habilidades de orientación topográfica anterógrada que somos capaces de evaluar con esta tarea experimental de RV son capacidades relativamente independientes del rendimiento cognitivo general de un sujeto, siendo un indicio de la especificidad de la medida.

Puntos destacados del estudio

Se ha elaborado una tarea experimental de evaluación de las habilidades de orientación topográfica anterógrada mediante RV, coherente con las capacidades que se esperaban medir (percepción y memoria visoespacial).

No se han encontrado diferencias significativas en el rendimiento de mujeres y hombres en las puntuaciones totales de la prueba.

Se ha podido determinar la especificidad de evaluación de la tarea de RV ya que las capacidades evaluadas son relativamente independientes del rendimiento cognitivo general de los participantes.

Limitaciones y orientaciones futuras

Durante la realización de este estudio se presentaron una gran cantidad de obstáculos y limitaciones que se deben de tener en cuenta tanto a la hora de contemplar los resultados de este, y tenerlas en cuenta en estudios futuros. La más clara y causante de varias otras es el corto período de tiempo en el que se llevó a cabo una tarea tan compleja como la validación de una prueba. Debido a que se disponía de muy pocos meses para llevar a cabo el diseño, administración y validación de la tarea, y debido también a tener que compartir el laboratorio universitario con otros investigadores, la prueba fue diseñada para tener la menor duración posible sin que esto afectase a su fiabilidad.

Una de las limitaciones derivadas de la escasez temporal y de compartir el espacio experimental es el tamaño y demografía de la muestra. Se recogieron los datos de 30 participantes ya que es el

mínimo recomendado para considerar una muestra significativa y debido a los motivos anteriormente expuestos fue imposible cumplir el objetivo inicial de recoger datos de una muestra mixta igualitaria (15 hombres y 15 mujeres). Además, la totalidad de la muestra estaba compuesta de estudiantes universitarios, con tan solo uno de ellos de dominancia lateral izquierda. Por supuesto estos inconvenientes se tuvieron en cuenta durante el análisis de datos, sin embargo, en futuros estudios esto debe corregirse aumentando la muestra de manera considerable e intentando conseguir que sea lo más diversa posible, tanto en edad y sexo, como en las demás variables que puedan afectar de forma potencial a los resultados. Pudiendo así, por ejemplo, aclarar el significado de la diferencia que obtuvimos entre los grupos de mujeres y hombres en una subescala de la prueba de RV, que luego no se vio reflejada en la puntuación total. Tener una muestra más amplia y diversa hará que los resultados sean mucho más válidos ya que el rango de población cubierto será mucho más extenso y por lo tanto la prueba podrá ser aplicada a muchos más tipos de pacientes en el futuro.

Otra limitación llamativa la cual es importante mencionar, es que al haberse realizado otro proyecto en la misma universidad donde se utilizaron las mismas pruebas de cribado para validar una prueba para evaluar las habilidades de orientación topográfica retrógrada un año atrás (21), algunos de los participantes voluntarios habían participado en ambos. De modo que algunos de ellos guardaban recuerdos sobre las pruebas de cribado, pudiendo esto aumentar a su rendimiento en las mismas, sobre todo en lo que respecta a la copia y reproducción de memoria de la Figura compleja de Rey.

Por último, durante el análisis de los datos se observó que las puntuaciones de la mayoría de los participantes eran bastante altas y se llegó a la conclusión de que había muchos ítems que eran demasiado fáciles. Esta asunción fue reforzada también por el análisis estadístico, cuando a la hora de evaluar la fiabilidad de la tarea se eliminaron una gran cantidad de ítems debido a que su variabilidad era inexistente. Tras comprobar el motivo se vio que se debía a que todos los

participantes habían acertado sin problema, reflejando un efecto techo que impidió discriminar diferentes niveles de rendimiento. En la posterior revisión y mejora de la tarea se deberían incluir una gama más amplia de dificultad de los ítems y de esta manera poder obtener respuestas con una variabilidad mayor, ayudando así a distinguir entre distintos niveles de manejo de las habilidades de orientación topográfica por parte de los participantes. Un mayor número de ítems y una dificultad más variada conseguiría aumentar la fiabilidad del test hasta unos niveles mucho más altos. En el futuro sería aconsejable establecer también los tiempos de ejecución medios por cada uno de los ítems de la tarea, ya que en esta prueba, a pesar de recogerse, no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar el análisis. Sin embargo, consideramos que el tiempo de ejecución puede ser una medida importante a la hora de obtener información cualitativa sobre el rendimiento de un participante en

la prueba, de modo que en estudios futuros se podría añadir como indicador adicional del mismo.

En conclusión, con este proyecto de investigación se ha conseguido desarrollar una prueba experimental para evaluar las habilidades de orientación topográfica anterógrada mediante el uso de la RV. Actualmente no existen herramientas de este tipo a disposición de los profesionales que atienden a personas con déficits de orientación topográfica como consecuencia de alteraciones cerebrales. Se espera que esta experiencia experimental sienta las bases del desarrollo de un test de evaluación neuropsicológica, que pueda ser estandarizado en población normal y clínica, con el que ayudar a los profesionales a diagnosticar de manera más precisa las alteraciones relacionadas con la desorientación topográfica. Esto, sin duda, promoverá un mejor establecimiento de objetivos de intervención, mejorando en última instancia la calidad de vida de estas personas.

Conflicto de intereses

Los autores expresan que no hay conflicto de intereses al redactar el manuscrito.

Agradecimientos

A las alumnas de la Universidad Loyola Andalucía colaboradoras de la línea de investigación en la que se enmarca este estudio, las cuales ayudaron a calibrar la prueba de realidad virtual antes de su administración a los participantes. Gracias por su inestimable apoyo en este estudio. Ellas son Elena García Candau, M^a del Pilar Garrido Borrego, María Gallego García, Araceli Méndez Andrade y Paula Gavilán López

REFERENCIAS

1. O'Keefe J, Nadel L. Précis of O'Keefe & Nadel's The hippocampus as a cognitive map. *Behav Brain Sci.* 1979;2(4):487–494.
2. Deus J, Pujol J, Espert R. Memoria y ganglios basales: una revisión teórica. *Psicol Conductual.* 1996;4(3):337–61.
3. Weniger G, Ruhleder M, Wolf S, Lange C, Irle E. Egocentric memory impaired and allocentric memory intact as assessed by virtual reality in subjects with unilateral parietal cortex lesions. *Neuropsychologia* [Internet]. 2009 Jan 1 [cited 2019 Apr 20];47(1):59–69. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0028393208003552>
4. Chen X, McNamara TP, Kelly JW, Wolbers T. Cue combination in human spatial navigation. *Cogn Psychol* [Internet]. 2017 Jun [cited 2019 Jan 20];95:105–44. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0010028516302043>
5. Ibáñez A, Macías E. Estudio del funcionamiento cognitivo topográfico para la navegación humana. TOP.NAVI. Manual de administración. 2006.

6. Head D, Isom M. Age effects on wayfinding and route learning skills. *Behav Brain Res* [Internet]. 2010 May 1 [cited 2019 Apr 20];209(1):49–58. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016643281000029X>
7. Taillade M, Sauz on H, Dejos M, Arvind Pala P, Larrue F, Wallet G, et al. Executive and memory correlates of age-related differences in wayfinding performances using a virtual reality application. *Aging, Neuropsychol Cogn* [Internet]. 2013 May [cited 2019 Apr 20];20(3):298–319. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13825585.2012.706247>
8. Morganti F, Gaggioli A, Strambi L, Rusconi ML, Riva G. A virtual reality extended neuropsychological assessment for topographical disorientation: A feasibility study. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2007 Dec 11 [cited 2019 Apr 20];4(1):26. Available from: <https://jneuroengrehab.biomedcentral.com/articles/10.1186/1743-0003-4-26>
9. Kober SE, Wood G, Hofer D, Kreuzig W, Kiefer M, Neuper C. Virtual reality in neurologic rehabilitation of spatial disorientation. *J NeuroEngineering Rehabil*. 2013;10(17). <https://doi.org/10.1186/1743-0003-10-17>
10. Caglio M, Latini-Corazzini L, D'Agata F, Cauda F, Sacco K, Monteverdi S, et al. Virtual navigation for memory rehabilitation in a traumatic brain injured patient. *Neurocase*. 2012;18(2):123–31.
11. Morganti F, Gaggioli A, Strambi L, Rusconi ML, Riva G. Computer-enhanced route and survey spatial knowledge assessment in clinical neuropsychology. In: 2006 International Workshop on Virtual Rehabilitation [Internet]. IEEE; 2006. p. 110–5. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1707537/>
12. Investigación | Oculus [Internet]. [cited 2019 May 29]. Available from: <https://www.oculus.com/research/>
13. Palmiero M, Nori R, Rogolino C, D'amico S, Piccardi L. Sex differences in visuospatial and navigational working memory: the role of mood induced by background music. *Exp Brain Res* [Internet]. 2016 Aug 6 [cited 2019 Jun 10];234(8):2381–9. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00221-016-4643-3>
14. Wei W, Chen C, Dong Q, Zhou X. Sex Differences in Gray Matter Volume of the Right Anterior Hippocampus Explain Sex Differences in Three-Dimensional Mental Rotation. *Front Hum Neurosci* [Internet]. 2016 Nov 15 [cited 2019 Jun 10];10. Available from: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnhum.2016.00580/full>
15. Nasreddine ZS, Phillips NA, B dirian V, Charbonneau S, Whitehead V, Collin I, et al. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *J Am Geriatr Soc* [Internet]. 2005 Apr [cited 2019 Jun 10];53(4):695–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x>
16. Ojeda N, del Pino R, Ibarretxe-Bilbao N, Schretlen DJ, Peña J. Test de evaluación cognitiva de Montreal: Normalización y estandarización de la prueba en población española. *Rev Neurol*. 2016;63(11):488–96.
17. Pedraza OL, Salazar AM, Sierra FA, Soler D, Castro J, Castillo P, et al. Confiabilidad, validez de criterio y discriminante del Montreal Cognitive Assessment (MoCA) test, en un grupo de adultos de Bogotá Reliability, criterion and discriminant validity of the Montreal Cognitive Assessment Test (MoCA) in a group of adult. 2016;221–8.
18. Rey A. Test de copia de una figura compleja. TEA ediciones, Madrid. 2009;
19. Benton AL. A visual retention test for clinical use. *Arch Neurol Psychiatry*. 1945;54(3):212–6.
20. Calvo L, Casals-Coll M, Sánchez-Benavides G, Quintana M, Manero RM, Rognoni T, et al. Estudios normativos españoles en población adulta joven (proyecto NEURONORMA jóvenes): Normas para las pruebas Visual Object and Space Perception Battery y Judgment of Line Orientation. *Neurologia*. 2013;28(3):153–9.
21. Fierro-Trujillo AF. Evaluación de las habilidades cognitivas de Orientación Topográfica mediante Realidad Virtual: -Estudio Piloto. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla; 2018.
22. Force Field. Anne Frank House VR. Force Field; 2018.