

## Jugar videojuegos de estrategia en tiempo real tiene efectos positivos en la memoria de trabajo

### *Playing real-time strategy video games has positive effects on working memory*

Recepción del artículo: 22.07.21 | Aceptación del artículo: 15.02.22

Germán Octavio López-Riquelme<sup>1</sup>

[german.lopez@uaem.mx](mailto:german.lopez@uaem.mx)

 <https://orcid.org/0000-0002-8031-4522>

Elia E. Soto-Alba<sup>2</sup>

[elia.elena.soto.alba@gmail.com](mailto:elia.elena.soto.alba@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0003-4748-1772>

Carlos Ricardo Mata-Bautista<sup>1</sup>

[crmb.84@gmail.com](mailto:crmb.84@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-7362-9016>

Rachid Marzoug<sup>3</sup>

[rachid.marzoug@gmail.com](mailto:rachid.marzoug@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0002-6578-696X>

<sup>1</sup>Laboratorio de Socioneurobiología,  
Centro de Investigación en Ciencias Cognitivas,  
Universidad Autónoma del  
Estado de Morelos.

<sup>2</sup>Facultad de Psicología, Universidad Nacional  
Autónoma de México

<sup>3</sup>Centro Universitario del Norte,  
Universidad de Guadalajara

#### Para referenciar este artículo:

López-Riquelme, G. O., Soto-Alba, E. E., Mata-Bautista, C. R. & Marzoug, R. (2022). Jugar videojuegos de estrategia en tiempo real tiene efectos positivos en la memoria de trabajo. *Revista ConCiencia EPG*, 7 (Edición Especial), 143- 175.

<https://doi.org/10.32654/ConCienciaEPG/Eds.especial-7>

#### Autor de correspondencia:

German Octavio López-Riquelme  
[german.lopez@uaem.mx](mailto:german.lopez@uaem.mx)

#### Resumen

Los videojuegos de estrategia en tiempo real (VJ-ETR) requieren que los jugadores planeen estrategias reclutando capacidades cognitivas como atención, habilidades motoras, habilidades visuoespaciales y memoria de trabajo (MT). Ya que jugar VJ-ETR depende del mantenimiento de metas principales y submetas activas, así como de la revisión dinámica de esas metas conforme la situación lo requiere, el objetivo de este trabajo fue estudiar si jugadores expertos de VJ-ETR (JExp-ETR) tienen una mayor capacidad de MT que no-jugadores (No-ETR). Para ello, comparamos el desempeño entre JExp-ETR y No-ETR en MT y velocidad de procesamiento (VP) empleando el Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-IV) y la tarea *n*-back. Los resultados muestran que los JExp-ETR tienen un mayor índice de MT y una mejor precisión en el *n*-back que los No-ETR, principalmente en el 3-back, pero no encontramos diferencias en VP. Además, también encontramos que los JExp-ETR que juegan más horas a la semana tienen un mayor índice de MT que los JExp-ETR que juegan menos horas. Los resultados son discutidos en el marco de la capacidad de la MT, la importancia de los VJ-ETR y sus efectos en la cognición.

**Palabras clave:** memoria de trabajo, velocidad de procesamiento, videojuegos de estrategia en tiempo real, tarea *n*-back, entrenamiento cognitivo

## Abstract

**R**eal-time strategy video games (RTS-VG) require players to plan strategies by recruiting cognitive abilities such as attention, motor skills, visuospatial skills, and working memory (WM). Since playing RTS-VG depends on the maintenance of major goals and active sub-goals, as well as the dynamic review of those goals as the situation requires, the objective of this work was to study whether RTS-VG expert players (Exp-RTS) have a higher WM capacity than non-players (No-RTS). To accomplish this, we compared the performance between Exp-RTS and No-RTS in WM and processing speed (PS) using the Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-IV) and the *n*-back task. The results show that Exp-RTS have a higher WM index and a better *n*-back accuracy than No-RTS, mainly in 3-back, but we did not find differences in PS. In addition, we also found that Exp-RTS playing more hours a week have a higher WM index than Exp-RTS playing fewer hours. The results are discussed within the framework of WM capacity, the importance of RTS-VG and their effects on cognition.

**Keywords:** working memory, processing speed, real-time strategy video games, *n*-back task, cognitive training

## Introducción

**D**urante las últimas décadas, los videojuegos (VJ) se han convertido rápidamente en parte de nuestras vidas y en un aspecto ubicuo del entretenimiento para adultos y del desarrollo de niños y adolescentes. El rápido aumento en el número de jugadores en todo el mundo, así como en el tiempo que pasan jugando VJ, ha llamado la atención de los investigadores que están interesados en los posibles efectos sobre la cognición y la función cerebral (Palau et al., 2017). Por sus efectos profundos en la cognición, los VJ se han considerado una forma de aprendizaje que incrementa ciertas funciones cognitivas, incluso más que algunos métodos convencionales (Gee, 2003). El interés en estudiar sus efectos en la cognición proviene del esfuerzo por entender los efectos positivos y negativos, y la búsqueda de intervenciones efectivas para mantener o aumentar habilidades cognitivas. Avances en el entendimiento de los efectos cognitivos de los VJ han mostrado evidencia que apoya la hipótesis de que diferentes géneros de VJ reclutan diferentes funciones cognitivas debido a sus características específicas, principalmente la mecánica específica de juego de cada género (Kowalczyk et al., 2017). Para estudiar las influencias sobre la

cognición, debemos considerar los dominios cognitivos específicos involucrados relacionados con los géneros de VJ, el tiempo dedicado a jugarlos y los efectos de transferencia a funciones cognitivas no entrenadas o de dominio general (Kühn et al., 2019).

Los VJ de estrategia en tiempo real (VJ-ETR) constituyen un género mayor de VJ de acción que se ha vuelto muy popular en las últimas décadas. Este tipo de VJ es muy interesante y, recientemente, ha llamado la atención de los investigadores debido a sus características y a las habilidades cognitivas que recluta cuando se juega (Yao et al., 2020). Aprender a jugar puede resultar demandante debido a la complejidad de los VJ y a los elementos involucrados en tiempo y espacio, por lo que los VJ-ETR constituyen un excelente modelo para estudiar cómo un individuo se vuelve experto en una tarea (Kowalczyk et al., 2017).

En los VJ-ETR, a partir de la construcción de una base, debe manejarse la recolección de recursos, la producción de la unidad y el combate semi-autónomo en tiempo real frente a otros jugadores con los que se compite. El propósito del juego es ganar y controlar puntos estratégicos en un mapa en el que se encuentran los recursos

y los centros de mando. A partir de esto, se generan estrategias de construcción y manejo de ejércitos desde los edificios de la base, los cuales se añaden empleando los recursos recolectados en el territorio. Durante el juego, los participantes deben eliminar a sus oponentes en batallas por medio de la ejecución más efectiva de tres aspectos del juego (Kowalczyk et al., 2017): a) recolectar óptimamente recursos, b) construir, ampliar, proteger y administrar el potencial de producción, y c) combatir manejando el ejército. Esta dinámica hace que el tiempo (realizar acciones adecuadas tan pronto sea posible), la velocidad (realizando tantas acciones como sea posible) y la precisión espacial (dirigiendo las acciones al lugar, estructura o unidad correctos) sean cruciales para mantener al jugador en el juego. Estas características hacen que jugar VJ-ETR sea cognitivamente demandante, ya que, para dominar el juego, los participantes deben desarrollar la capacidad de realizar acciones automáticas en el teclado y en los movimientos del mouse (o cualquier otro componente del hardware), deben también aprender a organizar y modificar diferentes secuencias de acciones en el espacio y tiempo, mantener y actualizar constantemente información adquirida recientemente, así como desarrollar un mejor procesamiento

de información audiovisual para tomar decisiones basadas en la información que se extrae. Como puede verse, los VJ-ETR reclutan una plétora de procesos cognitivos tales como atención, habilidades sensoriomotoras, cognición visuoespacial, coordinación ojo-mano, control inhibitorio y memoria de trabajo, habilidades para elaborar estrategias, toma de decisiones estratégicas, trabajo en equipo, etc., todas ellas funciones activadas diariamente en la vida real.

Las características de los VJ-ETR proporcionan a los jugadores ambientes ricos en experiencias emocionales y de interacción social que parecen mejorar sus funciones cognitivas al estimularlas (Choi et al., 2020) y aumentar la plasticidad cognitiva (Bavelier & Green, 2019; Glass et al., 2013) a través de la reorganización estructural del cerebro (Gong et al., 2016; Kowalczyk et al., 2017; Palaus et al., 2017; Zhang et al., 2017).

De esta manera, debido a que los VJ-ETR requieren de altas demandas cognitivas cuando se juegan, ofrecen una oportunidad ideal para evaluar los efectos de la práctica, o entrenamiento cognitivo. Se ha considerado que los VJ-ETR tienen un gran potencial para la investigación como herramientas para el estudio del

entrenamiento cognitivo al inducir plasticidad cognitiva y cerebral, ya que permiten que los jugadores siempre se encuentren con retos debido a la selección de niveles que aumentan en dificultad, promoviendo que desarrollen mejores habilidades, manteniéndolos motivados a través de recompensas y castigos en un ambiente perceptualmente rico y con retos cognitivos (Bavelier & Green, 2019). Los efectos en la plasticidad cognitiva podrían ser relevantes en el ámbito educativo, ya que hay evidencias que indican que jugar VJ-ETR se asocia con un mejor desempeño académico en estudiantes universitarios (Adachi & Willoughby, 2013; Barr, 2017).

Algunos estudios han mostrado que el control atencional y la velocidad de procesamiento y la atención visual selectiva pueden mejorarse cuando se juegan VJ-ETR (Dale & Green, 2017; Gan et al., 2020) o VJ de acción (Boot et al., 2008; Dye et al., 2009). La velocidad de procesamiento se refiere a qué tan rápido se lleva a cabo un proceso cognitivo y su respuesta (Fry & Hale, 2000). No obstante que muchas situaciones cotidianas requieren de respuestas rápidas, la velocidad con la que se responde puede implicar muchos errores. Sin embargo, se ha establecido que la velocidad de procesamiento está relacionada con la memoria de trabajo y la

inteligencia (Fry & Hale, 2000). La velocidad de procesamiento no solo mejora con el desarrollo, sino que también puede verse mejorada con entrenamiento apropiado sin comprometer la precisión como se ha demostrado que ocurre cuando se juegan VJ-ETR o de acción (Dale & Green, 2017; Dye et al., 2009). Empleando el Attention Network Test, el stroop y la tarea de detección de cambios, Glass et al., (2013) mostraron que los no-jugadores, después de un esquema de 40 horas de VJ-ETR mejoraron en flexibilidad cognitiva. Aunque se sabe que jugar VJ-ETR depende de varias funciones cognitivas, la memoria de trabajo (MT) ha sido considerada como fundamental, ya que de ella depende el mantenimiento de las metas principales y submetas activas, la revisión dinámica de esas metas conforme la situación lo requiere, así como la toma de decisión estratégica temporalmente (Yao et al., 2020). Por tanto, la MT es esencial, ya que permite a los jugadores mantener información relacionada con una tarea por un breve período después de su presentación, así como recordar ubicaciones espaciales en un gran mapa con ciudades, construcciones y recursos.

La MT es un sistema cognitivo hipotético responsable de proporcionar acceso a la información necesaria para los

procesos cognitivos en curso (Wilhelm et al., 2013), que procesa temporalmente información relevante (Adam & Serences, 2019), manteniéndola en un estado altamente accesible, a pesar de la interferencia y la distracción, facilitando el comportamiento dirigido a metas. La MT está estrechamente relacionada con la inteligencia fluida, la capacidad de razonar y resolver problemas novedosos. La MT y la inteligencia fluida se consideran procesos complementarios que facilitan la cognición, ya que mantienen la capacidad de mantener el acceso a información crítica y la capacidad de desconectarse o de bloquear la información obsoleta (Shipstead et al., 2016). Esta habilidad supone un sistema limitado que mantiene y almacena temporalmente información relevante que proporciona una interfaz entre la percepción, la memoria de largo plazo y la acción (Baddeley, 2003), por lo que participa en numerosas funciones cognitivas y es un componente esencial de la plasticidad cognitiva y cerebral (Yao et al., 2020); por tanto, una mejora en la MT podría fomentar diversas capacidades cognitivas de dominio general y, por ende, la inteligencia general (Shipstead et al., 2016). Aunque la MT es limitada (Luck & Vogel, 2013) y varía entre los individuos (Vogel et al., 2005), se ha mostrado que

puede ser susceptible de mejora con la experiencia y el entrenamiento (Malinovitch et al. 2021; Tang et al., 2019). Desafortunadamente, las intervenciones exitosas en el mejoramiento de la MT han sido difíciles de desarrollar (Simmering & Perone, 2013) y los resultados de las investigaciones recientes son controvertidos y, aquellos sobre la transferencia a otras funciones cognitivas, contradictorios o negativos (Soveri et al., 2017).

No obstante, los VJ-ETR son ideales para el estudio de los efectos de la práctica frecuente o del entrenamiento cognitivo sobre la MT y la plasticidad cognitiva. Varios estudios que han empleado la tarea de detección de cambios (por ejemplo, Blacker & Curby, 2013; Blacker et al., 2014; Boot et al., 2008; Wilms et al., 2013; Yao et al., 2020) y aquellos que emplean tareas alternativas (por ejemplo, Colzato et al., 2013; Green & Bavelier, 2003, 2006; Oei & Patterson, 2013; Waris et al., 2019), han mostrado que la experiencia de largo plazo con VJ-ETR mejora la MT visual (Yao et al., 2020). Además, se ha encontrado que la MT puede mejorarse debido al juego frecuente de VJ-ETR (Huang et al., 2017; Yao et al., 2020), incluso cuando se juega solo por algunas horas (Oei & Patterson, 2013).

De esta manera, puesto que la MT es fundamental en los VJ-ETR y como se considera un proceso cognitivo flexible (Bouchacourt & Buschman, 2019) que capacita a los jugadores para mantener estímulos relacionados con la tarea que ejecutan durante un tiempo después de su presentación (Blacker et al., 2014), y debido a que la manipulación de la información visuoespacial depende de la MT (Blacker & Curby, 2013), la cual puede estar relacionada con la velocidad de procesamiento (Fry & Hale, 2000), el objetivo del presente trabajo fue estudiar la asociación entre la experiencia de jugar VJ-ETR y la MT y la velocidad de procesamiento, comparando las diferencias en MT y velocidad de procesamiento entre jugadores expertos de VJ-ETR (JExp-ETR) y no-jugadores de VJ-ETR (No-ETR). Para ello, empleamos el índice de MT (IMT) y el índice de velocidad de procesamiento (IVP) de la prueba Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-IV) y tres tipos de la tarea n-back (1-back, 2-back, 3-back), la cual es una tarea estándar para evaluar la MT (Kane et al., 2007). Si los supuestos acerca del entrenamiento cognitivo son correctos, entonces, aquellos individuos con una mayor experiencia jugando VJ-ETR tendrán un mejor desempeño en aquellas tareas que requieren del monitoreo y actualización de

la MT, así como respuestas rápidas a estímulos visuales.

Si jugar VJ-ETR está asociado con mayor eficiencia en la actualización de la MT y en la detección de estímulos visuales, entonces los jugadores expertos de VJ-ETR deberán presentar mayores IMT e IVP, así como mejor desempeño en los diferentes tipos de *n*-back que los No-ETR. Asimismo, puesto que la frecuencia con la que se realiza una tarea está relacionada con sus efectos sobre la cognición (Klingberg, 2010; Taya et al., 2015), también consideramos que dentro de los mismos jugadores expertos podrían encontrarse diferencias relacionadas con el tiempo que dedican a jugar VJ-ETR. Por ello, también comparamos el IMT, el IVP y el desempeño en el *n*-back entre jugadores expertos de VJ-ETR que juegan más horas a la semana y aquellos que juegan menos horas a la semana.

## Método

**Participantes:** Los participantes fueron reclutados por medio de anuncios en redes sociales, carteles impresos colocados en el campus universitario y también por medio de anuncios transmitidos por la radio universitaria. Por estos medios, reclutamos 36 participantes masculinos que cumplieron los criterios de inclusión

propuestos por la clasificación obtenida de Green y Bavelier (2007) que se describen en los puntos 1 y 2 siguientes (ver Tabla 1 de información de hábitos de juego de los participantes):

1) Jugadores expertos de VJ-ETR (JExp-ETR). Del total de participantes, 19 reportaron jugar VJ-ETR al menos 5 horas a la semana ( $M = 12.58$  horas) por al menos los últimos 6 meses previos a las pruebas. Los JExp-ETR mencionaron que también dedicaban otras 5 horas a la semana para jugar otros géneros de VJ ( $M = 3$  horas). Estos jugadores expertos juegan principalmente en sus computadoras personales.

2) No-jugadores de VJ-ETR (No-ETR). Reclutamos 17 no-jugadores de VJ-ETR, los cuales reportaron jugar menos de 5 horas a la semana ( $M = 2.50$  horas) cualquier género de VJ excepto VJ-ETR durante los 6 meses previos al estudio. Los No-ETR tienden a jugar VJ en consolas, dispositivos móviles o en sus computadoras personales. En este grupo se presentaron 3 participantes que reportaron no jugar ningún VJ.

Todos los participantes estuvieron en un rango de edad de 20 a 30 años ( $M = 25.83$  años,  $DE = 3.20$ ); asimismo, todos contaron en el momento del estudio con

alguna ocupación, ya sea estudiar ( $n = 31$ ) o tener un empleo ( $n = 5$ ). Para llevar a cabo

este estudio, los participantes brindaron su consentimiento informado por escrito.

**Tabla 1**

*Información de los participantes*

Tipo de jugador	Edad promedio (años)	Promedio de horas/semana de juego VJ-ETR	Promedio de horas/semana de juego otros VJ
JExp-ETR ( $n = 19$ )	25.84 (3.08)	12.58 (3.53)	3 (1.01)
No-ETR ( $n = 17$ )	25.82 (3.43)	0	2.50 (0.94)

*Nota.* Información de los participantes ( $N = 36$ ) sobre edad y horas de juego semanales dedicadas a videojuegos de estrategia en tiempo real (VJ-ETR) y a otros videojuegos (VJ), entre paréntesis junto a las medias están las desviaciones estándar. La información se presenta para jugadores expertos de VJ-ETR (JExp-ETR) y para no-jugadores de VJ-ETR (No-ETR).

**Batería cognitiva:** Para evaluar las diferencias que pudieran presentarse entre tipos de jugadores (JExp-ETR versus No-ETR), así como las horas dedicadas a jugar VJ, empleamos la prueba Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-IV), un instrumento psicométrico usado para la evaluación de la inteligencia a partir de cuatro grandes índices, obtenidos cada uno de un grupo de subpruebas que miden diferentes habilidades cognitivas específicas. Esta prueba ha sido estandarizada para México (Wechsler, 2013). La aplicación de las pruebas empleadas se realizó de acuerdo con Wechsler (2013). Para los objetivos de este trabajo seleccionamos las siguientes

subpruebas de dos de los principales índices que componen la prueba completa:

a) Índice de Memoria de Trabajo (IMT). De este índice empleamos repetición de dígitos y aritmética. Este índice es una puntuación compuesta de ambas subpruebas, el cual está diseñado para tener una media de 100 y una desviación estándar de 15 en población típica.

b) Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP). De este índice se empleó búsqueda de símbolos y codificación. Este índice es una puntuación compuesta de ambas pruebas, el cual está diseñado para tener una media de 100 y una desviación estándar 15 en población típica.



### *Descripción de las pruebas empleadas:* Índice de memoria de trabajo

1. Retención de dígitos. A cada participante le es leída una serie de números que debe repetir en el orden indicado previamente: directo, inverso o creciente. Cada serie aumenta un dígito repetido conforme progresa la prueba y el participante debe ser capaz de recordar los números o reordenarlos de acuerdo con la regla establecida. La prueba termina cuando el participante comete dos errores consecutivos en el mismo ítem en cada orden.

2. Aritmética. En esta prueba se le dicta a cada participante una serie de problemas aritméticos que debe resolver mentalmente. El participante cuenta con 30 segundos para contestar de manera acertada y lo más rápidamente posible. El reloj se detiene cuando el participante declara su respuesta, o cuando pasan 30 segundos. La prueba completa se interrumpe cuando el participante falla en dos ítems de la prueba de manera consecutiva.

*Índice de velocidad de procesamiento:* 1. Búsqueda de símbolos. En esta prueba, se le presentan dos símbolos a cada participante, quien debe decidir si alguno de ellos está presente en otro conjunto de símbolos.

Cada participante cuenta con 120 segundos para completar tantos símbolos como le sea posible. La prueba se detiene cuando el tiempo establecido ha transcurrido o si el participante termina de responder todos los ítems de la prueba.

2. Claves. Se le presenta al participante una hoja en la que hay una serie de números del 1 al 9 ordenados de manera aleatoria dentro de una matriz rectangular. Cada número tiene debajo una casilla en blanco. En la parte superior de la hoja se muestra la numeración del 1 al 9 y debajo de cada número se presenta un símbolo. El participante deberá dibujar el símbolo correspondiente a cada número dentro de la matriz. Cada número representa un ítem de la prueba. Se otorgan 120 segundos para contestar correctamente el mayor número de ítems. Esta prueba se detiene al término del tiempo establecido o si el participante contesta todos los ítems de la prueba.

*Tarea n-back:* Uno de los paradigmas más comunes para evaluar la MT es la tarea llamada *n-back* (Kirchner, 1958). En esta tarea, se les presenta a los participantes una secuencia de estímulos y la tarea consiste en decidir si cada estímulo es el mismo que ha sido presentado *n* estímulos antes. En el *n-back simple (1-back)*, se requiere que el

participante atiende a una serie de estímulos para que decida si el estímulo actual es el mismo que el presentado anteriormente. En la tarea 2-back, los participantes tienen que decidir si el estímulo presentado es el mismo que el estímulo presentado dos estímulos antes y así sucesivamente. Aunque la tarea *n*-back requiere una gran variedad de procesos cognitivos, ha sido validada como una tarea para evaluar MT debido a que requiere del mantenimiento y continua actualización del procesamiento de información (Gajewski et al., 2018).

En este estudio, se presentó a los participantes la tarea *n*-back en formato computarizado, utilizando una versión modificada de la contenida en el software de código abierto "The Psychology Experiment Building Language" (PEBL) versión 0.14 para sistemas operativos Windows (Mueller, 2014), siendo la original una tarea *n*-back dual (Jaeggi et al., 2008), y la versión final modificada utilizada fue una tarea *n*-back visuoespacial. La tarea consistió en la presentación de cuadros blancos que aparecían y desaparecían aleatoriamente dentro de una matriz de 3x3 casillas durante 3000 milisegundos. Se realizaron 21 ensayos por ronda. Cada participante cumplió un total de 3 rondas: 1-back, 2-back y 3-back. Los participantes

indicaron si el estímulo correspondía al presentado *n* veces atrás presionando la tecla 'shift' derecha del teclado con su dedo índice derecho antes de que el estímulo desapareciera. La tarea se administró en una sola sesión de forma individual. Al principio hubo una fase de familiarización antes de la prueba para que los participantes pudieran entender la dinámica de la tarea. Las respuestas de los participantes pueden clasificarse en: 1) hits: cuando los participantes indicaron que el estímulo a evaluar correspondía al presentado *n* veces atrás y acertaron; 2) falsas alarmas: cuando los participantes indicaron que el estímulo a evaluar correspondía al presentado *n* veces atrás y fallaron; 3) rechazos correctos: cuando los participantes no indicaron que el estímulo a evaluar correspondía al presentado *n* veces atrás y acertaron, y 4) omisiones: cuando los participantes no indicaron que el estímulo a evaluar correspondía al presentado *n* veces atrás y fallaron. Con estos datos se obtiene la precisión, definida como la suma de hits más rechazos correctos. La precisión fue empleada en porcentaje en los análisis estadísticos (ver análisis de resultados).

*Procedimiento:* Cada participante acudió a una sesión única en la que se administraron

las pruebas siguientes: 1) Las subescalas seleccionadas del WAIS-IV, y 2) tarea *n*-back. Al principio de cada sesión se solicitó a los participantes que leyeran y firmaran un consentimiento informado y de protección de datos personales. Posteriormente, se procedió a la aplicación de las subpruebas en el siguiente orden: Dígitos, Aritmética, Búsqueda de Símbolos y Claves. Posteriormente se aplicó la tarea computarizada *n*-back. La duración promedio de la aplicación de todas las tareas fue de 60 minutos. Al final de las pruebas, a cada participante se le proporcionó una paleta de caramelo como agradecimiento por su tiempo y participación.

*Materiales y equipo empleados:* Para la prueba WAIS-IV se utilizaron los materiales de aplicación de la prueba (manual de aplicación, láminas y hojas de respuesta), lápiz y goma. Para la prueba *n*-back computarizada se utilizó una PC portátil HP 14-af116la, con una Unidad de Procesamiento Acelerado (APU) AMD A8-7410 de cuatro núcleos a 2,2 GHz con gráficos integrados Radeon R5 a 2Gb, 6Gb en RAM, pantalla WLED de alta definición de 14 pulgadas a una resolución de 1366\*768 px, disco duro a 5400RPM, sistema operativo Windows 10 Home y

controladores actualizados hasta la fecha del estudio. Se colocó a los participantes a 30 cm de distancia de la pantalla. Para la curaduría de datos se utilizó Microsoft Excel 2016, y para el análisis estadístico utilizamos el paquete estadístico SPSS 25 para Windows.

*Análisis de datos:* a) Comparación de IMT, IVP y desempeño en el *n*-back entre JExp-ETR y No-ETR. Para determinar las diferencias entre JExp-ETR y No-ETR, realizamos una comparación entre las siguientes variables: 1) IMT, 2) IVP, 3) precisión en 1-back, 2-back y 3-back, 4) precisión total conjunta de los tres tipos de *n*-back. Debido al número de participantes, y tomando en cuenta que los datos obtenidos de las variables cumplen el criterio de esfericidad para realizar estadística paramétrica, pero que los datos de algunas de las variables no cumplen el criterio de normalidad, se realizaron análisis no paramétricos. Por lo tanto, se empleó la U de Mann-Whitney (Zar, 2010) para encontrar las diferencias entre los dos grupos, JExp-ETR y No-ETR, para las variables de interés antes mencionadas.

b) Comparación entre subgrupos de JExp-ETR por horas de juego a la semana. Asimismo, puesto que también consideramos que dentro de los mismos

jugadores expertos podrían encontrarse diferencias relacionadas con el tiempo que dedican a jugar VJ-ETR, los jugadores expertos fueron divididos en dos subgrupos a partir de la mediana: 1) JExp-ETR pocas horas: juegan de 7 a 11 horas a la semana, y 2) JExp-ETR muchas horas: juegan de 12 a 20 horas a la semana. Empleamos pruebas U de Mann-Whitney para comparar el IMT, el IVP, la precisión total conjunta de los tres tipos de *n*-back, la precisión en 1-back, la precisión en 2-back y la precisión en 3-back entre ambos subgrupos de JExp-ETR.

c) Análisis del desempeño en la tarea *n*-back conforme aumenta la dificultad. Para analizar si la progresión en el *n*-back (es decir, cuando los participantes pasan de 1-back a 2-back y a 3-back) es más difícil para los JExp-ETR que para los No-ETR, nos interesó determinar si los resultados en precisión para cada tipo de *n*-back (1, 2 y 3) de cada grupo difieren significativamente. Es decir, para JExp-ETR quisimos determinar si su desempeño en 1-back es diferente de su desempeño en 2-back y 3-back y así sucesivamente para cada tipo de *n*-back, y de igual manera para los No-ETR. Para ello, realizamos una prueba de Friedman (Zar, 2010) para cada grupo de jugadores (JExp-ETR y No-ETR) para comparar la ejecución intragrupo de los participantes a medida que la dificultad en

*n*-back aumentó, y se realizaron pruebas post hoc utilizando la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon para determinar las diferencias específicas entre 1-back, 2-back y 3-back para cada grupo.

## Resultados

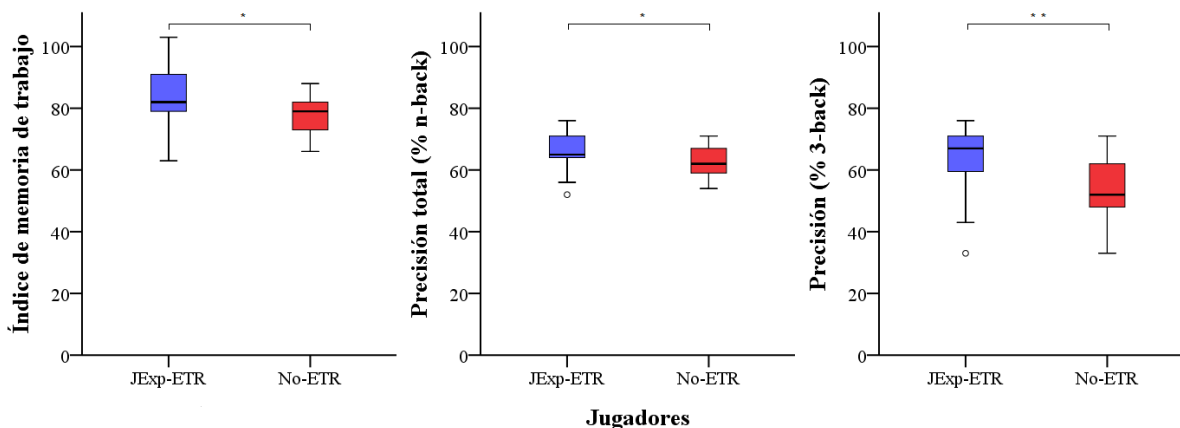
*Efectos por tipo de jugador:* Para determinar si los JExp-ETR tienen un mejor desempeño en MT y en velocidad de procesamiento que los No-ETR, comparamos sus respectivos IMT, IVP y precisión de la tarea *n*-back (1-back, 2-back, 3-back), así como la precisión total conjunta en esta tarea. Los resultados de la U de Mann-Whitney mostraron que existen diferencias significativas en IMT, en la precisión total conjunta en todos los tipos de *n*-back y en la precisión en 3-back entre JExp-ETR y No-ETR. En IMT (Figura 1, panel izquierdo) los JExp-ETR (Mdn = 82) tienen significativamente mayores puntajes que los No-ETR (Mdn = 79;  $U = 83.50, p = 0.013$ ). Pero no hubo diferencias significativas en los puntajes de IVP (ver tabla 2). Para el caso de la precisión total conjunta de los tres tipos de *n*-back (Figura 1, panel central), los resultados del análisis de Mann-Whitney mostraron que los JExp-ETR tienen un mejor precisión (Mdn = 65%) que los No-ETR (Mdn = 62%;  $U = 98, p = 0.043$ ). Finalmente, la misma prueba no detectó diferencias significativas al comparar

precisión en las tareas 1-back y 2-back entre JExp-ETR y No-ETR (ver tabla 2). Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos para el 3-back (Figura 1, panel

derecho), encontramos que los JExp-ETR mostraron mejor precisión (Mdn = 67%) que los No-ETR (Mdn = 52%;  $U = 78$ ,  $p = 0.008$ ).

### Figura 1

*Diferencias significativas entre JExp-ETR y No-ETR*



*Nota.* Las gráficas muestran las diferencias significativas entre jugadores expertos de videojuegos de estrategia en tiempo real (JExp-ETR) en cajas azules y no jugadores de videojuegos de estrategia en tiempo real (No-ETR) en cajas rojas, para el índice de memoria de trabajo (panel izquierdo), la precisión total conjunta en porcentaje de los tres tipos de  $n$ -back (panel intermedio) y la precisión en porcentaje en 3-back (panel derecho). Las barras de las gráficas marcan las medianas, así como los valores máximos y mínimos obtenidos. Las diferencias fueron calculadas mediante pruebas U de Mann-Whitney \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

**Tabla 2**

*Comparaciones de las variables estudiadas entre JExp-ETR y No-ETR*

Pruebas	JExp-ETR (n = 19) Mediana	No-ETR (n=17) Mediana	Estadístico	Significancia
<b>WAIS-IV</b>				
IMT*	82	79	$U = 83.50$	$p = 0.013$
IVP	100	97	$U = 120$	$p = 0.185$
<b>TAREA N-BACK</b>				
Precisión 1-back	71%	71%	$U = 149.50$	$p = 0.693$
Precisión 2-back	67%	67%	$U = 130$	$p = 0.309$
Precisión 3-back**	67%	52%	$U = 78$	$p = 0.008$
Precisión total*	65%	62%	$U = 98$	$p = 0.043$

*Nota.* La tabla muestra los estadísticos de las comparaciones, realizadas mediante pruebas U de Mann-Whitney ( $N = 36$ ), entre jugadores expertos de videojuegos de estrategia en tiempo real (JExp-ETR) y no jugadores de videojuegos de estrategia en tiempo real (No-ETR) para las variables: índice de memoria de trabajo (IMT), índice de velocidad de procesamiento (IVP), precisión en porcentaje (Precisión %) en 1-back, Precisión % en 2-back, Precisión % en 3-back y Precisión % en total. Las diferencias significativas se indican con \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

*Efecto de las horas de juego en JExp-ETR:* Debido a que nos preguntamos si habría diferencias intragrupalas en los JExp-ETR, comparamos a aquellos que jugaban menos horas a la semana (JExp-ETR pocas horas: 7 a 11 horas,  $n = 9$ ) con aquellos que jugaban más horas a la semana (JExp-ETR muchas horas: 12 a 20 horas,  $n = 10$ ) en todas las variables estudiadas. Los JExp-ETR pocas horas estuvieron entre 21 y 30 años de edad ( $M = 24.89$  años,  $DE = 2.98$ ) y un promedio de horas de juego semanales de VJ-ETR de 9.78 ( $DE = 1.30$ ), mientras que los JExp-ETR

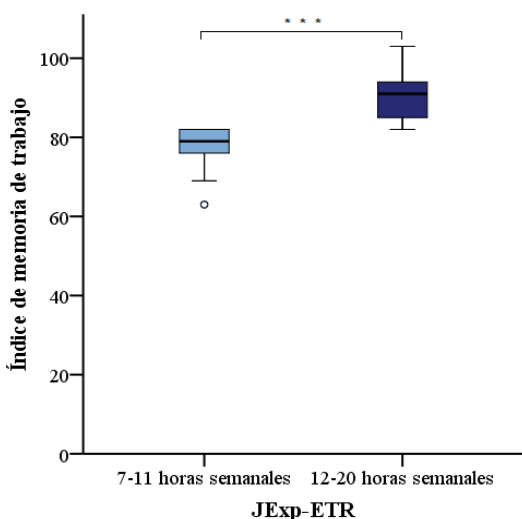
muchas horas tenían entre 22 y 30 años de edad ( $M = 26.70$  años,  $DE = 3.06$ ) y un promedio de horas de juego semanales de VJ-ETR de 15.10 ( $DE = 2.88$ ). Ambos subgrupos difirieron en sus tiempos de juego: los JExp-ETR muchas horas dedicaron significativamente más horas a jugar que los JExp-ETR pocas horas ( $t(17) = -5.08$ ,  $p < 0.001$ ). Los resultados de la prueba U de Mann-Whitney mostraron diferencias significativas en el IMT (ver Figura 2) entre JExp-ETR pocas horas ( $Mdn = 79$ ) y JExp-ETR muchas horas ( $Mdn = 91$ ;



$U = 1.50, p < 0.001$ ). No obstante, no se encontraron diferencias significativas en IVP entre JExp-ETR pocas horas (Mdn = 97) y JExp-ETR muchas horas (Mdn = 105;  $U = 27.50, p = 0.147$ ) ni en precisión total conjunta en la tarea  $n$ -back entre JExp-ETR pocas horas (Mdn = 65%) y JExp-ETR muchas horas (Mdn = 66%;  $U = 44, p = 0.934$ ). Asimismo, tampoco encontramos diferencias en precisión en 1-back entre JExp-ETR pocas horas (Mdn = 71%) y JExp-ETR muchas horas (Mdn = 73.50%;  $U = 37.50, p = 0.528$ ), ni en 2-back entre JExp-ETR pocas horas (Mdn = 67%) y JExp-ETR muchas horas (Mdn = 69%;  $U = 37, p = 0.506$ ), ni en 3-back entre JExp-ETR pocas horas (Mdn = 67%) y JExp-ETR muchas horas (Mdn = 67%;  $U = 37.50, p = 0.534$ ).

## Figura 2

*Diferencia significativa en IMT entre JExp-ETR con distintas horas de juego semanales*



*Nota.* Gráfica de cajas en la que se muestra la diferencia en el IMT (índice de memoria de trabajo) entre JExp-ETR pocas horas, 7-11 horas semanales ( $n = 9$ ) y JExp-ETR muchas horas, 12-20 horas semanales ( $n = 10$ ). La diferencia es estadísticamente significativa ( $***p < 0.001$ ; prueba  $U$  de Mann-Whitney; ver texto). Las líneas dentro de las cajas marcan las medianas, y las barras muestran los valores máximos y mínimos obtenidos.

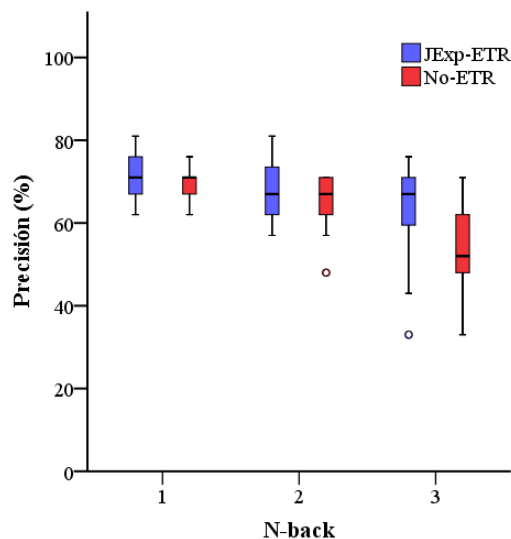
*Análisis del desempeño en la tarea  $n$ -back conforme aumenta la dificultad:* Para determinar si la progresión en dificultad en el  $n$ -back es más o menos difícil para JExp-ETR que para No-ETR, realizamos una comparación de la precisión entre los diferentes tipos de  $n$ -back para cada tipo de jugador. La hipótesis es que si los JExp-ETR son mejores en los diferentes tipos de  $n$ -back, las diferencias entre estos serán menores, mientras que en los No-ETR serán mayores conforme aumenta la dificultad de la tarea, es decir, conforme aumenta la  $n$  del  $n$ -back (Figura 3). Para probar esta hipótesis, llevamos a cabo una prueba no paramétrica de Friedman para comparar los tipos de  $n$ -back en cada grupo. Los resultados del análisis mostraron diferencias significativas en precisión entre los tipos de  $n$ -back para JExp-ETR ( $\chi^2 = 7.48, p = 0.024$ ) y también para los No-ETR ( $\chi^2 = 21.30, p < 0.001$ ).

El post hoc de Wilcoxon para comparaciones múltiples para los JExp-ETR mostró que no hay diferencias significativas en precisión entre 1-back ( $Mdn = 71\%$ ,  $n = 19$ ) y 2-Back ( $Mdn = 67\%$ ;  $n = 19$ ;  $Z = -1.55$ ,  $p = 0.120$ ); tampoco encontramos diferencias en precisión entre 2-back ( $Mdn = 67\%$ ;  $n = 19$ ) y 3-back ( $Mdn = 67\%$ ,  $n = 19$ ;  $Z = -1.86$ ,  $p = 0.063$ ). Sin embargo, los resultados de los análisis mostraron que los JExp-ETR sí tuvieron una mejor precisión en 1-back ( $Mdn = 71\%$ ;  $n = 19$ ) que en 3-back ( $Mdn = 67\%$ ,  $n = 19$ ;  $Z = -2.66$ ,  $p = 0.008$ ). Por su parte, los resultados de las comparaciones múltiples del post hoc de Wilcoxon para los No-ETR mostraron que fueron significativamente menos precisos en 2-Back ( $Mdn = 67\%$ ;  $n = 17$ ;  $Z = -2.48$ ,  $p = 0.013$ ) que en 1-back ( $Mdn = 71\%$ ,  $n = 17$ ). De igual forma, también encontramos que los No-ETR fueron significativamente menos precisos en 3-back ( $Mdn = 52\%$ ,  $n = 17$ ;  $Z = -3.14$ ,  $p = 0.002$ ) que en 2-back ( $Mdn = 67\%$ ;  $n = 17$ ). Finalmente, también fueron menos precisos en 3-back ( $Mdn = 52\%$ ,  $n = 17$ ;  $Z = -3.42$ ,  $p = 0.001$ ) que en 1-back ( $Mdn = 71\%$ ,  $n = 17$ ).

Tomados en conjunto, estos resultados muestran que, para los No-ETR, la tarea 3-back fue más difícil que la 2-back y que la 1-back, mientras que para los JExp-ETR su precisión disminuye sólo

ligeramente conforme la prueba progresa en dificultad hasta 3-back (Figura 3).

**Figura 3**  
*Precisión por tipo de n-back para JExp-ETR y No-ETR*



*Nota.* Diferencias analizadas mediante pruebas de los rangos con signos de Wilcoxon en la precisión de 1-back, 2-back y 3-back (1, 2 y 3 respectivamente en eje x) para jugadores expertos de videojuegos de estrategia en tiempo real (JExp-ETR) en azul y no jugadores de videojuegos de estrategia en tiempo real (No-ETR) en rojo. Las líneas dentro de las cajas marcan las medianas, y las barras marcan los valores máximos y mínimos obtenidos. Las diferencias para JExp-ETR ( $n = 19$ ) son significativas solo entre 1-back y 3-back ( $p < 0.01$ ); mientras que las diferencias para No-ETR ( $n = 17$ ) son significativas entre todos los n-back: 1-back y 2-back ( $p < 0.05$ ), 2-back y 3-back ( $p < 0.01$ ), 1-back y 3-back ( $p = 0.001$ ).



## Discusión

*Los JExp-ETR tienen mayor IMT que los No-ETR:* Los resultados del presente trabajo muestran que los JExp-ETR tienen puntajes significativamente más altos en el IMT que los No-ETR, quienes no juegan VJ-ETR. Esto sugiere que podría haber una asociación entre jugar VJ-ETR y la MT, como ha sido reportado en otros trabajos en los que se evaluó la MT por medio de tareas tales como la detección de cambios en no-jugadores después de un entrenamiento de 20 horas con VJ de acción o de ETR (Boot et al., 2008) o comparando jugadores con no-jugadores en una tarea de detección de cambios (Blacker & Curby, 2013; Blacker et al., 2014; Clark et al., 2011; Li et al., 2015; Yao et al., 2020) y en repetición de dígitos del WAIS (Toril et al., 2016). Otros estudios también han mostrado relación entre VJ de acción (como los VJ de francotiradores en primera persona) y MT por medio de tareas alternativas (Green & Bavelier, 2003, 2006; Colzato et al., 2013; Steenbergen et al., 2015). Los datos del presente trabajo, sugieren que jugar VJ-ETR por largo tiempo podría estar asociado con un mejor desempeño en la MT, como se ha sugerido para este género de VJ en otros estudios (Basak et al., 2008; Yao et al., 2020), ya que, al jugar VJ-ETR, los jugadores toman un papel activo planeando estrategias y

llevando a cabo los resultados deseados, procesos que reclutan la MT. No obstante que en este trabajo no se realizó un estudio que permitiera establecer causalidad, los resultados obtenidos en la comparación entre JExp-ETR muchas horas contra los JExp-ETR pocas horas (ver más adelante), sugieren que las horas dedicadas a jugar pueden tener un impacto en la mejora de la MT.

Durante el juego de ETR, los jugadores deben actualizarse según las condiciones, es decir, deben tener la capacidad de reemplazar información almacenada por nueva información, así como mantener la unidad almacenada de manera estable y que sea impenetrable a la distracción irrelevante del medio ambiente (Gajewski et al., 2018), funciones llevadas a cabo por la MT. Por lo tanto, de acuerdo con la perspectiva del entrenamiento cognitivo, la MT puede verse mejorada por medio de actividades o ejercicios dirigidos.

*No se encontraron diferencias significativas en el IVP entre JExp-ETR y No-ETR:* La velocidad de procesamiento tiene que ver con el inicio de una respuesta solicitada una vez que se presenta el estímulo acerca del cual se debe responder y, dadas las demandas de los VJ-ETR, cabe pensar que esta velocidad también pudiese ser

entrenada a través de este género de VJ. De hecho, se ha mostrado que la velocidad de procesamiento puede mejorar cuando se juegan VJ-ETR (por ejemplo, Colzato et al., 2013; Dale & Green, 2017; Moissala et al., 2017). A pesar de esto, nosotros no encontramos diferencias significativas entre JExp-ETR y No-ETR, ni entre JExp-ETR muchas horas y JExp-ETR pocas horas en IVP medido mediante el WAIS-IV. Es necesario considerar que los resultados en velocidad de procesamiento podrían diferir de acuerdo con las tareas que fueron empleadas para evaluarla en los diferentes estudios. Por ejemplo, Dale y Green (2017), emplearon los tiempos de reacción, la prueba de variables de atención y la tarea de detección de cambios. Esto es muy relevante, ya que estas tareas están relacionadas con la coordinación mano-ojo, muy importante cuando se juegan VJ de acción, por lo que podríamos incluir una tarea similar en estudios posteriores. Además, dado que la variación en los datos de ambos grupos es grande, es posible que el aumentar el tamaño de la muestra nos permita encontrar diferencias significativas y, por lo tanto, corroborar lo encontrado en estudios que sugieren que la velocidad de procesamiento sí se puede mejorar jugando VJ de acción y que también tiene consecuencias en el desempeño en la tarea

*n*-back (Colzato et al., 2013). Esto es crucial, ya que, el alto desempeño en *n*-back, parece correlacionar con altas evaluaciones de habilidades cognitivas generales obtenidas por medio del WAIS-IV (Gevins & Smith, 2000), con la atención (Aronen et al., 2005) y con otros procesos ejecutivos (Gajewski et al., 2018). Sin embargo, se ha observado que los jugadores de VJ de acción tienen mejores velocidades de procesamiento, pero no sacrifican precisión por ello (Dye et al., 2009). A pesar de lo anterior, también es primordial considerar que, aunque los VJ-ETR incluyen elementos de acción, su característica principal es la planeación de estrategias, por lo que difieren de los VJ de acción tales como los de disparos en primera persona, los cuales requieren de reacciones rápidas y que, además, se ha visto que pueden mejorar la MT, pero no el control inhibitorio (Colzato et al., 2013) como sí lo hacen los VJ-ETR (Bavelier & Green 2019).

*Jugar VJ-ETR mejora el desempeño en la tarea n-back:* En este trabajo, encontramos que los JExp-ETR son significativamente mejores que los No-ETR en la proporción de aciertos totales de los tres *n*-back (1-, 2- y 3-back) en conjunto y significativamente mejores en el 3-back cuando se compara por separado cada tipo de *n*-back. Esto es trascendental ya que, tanto para JExp-ETR

como para No-ETR, es más difícil acertar si el estímulo actual es el mismo que el presentado 3 estímulos antes, como puede verse en la Figura 3. Sin embargo, los JExp-ETR tienen un mejor desempeño conforme aumenta la dificultad de la tarea *n*-back, lo cual se aprecia claramente en el 3-back, en el que encontramos diferencias significativas entre ambos tipos de jugadores. Este mejor desempeño en *n*-back de los JExp-ETR también ha sido descrito al estudiar el efecto de los VJ de acción sobre la MT (Colzato et al., 2013; Toril et al., 2016). Es posible, como se ha sugerido (Fry & Hale, 2000) que, al haber una mejora en la MT, esto conlleve una mejora en la velocidad de procesamiento y en la inteligencia en general, por lo que podrían tener una mayor capacidad para aprender la realización de una tarea (en este caso, el *n*-back), ya que se ha sugerido que los VJ-ETR podrían tener efectos en la plasticidad cerebral y la capacidad para aprender (Bavelier et al., 2012). Esto podría significar que la aparente mayor capacidad de MT de los JExp-ETR no necesariamente esté relacionada con su mejor desempeño en el *n*-back, es decir, una mejora de dominio específico, sino con la mayor plasticidad cerebral general relacionada con habilidades perceptivas, atencionales de mantenimiento y actualización de

información, así como con la estrategia que se desea llevar a cabo y la toma de decisiones bajo presión, habilidades que son reclutadas mientras se juegan VJ-ETR (Bavelier & Green, 2019).

Estudios de entrenamiento han mostrado que 40 horas de entrenamiento con VJ-ETR conducen a un aumento significativo en la flexibilidad cognitiva debido, probablemente, al ajuste, a través de la experiencia de los VJ, de redes cerebrales distribuidas que subyacen a dicha flexibilidad (Glass et al., 2013). Tales efectos deben modificar sub-redes cerebrales, pero no regiones cerebrales únicas, como se ha demostrado para la modulación de la activación cerebral por entrenamiento de la MT (Finc et al., 2020; Hempel et al., 2004; Jolles et al., 2010; Olesen et al., 2004). Por ejemplo, se ha mostrado que, comparados con los no-jugadores, los expertos en VJ-ETR presentan más conexiones entre las áreas parietal y occipital, un circuito implicado en el procesamiento visuoespacial (Kowalczyk et al., 2017). En estudios de neuroimagen (fMRI) se ha mostrado que una mejora en la MT visual se correlaciona con la modulación de la actividad de la corteza frontoparietal (Moisala et al., 2017). Se ha sugerido que estos efectos se deben a una mayor integración entre la corteza

cingulada anterior, la ínsula anterior y la red central ejecutiva (Gong et al., 2016; Palaus et al., 2017), lo cual puede estar relacionado con la importancia del aprendizaje de habilidades y la adquisición de conocimiento a través del juego (Baddeley, 2007; Blacker & Curby, 2013). Esto se debe a que los jugadores de VJ-ETR no solo deben controlar las acciones que ocurren en la parte actualmente atendida del mapa (ver introducción), sino también deben mantener una representación de trabajo de otras áreas de mapa desatendidas (Kowalczyk et al., 2017).

*Jugadores expertos que juegan más horas VJ-ETR mejoran en IMT pero no en el desempeño en n-back:* Nuestros resultados muestran que los JExp-ETR tienen altos IMT comparados con los No-ETR, así como mejor desempeño en la tarea *n*-back en general, y 3-back en particular. Por lo tanto, esto sugiere que jugar VJ-ETR estimula la MT, debido a los procesos cognitivos reclutados en tareas que involucran la MT (aunque no únicamente), como el *n*-back. Sin embargo, cuando separamos a los JExp-ETR en dos grupos de acuerdo con las horas que dedican a jugar VJ-ETR (JExp-ETR pocas horas y JExp-ETR muchas horas), encontramos que hay diferencias significativas en cuanto al IMT pero no en relación a su desempeño en el *n*-back en

conjunto ni en el 1-back, 2-back o 3-back en particular ni en el IVP.

No obstante que el estudio se basó en encontrar diferencias entre JExp-ETR y No-ETR e incluso entre JExp-ETR muchas horas y JExp-ETR pocas horas y que el tamaño de muestra para esta última comparación es reducido y tiene limitaciones en sus conclusiones explicativas, las diferencias entre los jugadores de muchas horas y los de pocas horas podrían sugerir que las horas dedicadas a jugar VJ-ETR tienen un impacto en la MT. Se requieren más estudios para explorar estas diferencias. Aunque ambos subgrupos son considerados expertos, existen diferencias importantes en cuanto a la cantidad de horas que juegan VJ diariamente: los JExp-ETR pocas horas jugaron en promedio 9.78 horas semanalmente, mientras que los JExp-ETR muchas horas jugaron en promedio 15.10 horas a la semana. Consideramos que estos resultados son interesantes debido a la diferencia en IMT entre ambos subtipos de jugadores expertos. Sin embargo, también se esperaría que hubiera diferencias en el *n*-back.

Si bien la tarea *n*-back ha sido validada como una tarea estándar para evaluar la MT, recientemente se ha

debatido que (aunque incluya la MT) sea una tarea específica de la MT (Kane et al., 2007; Miller et al., 2009), debido principalmente a la cuestión de si el *n*-back es una tarea basada en procesos de dominio específico o general, y a la falta de comparaciones con otras tareas putativas de MT (Kane et al., 2007), sugiriendo que *n*-back y MT no reflejan un constructo unitario (Kane et al., 2007; Oberauer, 2005; Roberts & Gibson, 2002) como el IMT del WAIS, el cual ha sido diseñado como una tarea estandarizada para evaluar la MT. Sin embargo, otros autores consideran que la tarea *n*-back constituye una buena medida de la MT, a la cual consideran un sistema para construir, mantener y actualizar rápidamente asociaciones arbitrarias (Wilhelm et al., 2013). Por tanto, el *n*-back, como una tarea compleja, podría reflejar de mejor manera la MT como un sistema que involucra tanto procesos de almacenamiento, como de control que mantienen acceso a la información mientras se llevan a cabo actividades cognitivas complejas y secundarias (Kane et al., 2007), tal y como ocurre cuando se juegan VJ-ETR y en la vida real. Además, aunque podríamos especular que las horas dedicadas a jugar VJ-ETR en todos los expertos (que juegan pocas o muchas horas a la semana) los hace igualmente buenos

para tareas complejas como el *n*-back, sería necesario realizar otros estudios con un mayor número de participantes para determinar diferencias claras, así como estudios de entrenamiento para determinar efectos causales.

*Perspectivas y limitaciones del presente estudio:* En el presente trabajo encontramos que los JExp-ETR presentaron mayores índices de MT y que tienen mejor precisión en el *n*-back que los No-ETR. Además, también encontramos que los JExp-ETR que juegan más horas, comparados con los JExp-ETR que juegan menos horas, tienen mayor IMT, aunque no mayor precisión en *n*-back. Lo anterior, principalmente el desempeño en el *n*-back, puede sugerir que jugar VJ-ETR tiene efectos en la MT a través del proceso continuo de actualización de la MT y los procesos de atención. Además, jugar VJ-ETR, podría tener efectos positivos no solo en la capacidad de MT sino también, aunque de manera muy limitada, en otras funciones cognitivas ejecutivas como atención, actualización, control inhibitorio y, principalmente, funciones relacionadas con la motivación y el estado de alerta que permite a los jugadores mantenerse involucrados durante largos períodos (Bavelier & Green 2019).

Por lo tanto, a partir de los resultados del presente trabajo, aportamos evidencia que sustenta la noción general de que los jugadores expertos de VJ-ETR y, de entre estos los que dedican muchas horas de juego a la semana, tienen una mayor capacidad de MT. No obstante, es importante considerar que, a pesar de los resultados obtenidos en este trabajo, hay dos aspectos que deben ser considerados: 1) el número de participantes en el presente estudio (ver más adelante), y 2) nuestros resultados no muestran causalidad, sino principalmente diferencias significativas entre las variables más importantes, jugar VJ-ETR y MT. La asociación entre el IMT, desempeño en el *n*-back y jugar VJ no constituye evidencia causal acerca de que jugar VJ-ETR mejora sustancialmente las habilidades cognitivas estudiadas, ya que las diferencias observadas podrían ser explicadas como diferencias inherentes entre los dos tipos de participantes. Esto significa que podría haber factores genéticos, del desarrollo y/o experiencias particulares de aprendizaje previas al juego que puedan jugar un papel importante fortaleciendo funciones que podrían promover que estos individuos sean atraídos hacia los VJ, de manera que lo que parece un efecto de la práctica podría

ser un efecto de la autoselección (Colzato et al., 2013).

Consideramos que es importante profundizar en los resultados encontrados en el presente trabajo. Principalmente realizar un estudio con una muestra mayor de JExp-ETR muchas horas y JExp-ETR pocas horas para poder determinar si en efecto los jugadores que dedican más horas al VJ tienen mayor capacidad de MT, así como mejor desempeño en tareas que la involucran, como el *n*-back. No obstante que en el presente trabajo el número total de participantes fue de 36 (JExp-ETR = 19; No-ETR = 17) y que aumentando este número pudiésemos mejorar nuestros resultados, en diversos estudios el número de participantes es similar al del presente estudio: *n* = 37 en el estudio de Yao et al. (2020), *n* = 38 en el de Gan et al. (2020), *n* = 43 en el estudio de Boot et al. (2008), *n* = 30 en el trabajo de Ballesteros et al. (2017). Sin embargo, otros estudios han incluido un mayor número de participantes (Colzato et al., 2013; Moisala et al., 2017). Además, también sería necesario realizar un estudio que incluyera un diseño de entrenamiento por horas para determinar un efecto causal entre las horas dedicadas a jugar VJ-ETR y la capacidad de MT y otras funciones cognitivas de dominio específico y general e, incluso, los límites del entrenamiento.

Sin embargo, nuestros resultados, como aquellos de las investigaciones en las que se han evaluado los efectos de los VJ-ETR, son relevantes debido a que las diferencias en la capacidad de MT están relacionadas tanto con capacidades cognitivas generales como con flexibilidad cognitiva (Shipstead et al., 2016; Willis & Schaie, 2009). Considérese que se ha demostrado que la inteligencia fluida puede ser mejorada por medio del entrenamiento de la MT (Jaeggi et al., 2008). Aunque se ha mostrado que la práctica de una tarea y el entrenamiento cognitivo de dominio específico mejoran la ejecución de la tarea realizada y, aunque la literatura reciente sugiere que las habilidades de dominio específico no pueden ser transferidas para mejorar las habilidades cognitivas generales (Sala & Gobet, 2019), los VJ-ETR constituyen una opción interesante para la investigación de los efectos de la práctica en las habilidades cognitivas generales debido a la creciente evidencia relacionada con el mejor desempeño que los jugadores de VJ tienen sobre los no-jugadores en diferentes tareas cognitivas incluso más allá de los VJ (Bavelier et al., 2012; Green & Bavelier, 2015). Esto, probablemente se deba a la habilidad de los cerebros para aprender y modificar profundas estructuras neurales que subyacen a la misma habilidad de

aprender (Lillard & Erisir, 2011), o, como se le ha llamado, la capacidad de aprender a aprender (Bavelier et al., 2012; Zhang et al., 2021). Hay dos factores que deben ser considerados cuando evaluamos los efectos cognitivos de los VJ: a) la recompensa que estimula el comportamiento motivado, ya que juega un papel directo en el aprendizaje, y b) la atención como la vía para seleccionar información relevante de la tarea que se realiza, así como la supresión de información irrelevante relacionada con la misma tarea (ver Dale & Green, 2017), aspectos en los que se debe profundizar al estudiar los efectos de los VJ-ETR y su relación con la MT. Con estos efectos, los jugadores de VJ, en lugar de tener como resultado beneficios inmediatos sobre nuevas tareas, tendrían la habilidad de aprender más rápida y efectivamente a realizar nuevas tareas (Green & Bavelier, 2015), tal y como puede observarse en nuestros datos sobre la tarea *n*-back cuando comparamos el mejor desempeño de los JExp-ETR sobre los No-ETR conforme la tarea se hace más difícil. Esta habilidad podría emerger de la activación de diversos mecanismos que interactúan cuando los individuos juegan VJ, por ejemplo, un aumento en el control atencional que permite una más eficiente supresión de fuentes de ruido o distracción y un

procesamiento de información relevante más eficiente (Green & Bavelier, 2015). De cualquier manera, analizar los efectos cognitivos de tareas tan complejas como jugar VJ-ETR debe incluir aproximaciones integrativas que nos permitan evaluar los efectos sistémicos tanto en recursos cognitivos como en las redes neurales involucradas para evaluar los efectos del entrenamiento cognitivo (Taya et al., 2015).

Tomando en cuenta lo anterior, uno de los resultados más relevantes e importantes de la investigación de los efectos cognitivos de los VJ, no solo sería la mejora en el desempeño general de sus usuarios, ya que ésta termina por alcanzar niveles asintóticos (Bejjanki et al., 2014; Gozli et al., 2014), sino también una mejora en aplicaciones prácticas como en la educación, mejorando la MT, las capacidades ejecutivas (Homer et al., 2018) y la inteligencia fluida (Jaeggi et al., 2008; Au et al., 2015), en la rehabilitación o en la terapia cognitivo-conductual para el tratamiento de trastornos o desórdenes particulares, aspectos no evaluados en este trabajo, pero que habitualmente son discutidos al estudiar los efectos de los VJ en la cognición.

**Agradecimientos:** Al Dr. Héctor Solís-Chagoyán y a los revisores anónimos por

sus invaluable comentarios para la mejora sustancial de este trabajo.

## Referencias

- Adachi, P. J. C., & Willoughby, T. (2013). More Than Just Fun and Games: The Longitudinal Relationships Between Strategic Video Games, Self-Reported Problem Solving Skills, and Academic Grades. *Journal of Youth and Adolescence*, 42(7), 1041–1052. <https://doi.org/10.1007/s10964-013-9913-9>
- Adam, K. C. S., & Serences, J. T. (2019). Working memory: Flexible but finite. *Neuron*, 103(2), 184–185. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.06.025>
- Aronen, E. T., Vuontela, V., Steenari, M. R., Salmi, J., & Carlson, S. (2005). Working memory, psychiatric symptoms, and academic performance at school. *Neurobiology of Learning and Memory*, 83(1), 33–42. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2004.06.010>
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G. J., Buschkuhl, M., & Jaeggi, S. M. (2015). Improving fluid intelligence with training on working memory: a meta-



- analysis. *Psychonomic Bulletin and Review*, 22(2), 366–377. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0699-x>
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4(10), 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. (2007). *Working memory, thought and action*. Oxford University Press.
- Ballesteros, S., Mayas, J., Prieto, A., Ruiz-Marquez, E., Toril, P., & Reales, J. M. (2017). Effects of video game training on measures of selective attention and working memory in older adults: results from a randomized controlled trial. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 9, 354. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2017.00354>
- Barr, M. (2017). Video games can develop graduate skills in higher education students: A randomised trial. *Computers and Education*, 113, 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.016>
- Basak, C., Boot, W. R., Voss, M. W., & Kramer, A. F. (2008). Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychology and Aging*, 23(4), 765.
- Bavelier, D., & Green, C. S. (2019). Enhancing attentional control: Lessons from action video games. *Neuron*, 104(1), 147–163. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.09.031>
- Bavelier, D., Green, C. S., Pouget, A., & Schrater, P. (2012). Brain plasticity through the life span: Learning to learn and action video games. *Annual Review of Neuroscience* 35, 391–416. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-060909-152832>
- Bejjanki, V. R., Zhang, R., Li, R., Pouget, A., Green, C. S., Lu, Z. L., & Bavelier, D. (2014). Action video game play facilitates the development of better perceptual templates. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(47), 16961–16966. <https://doi.org/10.1073/pnas.1417056111>

- Blacker, K. J., & Curby, K. M. (2013). Enhanced visual short-term memory in action video game players. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 75(6), 1128–1136. <https://doi.org/10.3758/s13414-013-0487-0>
- Blacker, K. J., Curby, K. M., Klobusicky, E., & Chein, J. M. (2014). Effects of action video game training on visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(5), 1992–2004. <https://doi.org/10.1037/a0037556>
- Boot, W. R., Kramer, A. F., Simons, D. J., Fabiani, M., & Gratton, G. (2008). The effects of video game playing on attention, memory, and executive control. *Acta Psychologica*, 129(3), 387–398. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2008.09.005>
- Bouchacourt, F., & Buschman, T. J. (2019). A Flexible Model of Working Memory. *Neuron*, 103(1), 147–160.e8. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.04.020>
- Choi, E., Shin, S. H., Ryu, J. K., Jung, K. I., Kim, S. Y., & Park, M. H. (2020). Commercial video games and cognitive functions: Video game genres and modulating factors of cognitive enhancement. *Behavioral and Brain Functions*, 16(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s12993-020-0165-z>
- Clark, K., Fleck, M. S., & Mitroff, S. R. (2011). Enhanced change detection performance reveals improved strategy use in avid action video game players. *Acta Psychologica*, 136(1), 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.10.003>
- Colzato, L. S., van den Wildenberg, W. P. M., Zmigrod, S., & Hommel, B. (2013). Action video gaming and cognitive control: Playing first person shooter games is associated with improvement in working memory but not action inhibition. *Psychological Research*, 77(2), 234–239. <https://doi.org/10.1007/s00426-012-0415-2>

- Dale, G., & Green, C. S. (2017). Associations between avid action and real-time strategy game play and cognitive performance: a pilot study. *Journal of Cognitive Enhancement*, 1(3), 295–317. <https://doi.org/10.1007/s41465-017-0021-8>
- Dye, M. W., Green, C. S., & Bavelier, D. (2009). Increasing speed of processing with action video games. *Current Directions in Psychological Science*, 18(6), 321-326. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01660.x>
- Finc, K., Bonna, K., He, X., Lydon-Staley, D. M., Kühn, S., Duch, W., & Bassett, D. S. (2020). Dynamic reconfiguration of functional brain networks during working memory training. *Nature Communications*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15631-z>
- Fry, A. F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 54(1-3), 1-34. [https://doi.org/10.1016/S0301-0511\(00\)00051-X](https://doi.org/10.1016/S0301-0511(00)00051-X)
- Gajewski, P. D., Hanisch, E., Falkenstein, M., Thönes, S., & Wascher, E. (2018). What does the *n*-back task measure as we get older? Relations between working-memory measures and other cognitive functions across the lifespan. *Frontiers in Psychology*, 9, 2208. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02208>
- Gan, X., Yao, Y., Liu, H., Zong, X., Cui, R., Qiu, N., Xie, J., Jiang, D., Ying, S., Tang, X., Dong, L., Gong, D., Ma, W., & Liu, T. (2020). Action real-time strategy gaming experience related to increased attentional resources: an attentional blink study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 101. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00101>
- Gee, J. P. (2003). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Palgrave Macmillan.
- Gevens, A., & Smith, M. E. (2000). Neurophysiological measures of working memory and individual differences in cognitive ability and cognitive style. *Cerebral Cortex*, 10(9), 829-839. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.9.829>

- Glass, B. D., Maddox, W. T., & Love, B. C. (2013). Real-Time Strategy Game Training: Emergence of a Cognitive Flexibility Trait. *PLoS ONE*, *8*(8), 70350. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070350>
- Gong, D., He, H., Ma, W., Liu, D., Huang, M., Dong, L., Gong, J., Li, J., Luo, C., & Yao, D. (2016). Functional Integration between Salience and Central Executive Networks: A Role for Action Video Game Experience. *Neural Plasticity*, *2016*. <https://doi.org/10.1155/2016/9803165>
- Gozli, D. G., Bavelier, D., & Pratt, J. (2014). The effect of action video game playing on sensorimotor learning: Evidence from a movement tracking task. *Human Movement Science*, *38*, 152-162. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2014.09.004>
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, *423*(6939), 534-537. doi: 10.1038/nature01647
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2006). Enumeration versus multiple object tracking: the case of action video game players. *Cognition*, *101*(1), 217-245. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.10.004>
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Action-video-game experience alters the spatial resolution of vision: Research article. *Psychological Science*, *18*(1), 88-94. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01853.x>
- Green, C. S., & Bavelier, D. (2015). Action video game training for cognitive enhancement. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *4*, 103-108. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.04.012>
- Hempel, A., Giesel, F. L., Garcia Caraballo, N. M., Amann, M., Meyer, H., Wüstenberg, T., Essig, M., & Schröder, J. (2004). Plasticity of Cortical Activation Related to Working Memory during Training. *American Journal of Psychiatry*, *161*(4), 745-747. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.4.745>
- Homer, B. D., Plass, J. L., Raffaele, C., Ober, T. M., & Ali, A. (2018). Improving high school students' executive functions through digital game play. *Computers & Education*, *117*, 50-58.

- <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.09.011>
- Huang, V., Young, M., & Fiocco, A. J. (2017). The Association between Video Game Play and Cognitive Function: Does Gaming Platform Matter? *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 20(11), 689–694. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0241>
- Jaeggi, S. M., Perrig, W. J., Jonides, J., & Buschkuhl, M. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Science*, 105, 6829–6833. <https://doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.0801268105>
- Jolles, D. D., Grol, M. J., Van Buchem, M. A., Rombouts, S. A. R. B., & Crone, E. A. (2010). Practice effects in the brain: Changes in cerebral activation after working memory practice depend on task demands. *NeuroImage*, 52(2), 658–668. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2010.04.028>
- Kane, M. J., Conway, A. R., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task: a question of construct validity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(3), 615–622. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.3.615>
- Kirchner, W. K. (1958). Age differences in short-term retention of rapidly changing information. *Journal of Experimental Psychology*, 55(4), 352–358. <https://doi.org/10.1037/h0043688>
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7), 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.05.002>
- Kowalczyk, N., Shi, F., Magnuski, M., Skorko, M., Dobrowolski, P., Kossowski, B., Marchewka, A., Bielecki, M., Kossut, M., & Brzezicka, A. (2017). Real-time strategy video game experience and structural connectivity – A diffusion tensor imaging study. *Human Brain Mapping*, 39(9), 3742–3758. <https://doi.org/10.1002/hbm.24208>
- Kühn, S., Gallinat, J., & Mascherek, A. (2019). Effects of computer gaming on cognition, brain structure, and function: A critical reflection on existing literature. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 21(3), 319–330.

- <https://doi.org/10.31887/DCNS.2019.21.3/skuehn>
- Li, X., Cheng, X., Li, J., Pan, Y., Hu, Y., & Ku, Y. (2015). Examination of mechanisms underlying enhanced memory performance in action video game players: a pilot study. *Frontiers in Psychology*, 6, 843. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00843>
- Lillard, A. S., & Erisir, A. (2011). Old dogs learning new tricks: Neuroplasticity beyond the juvenile period. *Developmental Review*, 31, 207–239. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2011.07.008>
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, 391–400. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.006>
- Malinovitch, T., Jakoby, H., & Ahissar, M. (2021). Training-induced improvement in working memory tasks results from switching to efficient strategies. *Psychonomic Bulletin and Review*, 28(2), 526–536. <https://doi.org/10.3758/s13423-020-01824-6>
- Miller, K. M., Price, C. C., Okun, M. S., Montijo, H., & Bowers, D. Is the *n*-back task a Valid neuropsychological measure for assessing working memory? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 24, 711–717. <https://doi.org/10.1093/arclin/acp063>
- Moisala, M., Salmela, V., Hietajärvi, L., Carlson, S., Vuontela, V., Lonka, K., Hakkarainen, K., Salmela-Aro, K., & Alho, K. (2017). Gaming is related to enhanced working memory performance and task-related cortical activity. *Brain Research*, 1655, 204–215. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.10.027>
- Mueller, S. T. (2014). *PEBL: The psychology experiment building language (Version 0.14)[Computer experiment programming language]*. <https://doi.org/10.1007/s00761-001-0265-9>
- Oberauer, K. (2005). Binding and inhibition in working memory: individual and age differences in short-term recognition. *Journal of Experimental Psychology:*

- General*, 134(3), 368.  
<https://doi.org/10.1037/0096-3445.134.3.368>
- Oei, A. C., & Patterson, M. D. (2013). Enhancing cognition with video games: A multiple game training study. *PLoS ONE*, 8(3), e58546.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058546>
- Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7(1), 75–79.  
<https://doi.org/10.1038/nn1165>
- Palaus, M., Marron, E. M., Viejo-Sobera, R., & Redolar-Ripoll, D. (2017). Neural basis of video gaming: A systematic review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 248.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00248>
- Roberts, R., & Gibson, E. (2002). Individual differences in sentence memory. *Journal of Psycholinguistic Research*, 31(6), 573-598.  
<https://doi.org/10.1023/A:1021213004302>
- Sala, G., & Gobet, F. (2019). Cognitive training does not enhance general cognition. *Trends in Cognitive Sciences*, 23, 9–20).  
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.10.004>
- Shipstead, Z., Harrison, T. L., & Engle, R. W. (2016). Working memory capacity and fluid intelligence: Maintenance and disengagement. *Perspectives on Psychological Science*, 11(6), 771-799.  
<https://doi.org/10.1177/1745691616650647>
- Simmering, V. R., & Perone, S. (2013). Working memory capacity as a dynamic process. *Frontiers in Psychology*, 3, 567.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00567>
- Soveri, A., Antfolk, J., Karlsson, L., Salo, B., & Laine, M. (2017). Working memory training revisited: A multi-level meta-analysis of n-back training studies. *Psychonomic Bulletin and Review*, 24(4), 1077–1096.  
<https://doi.org/10.3758/s13423-016-1217-0>
- Steenbergen, L., Sellaro, R., Stock, A. K., Beste, C., & Colzato, L. S. (2015). Action video gaming and cognitive control:

- playing first person shooter games is associated with improved action cascading but not inhibition. *PLoS ONE*, *10*(12), e0144364. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144364>
- Tang, H., Qi, X. L., Riley, M. R., & Constantinidis, C. (2019). Working memory capacity is enhanced by distributed prefrontal activation and invariant temporal dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *116*(14), 7095–7100. <https://doi.org/10.1073/pnas.1817278116>
- Taya, F., Sun, Y., Babiioni, F., Thakor, N., & Bezerianos, A. (2015). Brain enhancement through cognitive training: A new insight from brain connectome. *Frontiers in Systems Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00044>
- Toril, P., Reales, J. M., Mayas, J., & Ballesteros, S. (2016). Video game training enhances visuospatial working memory and episodic memory in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, *10*, 206. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00206>
- Vogel, E. K., McCollough, A. W., & Machizawa, M. G. (2005). Neural measures reveal individual differences in controlling access to working memory. *Nature*, *438*(7067), 500–503. <https://doi.org/10.1038/nature04171>
- Waris, O., Jaeggi, S. M., Seitz, A. R., Lehtonen, M., Soveri, A., Lukasik, K. M., Söderström, U., Hoffing, R. A. C., & Laine, M. (2019). Video gaming and working memory: A large-scale cross-sectional correlative study. *Computers in Human Behavior*, *97*, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.03.005>
- Wechsler, D. (2013). *Escala Wechsler de Inteligencia para Adultos IV*. Manual Moderno.
- Wilhelm, O., Hildebrandt, A. H., & Oberauer, K. (2013). What is working memory capacity, and how can we measure it?. *Frontiers in Psychology*, *4*, 433. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00433>



- Willis, S. L., & Schaie, K. W. (2009). Cognitive training and plasticity: theoretical perspective and methodological consequences. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 27(5), 375-389. <https://doi.org/10.3233/RNN-2009-0527>
- Wilms, I. L., Petersen, A., & Vangkilde, S. (2013). Intensive video gaming improves encoding speed to visual short-term memory in young male adults. *Acta Psychologica*, 142(1), 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2012.11.003>
- Yao, Y., Cui, R., Li, Y., Zeng, L., Jiang, J., Qiu, N., Dong, L., Gong, D., Yan, G., Ma, W., & Liu, T. (2020). Action Real-Time Strategy Gaming Experience Related to Enhanced Capacity of Visual Working Memory. *Frontiers in Human Neuroscience*, 14, 333. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2020.00333>
- Zhang, Y., Song, H., Liu, X., Tang, D., Chen, Y. E., & Zhang, X. (2017). Language learning enhanced by massive multiple online role-playing games (MMORPGs) and the underlying behavioral and neural mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 95. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00095>
- Zhang, R. Y., Chopin, A., Shibata, K., Lu, Z. L., Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Shawn Green, C., & Bavelier, D. (2021). Action video game play facilitates “learning to learn”. *Communications Biology*, 4(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02652-7>
- Zar, J.H. (2010). *Biostatistical analysis*. Pearson.