



Universidad Católica De Cuyo

Facultad De Filosofía Y Humanidades

Licenciatura En Psicología

**ENTRENAMIENTO COGNITIVO CON 2D-MOT Y SU IMPACTO
EN LA ATENCIÓN, MEMORIA DE TRABAJO Y VELOCIDAD DE
PROCESAMIENTO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**

Trabajo Integrador Final

Maria Paz Fernandez Castilla

San Juan

Diciembre 2025



Universidad Católica De Cuyo

Facultad De Filosofía Y Humanidades

Licenciatura En Psicología

Instituto De Investigaciones En Psicología Básica Y Aplicada (I.I.P.B.A)

Línea: Neurociencias Cognitivas y Neuropsicología

**ENTRENAMIENTO COGNITIVO CON 2D-MOT Y SU IMPACTO
EN LA ATENCIÓN, MEMORIA DE TRABAJO Y VELOCIDAD DE
PROCESAMIENTO EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS**

Trabajo Final Integrador

Autora: Maria Paz Fernandez Castilla

Directora: Lic. Florencia Portillo. Co-directora: Lic. Paula Arellano.

Diciembre 2025

Agradecimientos

A mi directora y co directora, Flor y Paula, por toda su dedicación y calidez al guiarme en este proceso.

A Diana Bruno, por darme el espacio y guiarme sobre todo al inicio de este proyecto.

Al IIPBA y todo su equipo, por estar siempre a disposición para brindar ayuda.

A Pablo Diez, Agustina Kenan y Carla Retamar, miembros del Instituto de Bioingeniería de la UNSJ, cuyo compromiso posibilitó la realización de este trabajo.

A mi familia, por alentarme y apoyarme de forma incondicional para buscar y seguir mi vocación.

A mi novio, por ser un sostén, sobre todo en los momentos difíciles.

A mis amigas, por la alegría y pasión que contagian; y por hacer memorable esta etapa facultativa.

Y a Dios que me regala a esta gente y la oportunidad de seguir esta hermosa profesión.

Índice de Contenido

Resumen.....	10
Abstract.....	11
1. INTRODUCCIÓN.....	12
2. MARCO TEÓRICO.....	15
2.1. Neurociencias y Neuropsicología.....	15
2.2. Implicancia de las neurociencias en el ámbito educativo.....	17
2.3. Funciones Cognitivas.....	19
2.3.1. Atención.....	19
2.3.2. Funciones Ejecutivas.....	23
Memoria de Trabajo.....	25
Velocidad de Procesamiento.....	28
2.4. Potenciación Cognitiva y Entrenamiento Cognitivo.....	30
2.4.1. Paradigma Multiple Object Tracking (MOT).....	33
2.4.2. NeuroTracker.....	35
2.4.3. Características Perceptuales de la Tarea MOT.....	38
2.4.4. La Transferencia Como Criterio de Validez de los Programas de Entrenamiento Cognitivo.....	41
2.5. Antecedentes.....	43
2.5.1. Evidencia Sobre Entrenamiento MOT en otras poblaciones.....	44
2.5.2. Entrenamiento Cognitivo en Estudiantes Universitarios.....	46
2.5.3. Principales Críticas o Límites Del Entrenamiento Cognitivo: ¿Tiene Efectos Reales o Solo Mejora en la Tarea Entrenada?.....	50
2.5.4. Brecha en la Literatura y Justificación.....	52
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	56
3.1. Objetivos, hipótesis y variables.....	56
3.1.1. Objetivo general.....	56
3.1.2. Objetivos Específicos.....	56
3.1.3. Hipótesis.....	56
3.1.4. Variables.....	57
3.2. Diseño.....	58
3.3. Participantes.....	58
3.3.1. Criterios de elegibilidad.....	59

3.4. Procedimiento.....	60
3.4.1. Aspectos Éticos.....	64
3.5. Instrumentos.....	65
3.5.1. Evaluación Neuropsicológica.....	65
3.5.2. Programas utilizados.....	67
Programa para Grupo Experimental.....	68
Programa para Grupo Control.....	69
3.6. Análisis de datos.....	70
4. RESULTADOS.....	71
4.1. Análisis descriptivo de la muestra.....	71
4.2. Análisis Comparativo Inter e Intragrupal Del Rendimiento En Las Pruebas Cognitivas.....	73
4.2.1. Comparación intragrupal de los puntajes pre y post entrenamiento de la pruebas cognitivas.....	73
Atención.....	73
Memoria de trabajo.....	76
Velocidad de procesamiento.....	78
4.2.2. Comparación Intergrupal de los resultados de las pruebas cognitivas en fases de pre y post entrenamiento.....	79
4.3. Análisis Comparativo Inter e Intragrupal Del Rendimiento En La Tarea 2D MOT....	83
4.3.1. Comparación intragrupal de los puntajes pre y post entrenamiento de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT.....	83
4.3.2. Comparación Intergrupal de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT en las fases de pre y post entrenamiento.....	86
4.4. Análisis de la evolución del rendimiento en la tarea 2D MOT a lo largo del periodo de entrenamiento.....	89
6. DISCUSIONES.....	94
7. CONCLUSIONES.....	102
Referencias.....	106
Apéndice.....	116
Anexo A: Formulario de Inscripción para selección de voluntarios.....	116
Anexo B: Encuesta Clínica.....	117
Anexo C: Consentimiento informado.....	118

Índice de Figuras

Figura 1. Anatomía de las tres redes atencionales: alerta, orientación y atención ejecutiva...	22
Figura 2. Proceso de conformación de la muestra.....	60
Figura 3. Etapas de la investigación.....	61
Figura 4. Tarea 2D MOT.....	69
Figura 5. Videojuego Simple Snake.....	70
Figura 6. Evolución del promedio de velocidad de movimiento de los estímulos por sesión en el grupo experimental (sujetos E001–E012).....	89
Figura 7. Evolución del promedio de velocidad de movimiento de los estímulos por sesión en el grupo experimental (sujetos E013–E023).....	90

Índice de Tablas

Tabla 1. Descripción de los instrumentos de evaluación cognitiva utilizados.....	66
Tabla 2. Datos descriptivos de la muestra.....	72
Tabla 3. Distribución por sexo.....	72
Tabla 4. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de atención del grupo experimental.....	74
Tabla 5. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de atención del grupo control.....	75
Tabla 6. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de memoria de trabajo del grupo experimental.....	76
Tabla 7. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de memoria de trabajo del grupo control.....	77
Tabla 8. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de velocidad de procesamiento grupo experimental.....	78
Tabla 9. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de velocidad de procesamiento del grupo control.....	79
Tabla 10. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para la comparación de muestras independientes en las pruebas cognitivas de la fase pre tests.....	80
Tabla 11. Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para la comparación de muestras independientes en las pruebas cognitivas de la fase post tests.....	82
Tabla 12. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las medidas de rendimiento de la tarea 2D MOT en el grupo experimental.....	83
Tabla 13. Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las medidas de rendimiento de la tarea 2D MOT en el grupo control.....	85

Tabla 14. Resultados de la prueba T de Student para la comparación de muestras independientes de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT en la fase pre prueba....	86
Tabla 15. Resultados de la prueba T de Student para la comparación de muestras independientes de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT en la fase post prueba...	87
Tabla 16. Comparaciones post hoc del promedio de Speed Ball entre sesiones de entrenamiento.....	90
Tabla 17. Comparaciones post hoc del promedio de Correct Ball entre sesiones de entrenamiento.....	91
Tabla 18. Comparaciones post hoc de la Cant. de aciertos totales entre sesiones de entrenamiento.....	92

Resumen

Introducción: En los últimos años ha crecido el interés por los programas de entrenamiento cognitivo mediados por tecnología, especialmente aquellos basados en el paradigma *Multiple Object Tracking* (MOT), que estimulan procesos como la atención, la velocidad de procesamiento y la memoria de trabajo mediante el seguimiento visual de estímulos en movimiento. No obstante, aún existe debate respecto a la validez de estas intervenciones y su capacidad de transferencia hacia tareas no entrenadas. **Objetivo:** Evaluar el efecto de un entrenamiento sostenido con un programa 2D MOT sobre la atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento en un grupo de estudiantes universitarios de 18 a 21 años, comparado con un grupo control activo. **Metodología:** Se realizó un estudio experimental con 40 estudiantes distribuidos en un grupo experimental (GE) y un grupo control (GC). Se efectuaron evaluaciones cognitivas y mediciones del rendimiento MOT antes y después de la intervención. El análisis estadístico incluyó pruebas paramétricas y no paramétricas, con comparaciones intra e intergrupales. **Resultados:** Los análisis intragrupal de la evaluación cognitiva mostraron diferencias significativas en ambos grupos, mientras que los intergrupales post prueba no revelaron diferencias significativas entre GE y GC. En la tarea MOT, las comparaciones intragrupal fueron significativas para el GE y no para el GC, sin diferencias intergrupales. **Conclusiones:** Hubo un efecto positivo del entrenamiento sobre el rendimiento de la tarea MOT, aunque sin evidencia clara de transferencia hacia funciones cognitivas generales. Se recomienda, para futuras investigaciones, extender la duración y frecuencia del entrenamiento y emplear instrumentos más sensibles que permitan detectar posibles efectos de transferencia cognitiva.

Palabras clave: estudiantes, entrenamiento cognitivo, MOT, funciones cognitivas.

Abstract

Introduction: In recent years, interest in technology-mediated cognitive training programs has increased, particularly those based on the *Multiple Object Tracking* (MOT) paradigm, which stimulate processes such as attention, processing speed, and working memory through the visual tracking of moving stimuli. However, there is still debate regarding the validity of these interventions and their ability to transfer to untrained tasks. **Objective:** To evaluate the effect of sustained training with a 2D-MOT program on attention, working memory, and processing speed in a group of university students aged 18 to 21, compared with an active control group. **Method:** An experimental study was conducted with 40 students randomly assigned to an experimental group (EG) and a control group (CG). Cognitive assessments and MOT performance measurements were administered before and after the intervention. Statistical analysis included parametric and non-parametric tests, with intra- and inter-group comparisons. **Results:** Intragroup analyses of the cognitive evaluation showed significant differences in both groups, whereas post-test intergroup comparisons revealed no significant differences between EG and CG. In the MOT task, intragroup comparisons were significant for the EG and not for the CG, with no intergroup differences. **Conclusions:** The training produced a positive effect on MOT task performance, although no clear evidence of transfer to broader cognitive functions was observed. Future research should extend the duration and frequency of training and employ more sensitive instruments to detect potential cognitive transfer effects.

Keywords: students, cognitive training, MOT, cognitive functions.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la sociedad se encuentra atravesada por un fenómeno distintivo que influye y moldea de manera significativa las formas de pensar, sentir y comportarse: la tecnología. Hoy resulta prácticamente imposible concebir la vida sin su presencia. Por un lado, el acelerado desarrollo tecnológico y las innumerables facilidades que ofrece han contribuido a hacer más amena la vida cotidiana, optimizando procesos y potenciando diversas capacidades humanas.

Por otro lado, el uso extendido de múltiples dispositivos y aplicaciones tecnológicas que simplifican las actividades diarias ha promovido, en múltiples ocasiones, el desuso de determinadas capacidades cognitivas en favor de la comodidad (Oakley et al. 2025). Por ejemplo, intentar recordar un camino es cada vez menos frecuente gracias a herramientas como Google Maps. Es así que, la delegación indiscriminada de tareas cognitivas a dispositivos tecnológicos, ha dado lugar a diversas consecuencias a nivel cognitivo en la población general.

El ámbito académico universitario no está exento de estas problemáticas. Los estudiantes suelen manifestar dificultades en la concentración y en la memoria de trabajo al momento de acceder, procesar y transmitir información, así como en la comprensión profunda de los contenidos. Todas estas dificultades repercuten directamente en la calidad del aprendizaje.

Desde la neuropsicología se reconoce que ciertas funciones cognitivas influyen en el desempeño académico y, el rendimiento de las mismas, constituye un predictor del desempeño profesional futuro y de la adaptación funcional en la vida cotidiana (Robles & Ortiz Granja, 2024). En este marco, se vuelve fundamental buscar estrategias eficaces que contribuyan a optimizar su funcionamiento y prevenir cualquier tipo de deterioro.

Entre las alternativas disponibles, los programas de entrenamiento cognitivo digital surgen como una herramienta viable para mitigar los efectos negativos asociados al uso excesivo y poco regulado de la tecnología. Los mismos están orientados a estimular funciones cognitivas específicas mediante ejercicios interactivos y dinámicos que aprovechan el potencial de diversos dispositivos tecnológicos. De este modo, pueden constituir herramientas significativas para la optimización del rendimiento cognitivo y académico.

En las últimas décadas, los programas de entrenamiento cognitivo se han difundido ampliamente, alcanzando gran popularidad en el mercado. No obstante, a pesar de la intensa comercialización y de las promesas de resultados positivos, la evidencia empírica disponible aún no resulta concluyente respecto de su verdadera eficacia (Simons et al. 2016).

Considerando la problemática social expuesta vinculada al bajo rendimiento cognitivo y los vacíos existentes en la literatura, este estudio se propone evaluar la eficacia de un programa específico de entrenamiento cognitivo en población universitaria. El programa seleccionado se basa en el paradigma de *Multiple Object Tracking* (MOT), el cual consiste en rastrear estímulos en movimiento entre distractores y lograr identificar aquellos que corresponden a los objetivos previamente señalados.

Esta tarea estimula de manera particular la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento. Todas las funciones cognitivas que se ponen en juego de forma significativa al momento de enfrentar diversos desafíos académicos. Ahora bien, surge un interrogante central: ¿el entrenamiento repetitivo y específico de estas funciones cognitivas realmente se traduce en mejoras sostenidas en su desempeño? Y, más aún, ¿dichas mejoras pueden trasladarse a otros ámbitos de la vida cotidiana, específicamente al ámbito académico?

En relación a este planteo, numerosas investigaciones previas presentan resultados favorables, pero a su vez importantes limitaciones metodológicas que ponen en tela de juicio la solidez de dichas afirmaciones (Simons et al. 2016, Gobet y Sala, 2022). Es en base a estas problemáticas que la presente investigación se propone, mediante un estudio experimental, poner a prueba un entrenamiento cognitivo con un programa 2D MOT, analizando el posible impacto sobre la atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento en estudiantes universitarios.

Este estudio representa, además, una de las primeras iniciativas de este tipo realizadas en el país y la primera desarrollada en el ámbito provincial, constituyendo un aporte significativo para el conocimiento científico regional. El mismo se desarrolló dentro del marco de un proyecto de investigación llevado a cabo de forma conjunta por el Instituto de Investigación en Psicología Básica y Aplicada (IIPBA) de la UCCuyo y el Instituto de Bioingeniería (INBIO) de la UNSJ. La puesta a prueba del programa MOT no solo permitirá evaluar fortalezas y limitaciones del mismo, sino también identificar nuevas perspectivas de aplicación.

A partir de este marco general, el presente trabajo se estructura a partir de un marco teórico que aborda los fundamentos de las Neurociencias, la Neuropsicología, el entrenamiento cognitivo y el paradigma Multiple Object Tracking (MOT), seguido de una revisión del estado del arte con énfasis en las evidencias y brechas existentes que motivan esta investigación. Luego se detallan los objetivos -general y específicos-, la hipótesis y la metodología empleada. Posteriormente, se presentan los resultados y su análisis, junto con la discusión y las conclusiones derivadas, incluyendo las limitaciones del estudio y las recomendaciones para futuras investigaciones.

2. MARCO TEÓRICO

En este apartado se presentarán los fundamentos teóricos generales que sustentan la investigación. En primer lugar, se situará el trabajo en el marco de las neurociencias y la neuropsicología, así como la relación de las mismas con el ámbito educativo, dejando establecido el encuadre conceptual y epistemológico desde el cual se aborda la problemática. En relación a este último punto, se desarrollan dos ejes centrales: las funciones cognitivas y la plasticidad cerebral, en tanto procesos que posibilitan el aprendizaje y un adecuado rendimiento académico.

A continuación, se introduce el concepto de potenciación cognitiva y su vinculación con el entrenamiento cognitivo, con especial énfasis en las modalidades basadas en tecnología digital. Asimismo, se desarrolla una descripción detallada del paradigma *Multiple Object Tracking* (MOT), así como del *NeuroTracker*, considerado dispositivo modelo dentro de este paradigma y en el presente trabajo. Se señalan a su vez, aquellas diferencias sustanciales entre las modalidades 3D y 2D de las tareas MOT y se aborda el concepto de transferencia, así como sus implicancias para el presente estudio.

Finalmente, se presentan los antecedentes más relevantes para esta investigación, así como los interrogantes derivados del análisis de la bibliografía y las brechas identificadas en la literatura.

2.1. Neurociencias y Neuropsicología

La presente investigación se sustenta en el paradigma de las neurociencias, entendido como un ámbito interdisciplinario que estudia la estructura, el funcionamiento y los procesos del sistema nervioso en relación con la cognición y el comportamiento humano. En esta línea, Manes y Niro (2014) ofrecen la siguiente definición:

Las neurociencias estudian la organización y el funcionamiento del sistema nervioso y cómo los diferentes elementos del cerebro interactúan y dan origen a la conducta de los seres humanos. (...) Este abordaje científico es multidisciplinario (incluye a neurólogos, psicólogos, psiquiatras, filósofos, lingüistas, biólogos, ingenieros, físicos y matemáticos, entre otras especialidades) y abarca muchos niveles de estudio, desde lo puramente molecular, pasando por el nivel químico y celular (a nivel de las neuronas individuales), el de las redes neuronales, hasta nuestras conductas y su relación con el entorno. Es así que las neurociencias estudian los fundamentos de nuestra individualidad (p. 8).

Considerando la amplitud de este paradigma, resulta necesario delimitarlo específicamente al campo de las neurociencias cognitivas. Esta disciplina es definida como una instancia integrativa entre la psiquiatría y la neurología; también entre la psicología cognitiva y la neuropsicología, basada en el estudio de parámetros biológicos que permiten explorar el cerebro y la mente humana (Brusco, 2019).

Las neurociencias cognitivas constituyen una disciplina interdisciplinaria dedicada a comprender cómo la actividad del cerebro da lugar a los procesos mentales y al comportamiento, integrando métodos de la neurobiología, la psicología cognitiva y la neuroimagen. Posner y DiGirolamo (2000) sostienen que este campo “busca relacionar los mecanismos neuronales con las funciones cognitivas” (p. 8), como la atención, la memoria, el lenguaje o la toma de decisiones.

Dentro del amplio abanico de disciplinas que aportan al saber de las neurociencias cognitivas, se encuentra la neuropsicología, definida por De Noreña & Ríos-Lago (2007) como “la especialidad de la psicología que estudia las relaciones entre funciones cognitivas y estructuras y procesos cerebrales” (p. 10). Sus aplicaciones incluyen tanto el ámbito clínico, como el campo de la investigación, siendo este último el eje central del presente estudio. En este contexto, el neuropsicólogo es el profesional responsable de aportar conocimientos

teóricos y prácticos sobre las funciones cognitivas y su correlato en las estructuras y procesos cerebrales.

En este sentido, la investigación en neurociencias busca extender sus aportes a diferentes áreas de aplicación. Entre ellas, la educación y el aprendizaje ocupan un lugar destacado, dado el creciente interés por comprender cómo los procesos cognitivos intervienen en la adquisición del conocimiento.

2.2. Implicancia de las neurociencias en el ámbito educativo

Los aportes de las neurociencias resultan fundamentales para transformar la forma en que se imparte y se adquiere el conocimiento en el aula. Esto se da gracias a la posibilidad de comprensión de todos aquellos procesos cognitivos y sustratos neuroanatómicos que están implicados en el proceso de aprendizaje, así como su impacto directo en el rendimiento académico de los estudiantes.

De esta manera, el conocimiento neurocientífico ofrece herramientas para mejorar la capacidad de los alumnos de asimilar, procesar y aplicar la información para la adecuada resolución de problemas (Robles y Ortiz Granja, 2024). Es así como los hallazgos actuales proporcionan una base más sólida para diseñar métodos de enseñanza, prácticas pedagógicas y políticas educativas que se ajusten mejor a la manera en que funciona el cerebro humano en contextos de aprendizaje (Leisman, 2022).

Existen diversos aspectos que se reconocen como factores clave para la consolidación de los aprendizajes. Entre ellos se puede mencionar la motivación, la búsqueda de novedad, la importancia de la experiencia emocional al momento de aprender; y el desarrollo y rendimiento cognitivo del sujeto según su etapa evolutiva.

La neuropsicología aplicada a la educación busca, considerar estos aspectos y responder la pregunta de por qué y cómo los estudiantes aprenden de la forma en que lo

hacen. Desde una perspectiva anatómica, el aprendizaje en el cerebro es “el proceso de construir y fortalecer las conexiones y conectividades sinápticas y regionales” (Leisman 2022, p.7). Para que dicho proceso pueda darse, la neuroplasticidad cerebral es clave. Este concepto hace referencia a la capacidad del cerebro para cambiar y adaptarse, tanto a nivel estructural como funcional, frente a nuevas situaciones o desafíos a lo largo de toda la vida (Demarin, 2014).

Otro aporte relevante que hace la neuropsicología a la comprensión del proceso de aprendizaje es el conocimiento acerca de las funciones cognitivas implicadas en el mismo. Sobre las mismas Brusco (2021) indica que son procesos que “nos permiten relacionarnos con nuestro entorno, interpretarlo, procesar información y realizar tareas múltiples. (...) todos los procesos mediante los cuales la información sensorial recibida es reducida, elaborada, almacenada, recuperada y utilizada, es lo que conocemos como cognición” (pp. 12 - 30).

Algunas de las funciones cognitivas más relevantes para el proceso de aprendizaje son la atención y las funciones ejecutivas. La atención, como puerta de entrada de la información, resulta esencial para seleccionar y priorizar estímulos, facilitando la construcción de nuevas conexiones neuronales estables y duraderas (Bernabéu Brotóns, 2017). A su vez, las funciones ejecutivas, son cruciales para organizar, planificar y regular las acciones y los pensamientos, permitiendo a los estudiantes enfrentar tareas complejas y novedosas con flexibilidad y control. La memoria de trabajo, por su parte, ofrece el espacio mental dinámico para manipular activamente la información relevante en el corto plazo, siendo esencial para procesos de razonamiento, comprensión y resolución de problemas (Tirapu Ustarroz et al. 2017). Toda esta coordinación se ve intrínsecamente influenciada por la velocidad de procesamiento, que determina la eficiencia con la que el sistema cognitivo puede manejar y

operar con la información, impactando directamente la fluidez y la capacidad para integrar nuevos conocimientos.

En suma, la interacción adecuada de estos procesos cognitivos es determinante para el éxito académico y el desarrollo integral de los estudiantes, especialmente en contextos exigentes como el universitario. Desatenderlos implicaría ignorar los mecanismos neuropsicológicos que sostienen la capacidad de aprender y adaptarse en entornos educativos cada vez más complejos.

2.3. Funciones Cognitivas

Como se expone anteriormente, las funciones cognitivas constituyen un objeto de estudio central para la neuropsicología (Brusco, 2021), siendo su adecuado funcionamiento esencial en el proceso de aprendizaje. Por este motivo, se procederá a definir las y a brindar más detalles sobre aquellas funciones más estrechamente vinculadas con la capacidad de aprender.

2.3.1. Atención

La atención es un proceso psicológico básico, ya que un funcionamiento adecuado de la misma es condición para la puesta en marcha de otros procesos psicológicos y, por ende, para una multiplicidad de tareas que se desempeñan cotidianamente. No es un proceso unitario, sino un conjunto de diferentes mecanismos que trabajan de forma coordinada. Su función principal es seleccionar del entorno los estímulos que son relevantes para el estado cognitivo en curso del sujeto y que sirven para llevar a cabo una acción y alcanzar unos objetivos, mientras que se ignoran aquellos elementos distractores (Londoño Ocampo, 2009; Lavados, 2014). La atención es una función que da respuesta al hecho de que nuestro sistema

es incapaz de procesar caudales excesivos de información o de realizar demasiadas actividades de forma simultánea (Ardila, 2016).

Teniendo en cuenta esta última afirmación, Ardila (2016) describe distintos niveles atencionales:

- **Orientación:** Hace referencia a la conciencia de sí mismo y del entorno. Es un estado de activación general. Implica un nivel básico de integración entre la atención, memoria y percepción.
- **Atención selectiva:** Implica la capacidad de elegir y responder activamente un estímulo relevante (auditivo, táctil o visual) inhibiendo otros estímulos irrelevantes distractores presentes en el ambiente que pudiesen interferir con la tarea. Este tipo de atención está estrechamente vinculado al control ejecutivo y a la inhibición de respuestas automáticas.
- **Atención sostenida:** Es la habilidad para mantener un nivel constante de respuesta atencional durante un período prolongado. Esta forma de atención permite sostener el foco en una tarea o estímulo a lo largo del tiempo, siendo fundamental para actividades que requieren vigilancia o monitoreo continuo.
- **Atención alternante:** Corresponde a la habilidad para cambiar el foco atencional de manera flexible entre dos o más tareas o estímulos diferentes. Es clave en situaciones en las que es necesario alternar entre distintos tipos de demandas cognitivas, como responder un mensaje mientras se redacta un informe. Requiere buena autorregulación y planificación.
- **Atención dividida:** Se refiere a la capacidad de atender simultáneamente a dos o más tareas que demandan procesamiento cognitivo. Aunque su eficiencia es limitada, resulta crucial en contextos de alta carga multitarea.

Este último componente representa uno de los niveles más exigentes del funcionamiento atencional y se vincula con la capacidad de distribución simultánea de recursos cognitivos, una habilidad clave en contextos que implican la gestión de múltiples estímulos visuales (Portellano, 2005)

La atención es un recurso limitado, cuando aumenta la cantidad de estímulos a atender se produce un deterioro en la ejecución de las tareas. Esto se da debido a que el cerebro tiene una disponibilidad de energía relativamente constante, por lo que el procesamiento atencional no suele poder exceder cierto monto de energía disponible. Esto explica porque el uso de la atención dividida suele ser una tarea más compleja que cuando uno se enfoca 100% en un solo objetivo (Londoño Ocampo, 2009).

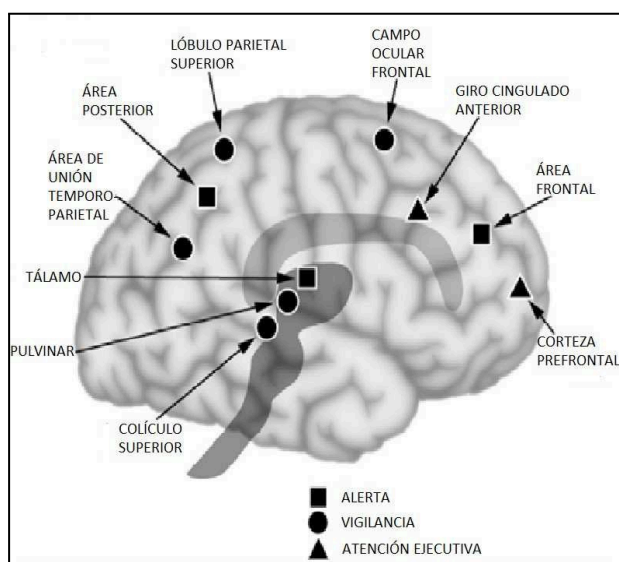
La atención puede dividirse primariamente en atención voluntaria y atención refleja o involuntaria. La atención voluntaria, implica la capacidad de enfocar intencionalmente la atención en un estímulo externo o pensamiento, mientras que la involuntaria, se activa automáticamente ante estímulos novedosos o potencialmente peligrosos. Esta diferenciación evidencia que distintos factores, tanto internos (ej. expectativas) como externos (ej. características del estímulo), influyen en el control atencional (Labos, 2019).

Posner y Petersen (1990) propusieron un modelo del sistema atencional del cerebro humano, en el cual se distinguen las estructuras neuroanatómicas implicadas. El mismo está compuesto por tres redes principales: alerta, orientación y control ejecutivo. La red de alerta se encarga de preparar y mantener el estado de vigilancia necesario para responder a señales ambientales prioritarias. Este proceso involucra áreas parietales posteriores y frontales - predominantemente del hemisferio derecho- y se relaciona con la actividad del locus coeruleus y la liberación de norepinefrina. Por su parte, la red de orientación permite dirigir la atención hacia estímulos sensoriales específicos y está mediada por estructuras como el

lóbulo parietal superior, el núcleo pulvinar del tálamo y el colículo superior. La red de control ejecutivo, en cambio, está asociada a la capacidad de seleccionar objetivos y resolver conflictos atencionales, favoreciendo la atención a estímulos relevantes e inhibiendo distractores. Este tipo de control implica la participación de la corteza cingulada anterior y la corteza prefrontal medial (Figura 1).

Figura 1.

Anatomía de las tres redes atencionales: alerta, orientación y atención ejecutiva.



Nota. Fuente: Posner y Rothbart (2007).

Finalmente, los autores desagregaron la red de control ejecutivo en dos subsistemas. La red frontoparietal se ocuparía de la iniciación de nuevas tareas y de los ajustes rápidos ante cambios en las condiciones de una tarea. En paralelo, la red cíngulo-opercular se asociaría al control sostenido y al monitoreo continuo de la tarea en ejecución (Dosenbach et al., 2008).

Los procesos atencionales tienen una importancia superlativa para el proceso de aprendizaje y para desenvolverse en un entorno académico. La atención es un prerrequisito

para que se puedan dar tres procesos básicos del aprendizaje efectivo: la consolidación, el mantenimiento y la recuperación de la información. Pues, para que ocurra una reestructuración y la estabilización de los circuitos neuronales -cambios estructurales propios del proceso de aprendizaje-, un adecuado nivel y funcionamiento atencional es condición básica (Bernabéu Brotóns, 2017).

Hay características propias de los procesos atencionales que es importante tener en cuenta para propiciar un buen proceso de aprendizaje. Por ejemplo, la atención sostenida es algo que va disminuyendo tras un periodo largo de enfoque, funciona más bien en forma de ciclos. Por este motivo, es importante establecer periodos de enfoque y tiempos de descanso. A su vez, es importante tener en cuenta que los receptores sensoriales visuales y auditivos sufren neurofisiológicamente un proceso de habituación ante la estimulación uniforme, lo que también provoca un descenso de la atención sostenida. Por esto es importante introducir cambios o variaciones sensoriales en tareas educativas (estímulos visuales, auditivos, de movimiento). En esta misma línea afirmamos que el cerebro tiende a dirigir su atención a estímulos novedosos, por lo que la monotonía de ciertas modalidades de transmisión de la información sería algo contraproducente para asegurar un buen proceso de aprendizaje (Ortiz, 2009)

2.3.2. Funciones Ejecutivas

Las funciones ejecutivas pueden definirse como “las capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente.” (Lezak, 1987, como se citó en Tirapu et al. 2007, p.222). Este concepto engloba un conjunto de procesos cognitivos complejos, entre estos la orientación, la anticipación, la elección de objetivos, la planificación, la selección de la conducta, la autorregulación, el autocontrol y la inhibición. Asimismo, abarca el uso de la retroalimentación y la memoria de trabajo. destacan la

importancia de las mismas en la resolución de problemas o situaciones nuevas, ya que permiten analizar las posibles consecuencias de cada una de las alternativas disponibles.

La principal base anatómica de las funciones ejecutivas está ubicada en los lóbulos frontales, más específicamente en el córtex prefrontal (CPF). Las diferentes regiones del CPF establecen conexiones con otras zonas corticales y subcorticales para generar una conducta adaptada al entorno. La corteza prefrontal está constituida por el sector paralímbico -a su vez conformado por el córtex cingulado anterior, el giro paraolfatorio y regiones orbitofrontales posteriores- y el sector heteromodal del lóbulo frontal (Labos, 2019).

La CPF ventral se encuentra involucrada en el procesamiento visual complejo, entre otras funciones. Por otro lado, las regiones dorsolaterales tienen su rol en el procesamiento complejo de estímulos sensitivos, la memoria de trabajo, así como en la planificación y manipulación de información de alto nivel. Más específicamente, el cíngulo anterior juega un papel central en el control de comportamientos, corrección de errores, evaluación del comportamiento motivado, aprendizaje inverso, procesos de recompensa (Lavados, 2014).

Existen diversos modelos descriptivos de las funciones ejecutivas que permiten comprender con mayor precisión qué procesos están involucrados en tareas cognitivas complejas. A continuación, se describen algunos de los enfoques más relevantes para el presente estudio.

Modelo de Miyake et al. (2000): Propone que las funciones ejecutivas están compuestas por tres procesos diferenciados pero interrelacionados:

- Actualización: refiere a la capacidad de monitorear y renovar activamente la información que se mantiene en la memoria de trabajo. Es fundamental cuando se requiere mantener el foco en estímulos que cambian constantemente.

- **Inhibición:** implica la supresión deliberada de respuestas automáticas o dominantes que no resultan adecuadas en una situación dada. Este proceso permite un control voluntario del comportamiento frente a distracciones o impulsos.

- **Alternancia cognitiva (shifting):** es la habilidad de cambiar con flexibilidad entre distintas tareas, operaciones mentales o esquemas de acción. Refleja una adaptación eficiente a demandas cambiantes del entorno.

Este modelo subraya la unidad y diversidad de las funciones ejecutivas, reconociendo que si bien los procesos están interconectados, conservan una relativa autonomía funcional.

Modelo de Boone et al. (1990): Boone y colaboradores proponen una organización tripartita de las funciones ejecutivas, destacando los siguientes factores:

- **Flexibilidad cognitiva:** asociada al cambio mental y la adaptación a nuevas reglas o patrones de respuesta. Es central para la resolución de problemas novedosos.

- **Velocidad de procesamiento:** refleja la rapidez con la que una persona puede ejecutar operaciones mentales sencillas. Este componente es relevante para la eficiencia general del sistema cognitivo.

- **Atención y memoria a corto plazo:** abarca tanto la capacidad de mantener la atención básica como de almacenar temporalmente información para su uso inmediato.

Memoria de Trabajo

Dentro de este entramado funcional, la memoria de trabajo ocupa un lugar central, ya que actúa como el sistema operativo sobre el cual se articulan múltiples procesos ejecutivos. A continuación, se desarrollarán en profundidad sus componentes, funciones y correlatos anatómicos principales.

La memoria de trabajo es un sistema cognitivo fundamental que permite mantener y manipular información de manera temporal para llevar a cabo diversas tareas complejas como

la comprensión del lenguaje, la resolución de problemas, la toma de decisiones o la planificación de conductas (Tirapu-Ustárrroz & Luna-Lario, 2008). Es importante remarcar que la memoria de trabajo no se limita al almacenamiento pasivo, sino que involucra procesos de manipulación activa y selección de información relevante. Neurocientíficos como Baddeley y Goldberg coinciden en considerar que se trata de un sistema activo, atencional, cuyo objetivo principal es seleccionar información útil dentro del flujo continuo de datos y operar sobre ella de forma eficiente en el momento presente.

Dentro de los modelos existentes de memoria de trabajo, se consideró relevante tomar el de Allan Baddeley del ejecutivo central que se detalla a continuación.

El modelo clásico de Baddeley y Hitch, plantea que la memoria de trabajo está compuesta por cuatro subsistemas. En primer lugar, se encuentra un sistema principal llamado “administrador o ejecutivo central” el cual se encarga del control atencional y de la supervisión y control del funcionamiento de tres sistemas más: el bucle fonológico, la agenda visoespacial, el sistema ejecutivo central (SEC) y el buffer episódico. Estos componentes se articulan funcionalmente entre sí y permiten tanto el almacenamiento temporal de información como su manipulación consciente y dirigida (Lavados, 2014; Baddeley, 1974/2000, como se citó en Tirapu Ustárrroz et al., 2008).

A continuación se procede a describir cada uno de los componentes que lo conforman:

Bucle fonológico: El bucle fonológico es el encargado de mantener información verbal en la conciencia el tiempo deseado mediante la repetición subvocal. Está compuesto por un almacén fonológico (localizado en el giro supramarginal izquierdo) y un sistema de repaso articulatorio (vinculado al área de Broca y áreas premotoras izquierdas).

Agenda visoespacial: La agenda visoespacial es el subsistema responsable del almacenamiento y manipulación temporal de información visual y espacial. Es especialmente

relevante en contextos como la orientación espacial, la planificación y ejecución de movimientos y tareas espaciales o la creación y utilización de imágenes visuales. Este sistema tiene dos procesos diferenciados: uno enfocado en la identificación de objetos y otro en la localización espacial (Tirapu Ustárroz et al., 2008). A su vez, puede dividirse en un componente pasivo de almacenamiento y otro activo de manipulación, denominado "escriba interno". La agenda visoespacial se alimenta tanto de la percepción directa como de la generación interna de imágenes y cumple un rol clave en tareas de memoria visual y espacial a corto plazo. Los correlatos neuroanatómicos de este subsistema incluyen el córtex parietal posterior y el córtex inferotemporal, con importantes conexiones al córtex prefrontal dorsolateral.

Sistema ejecutivo central (SEC): El SEC es el componente más abstracto y complejo del modelo. No se encarga de almacenar información, sino de regular, coordinar y supervisar los recursos atencionales y ejecutivos del sistema. Entre sus funciones se incluyen: la selección de información relevante, la inhibición de distractores, el cambio de foco atencional, la monitorización del procesamiento en curso, la codificación contextual y el control de la interferencia. En este sentido, Baddeley y otros autores como Norman y Shallice han propuesto que el SEC puede entenderse como un "sistema atencional supervisor", que se activa especialmente en tareas novedosas o complejas, donde no es posible responder automáticamente.

Buffer episódico: Añadido por Baddeley en el año 2000, el buffer episódico se propone como un sistema de integración multimodal que permite combinar información visual, espacial, verbal y proveniente de la memoria a largo plazo en una representación coherente. No tiene una localización cerebral única, sino que opera mediante la sincronización funcional de distintas áreas corticales.

El modelo funcional de Goldman-Rakic, comentado por Tirapu-Ustárrroz (2008), complementa el de Baddeley al enfatizar la especialización anatómica de los distintos procesos de la memoria de trabajo dentro de la corteza prefrontal. Propone que el mantenimiento de información verbal y espacial depende de vías separadas (ventrolateral para verbal, dorsolateral para espacial) y que la manipulación de la información involucra con mayor intensidad a las áreas dorsolaterales.

Velocidad de Procesamiento

Dentro del modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales propuesto por Tirapu Ustárrroz et al. (2017) la velocidad de procesamiento se identifica como uno de los procesos ejecutivos con mayor respaldo empírico en la literatura. Este proceso cuenta con sólido apoyo tanto en estudios con pacientes con lesiones cerebrales como investigaciones por neuroimagen, que han contribuido a delimitar sus principales correlatos neuroanatómicos.

Según Ríos Lago (2004), la velocidad de procesamiento refleja la cantidad de información que puede ser procesada por unidad de tiempo o, incluso, la velocidad a la que puede realizarse una serie de operaciones cognitivas. También tiene que ver con el tiempo que transcurre desde la aparición del estímulo hasta la ejecución de una respuesta. Los autores más bien consideran que se trata no tanto de un proceso cognitivo, sino más bien de una propiedad del sistema que se ha relacionado con la sustancia blanca.

La velocidad de procesamiento es una función cognitiva básica que está íntimamente vinculada a la memoria de trabajo, ya que condiciona la capacidad del sistema cognitivo para codificar, transformar y recuperar información de forma eficiente. A mayor rapidez en el procesamiento, mayor es la cantidad de información que puede ser operada en una unidad de tiempo, lo cual repercute directamente en el rendimiento de tareas que demandan memoria de trabajo, control atencional y manipulación simultánea de contenidos (Conway et al. 2002).

Asimismo, la velocidad de procesamiento implica la capacidad de dar respuestas más rápidas y adaptativas ante demandas cognitivas, constituyendo un mecanismo funcional esencial dentro de la inteligencia fluida (Fry y Hale, 2000; Finkel et al., 2007).

En esta línea, estudios longitudinales como el de Finkel et al. (2007) evidencian que la velocidad de procesamiento es un predictor principal de cambios en funciones cognitivas como la memoria y las habilidades espaciales. Aunque en un primer momento se observó un acoplamiento dinámico entre la velocidad perceptual y el conocimiento general, análisis posteriores revelaron que es la velocidad perceptual la que ejerce una mayor influencia sobre el cambio cognitivo en general, más que a la inversa. Estos hallazgos respaldan la idea de que la velocidad de procesamiento no solo es un componente clave en el funcionamiento cognitivo adulto, sino que también puede servir como base explicativa de la evolución de otras capacidades mentales superiores.

Una última aclaración sobre las funciones cognitivas, es que las mismas no son capacidades estáticas. Por el contrario, se encuentran moduladas por la plasticidad cerebral que, como se mencionó anteriormente, permite al sistema nervioso modificar su estructura y funcionamiento en respuesta a estímulos internos y externos (Pascual-Castroviejo, 1996). Este fenómeno, observable a lo largo de toda la vida, implica cambios en la organización neuronal, la generación de nuevas conexiones y la modificación en la eficiencia de las sinapsis. En este sentido, la evidencia ha demostrado que la actividad sináptica repetida, especialmente en contextos de práctica sostenida, fortalece las conexiones neuronales, mientras que la falta de estímulo puede debilitarlas (Ortiz et al., 2010).

La plasticidad constituye la base biológica del aprendizaje y explica por qué el rendimiento en funciones cognitivas es susceptible de mejora mediante intervenciones específicas. Así, los ejercicios que demandan la activación de las funciones previamente

explicadas, actúan como estímulos que favorecen la reorganización y el fortalecimiento de circuitos neuronales implicados en dichas capacidades (Aguilar, 2003). En este marco, la estimulación cognitiva -particularmente aquella basada en la práctica sistemática de tareas diseñadas para desafiar y activar procesos cognitivos - se posiciona como una herramienta fundamental para promover la mejora funcional.

2.4. Potenciación Cognitiva y Entrenamiento Cognitivo

Una vez revisadas las principales funciones implicadas en el aprendizaje y el rendimiento académico, se introduce el concepto de “potenciación o mejora cognitiva”. Según Bostrom (2009) la potenciación cognitiva puede definirse como “la amplificación o extensión de las capacidades básicas de la mente mediante la mejora o el aumento de los sistemas de procesamiento de información internos o externos.” (p. 1).

Existe un concepto relacionado, aunque no idéntico, denominado estimulación cognitiva. Autores como Lubrini, Periañez y Ríos-Lago (2009) lo definen como un conjunto de todas aquellas actividades dirigidas a mejorar u optimizar el funcionamiento de distintos dominios cognitivos como la atención, funciones ejecutivas, lenguaje, entre otros. Es susceptible de ser aplicada tanto en pacientes con alguna alteración o deterioro cognitivo como en sujetos sanos. Este último punto es relevante para diferenciarla de la potenciación cognitiva, la cual está orientada específicamente a favorecer el rendimiento cognitivo en una población sana.

A partir de estas distinciones, se considera que la estimulación cognitiva abarca el concepto de potenciación pero no se limita a ella. Sin embargo, a efectos prácticos, ambos términos serán utilizados de manera intercambiable a lo largo del trabajo.

En cuanto a las diferentes formas de potenciación cognitiva, Batule Dominguez (2018), establece una distinción entre potenciadores convencionales y no convencionales,

según su mecanismo de acción y nivel de intervención. Entre los potenciadores cognitivos convencionales se incluyen una adecuada nutrición y el cuidado de la salud general, la educación y la estimulación ambiental, el ejercicio físico regular. También se consideran en esta categoría el entrenamiento mental y la práctica de técnicas de visualización, junto con el uso de tecnologías y programas de estimulación cognitiva computarizada. Por otro lado, los potenciadores cognitivos no convencionales abarcan el uso de fármacos y sustancias psicoactivas, así como el desarrollo de neurotecnologías e interfaces cerebro-computadora. Teniendo en cuenta esta clasificación, se puede afirmar que el programa utilizado en este estudio corresponde a un potenciador no convencional.

Una de las formas de potenciación cognitiva es la puesta en marcha de un entrenamiento cognitivo (EC). Esto consiste en la práctica sistemática de tareas diseñadas para fortalecer funciones cognitivas específicas, con el objetivo de que esas mejoras pueden transferirse a otras actividades o contextos (Simons et al., 2016).

La base científica del EC se apoya principalmente en el concepto de neuroplasticidad, mencionado anteriormente. Tal como sucede con un músculo, se plantea que si se estimula de manera dirigida un conjunto de redes neuronales, estas pueden experimentar un desarrollo sostenido en capacidad funcional (Klimberg, 2010; Harris et al., 2018).

De manera general, los entrenamientos cognitivos pueden dividirse en generales o específicos. El entrenamiento específico propone que el trabajo cognitivo debe realizarse dentro del contexto de la tarea que se quiere mejorar. Es decir, cuanto más se parezca el entrenamiento a la situación real (por ejemplo, el juego en sí mismo), mayores serán las probabilidades de que las mejoras se transfieran. Este enfoque se basa en el principio de diseño representativo, que plantea la importancia de entrenar con tareas perceptivo-cognitivas

que repliquen el mundo real en términos de información clave, acoplamiento percepción-acción y fidelidad contextual (Brunswik, 1956, como se citó en Väter, 2020).

Por otro lado, existe un enfoque alternativo, el del entrenamiento cognitivo de dominio general, que plantea que ciertas funciones cognitivas pueden entrenarse fuera del contexto específico, mediante tareas más abstractas o descontextualizadas (Harris et al., 2018). Este tipo de entrenamiento se conoce también como entrenamiento perceptivo y se enfoca en habilidades transversales que pueden tener un impacto más amplio (Väter, 2020).

En el marco de este trabajo, el entrenamiento cognitivo utilizado se inscribe dentro del paradigma de la tecnología digital. Este concepto hace referencia a todas aquellas herramientas o materiales a los que se les incorpora, mediante un lenguaje matemático, un conjunto de instrucciones que se traducen en acciones concretas para resolver un problema o desafío. Dentro de este paradigma se incluyen los programas informáticos y softwares interactivos, ya que constituyen sistemas digitales programados que permiten el diseño y ejecución de tareas específicas (González García, 2005). En el caso de los programas de entrenamiento cognitivo se utilizan estos recursos digitales con el objetivo de estimular funciones cognitivas, en diferentes contextos. Entre las modalidades más comunes se encuentran las plataformas online, videojuegos serios, aplicaciones móviles, realidad virtual y aumentada y sistemas de estimulación cognitiva adaptativa (Parsons, 2014; Lubrini et al., 2020). Cada una de estas herramientas ofrece distintos niveles de interactividad, retroalimentación en tiempo real y personalización, lo que permite ajustar el entrenamiento a las características y necesidades del usuario.

Todas estas herramientas comparten el objetivo de fortalecer procesos cognitivos mediante la práctica sistemática, aunque difieren en su estructura, grado de supervisión y respaldo empírico. En conjunto, muestran el potencial de los entornos digitales para la

estimulación cognitiva, aunque siempre considerando sus alcances, limitaciones y nivel de evidencia. Entre estos recursos se destaca una modalidad de entrenamiento en particular: la del Seguimiento de Múltiples Objetos.

2.4.1. Paradigma Multiple Object Tracking (MOT)

Dentro de este marco de diferentes propuestas de entrenamiento cognitivo se encuentran aquellos programas basados en el paradigma MOT (Multiple Object Tracking). De manera general, el paradigma de seguimiento de objetos múltiples (MOT) consiste en que la persona identifique y siga un conjunto de estímulos objetivo que se encuentran mezclados con otros elementos visualmente idénticos, denominados distractores. Los mismos se mueven de forma simultánea dentro de un espacio determinado y durante un tiempo limitado.

Inicialmente, se presentan todos los objetos -objetivos y distractores- de forma simultánea por un lapso breve. A continuación, los estímulos que deben ser rastreados se señalan temporalmente mediante alguna modificación perceptiva como un cambio de color, destello o movimiento, que permite distinguirlos del resto.

Una vez finalizado ese periodo de señalización, los objetos recuperan una apariencia uniforme y comienzan a desplazarse aleatoriamente. Finalizado el tiempo de seguimiento, el participante debe indicar cuáles fueron los objetos objetivo que estuvo rastreando.

El paradigma de seguimiento de objetos múltiples (Multiple Object Tracking, MOT) surgió como una herramienta experimental desarrollada inicialmente por Pylyshyn y Storm (1988) con el objetivo de poner a prueba la teoría de indexación visual conocida como modelo FINST (*Fingers of INSTantiation*). Este modelo postula la existencia de un mecanismo primitivo, preatentivo, capaz de "indexar" o marcar internamente ciertos objetos visuales, permitiendo su seguimiento en movimiento incluso cuando no se cuenta con información visual distintiva para diferenciarlos. Según esta hipótesis, los FINST actuarían

como marcadores transitorios que se adhieren a ciertos estímulos, facilitando su rastreo a lo largo del tiempo sin necesidad de que el foco atencional se desplace secuencialmente entre ellos.

La propuesta de Pylyshyn desafió la idea dominante de que la atención visual funciona como un único foco que se mueve en serie y sugirió en cambio que el seguimiento de múltiples objetos puede realizarse en paralelo, mediante un sistema limitado pero eficiente. Sus experimentos mostraron que los participantes eran capaces de seguir con precisión entre 4 y 5 objetos visualmente idénticos en movimiento, con rendimientos significativamente superiores a los que permitiría un modelo de seguimiento en serie. Estos hallazgos abrieron la puerta a una reconceptualización de la atención visual como un sistema más flexible y distribuido (Pylyshyn & Storm, 1988).

Posteriormente, investigaciones como la de Cavanagh y Alvarez (2005) aportaron evidencia adicional a favor de un modelo de atención multifocal, demostrando que los recursos atencionales pueden desplegarse simultáneamente sobre varios objetos, especialmente cuando están distribuidos entre ambos hemisferios visuales. En estos estudios se observó que el desempeño en tareas MOT mejora cuando los objetos a seguir se encuentran repartidos entre los campos visuales izquierdo y derecho, lo que sugiere la existencia de mecanismos atencionales parcialmente independientes en cada hemisferio cerebral.

Este cuerpo de evidencia resulta especialmente relevante para comprender los fundamentos del software del programa 2D MOT utilizado en este estudio. El mismo consiste en una tarea MOT para entrenar funciones cognitivas como la atención dividida, sostenida y la memoria de trabajo visoespacial. El enfoque de este programa retoma y aplica los principios del paradigma MOT, integrando el conocimiento acumulado sobre el

funcionamiento atencional en paralelo, la limitación de recursos cognitivos y la organización hemisférica del procesamiento visual.

En este sentido, los programas MOT, como el utilizado en este trabajo, pueden considerarse herramientas de entrenamiento de dominio general, ya que trabajan sobre funciones cognitivas específicas como la atención dividida, sostenida y la memoria de trabajo, sin requerir un contexto particular.

2.4.2. NeuroTracker

Uno de los programas más reconocidos de entrenamiento cognitivo basado en el paradigma MOT de las últimas décadas, es el sistema NeuroTracker. El mismo consiste en un programa de entrenamiento cognitivo 3D-MOT creado y patentado por Faubert (2013) en la Universidad de Montreal, Canadá (NeuroTrackerX, s. f.). Se menciona este sistema en particular porque, para la presente investigación, se empleó un programa de entrenamiento cognitivo en dos dimensiones (2D-MOT) de características similares al NeuroTracker, diseñado y programado localmente en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de San Juan.

Si bien este software local no corresponde al sistema NeuroTracker original, el mismo comparte características funcionales similares en cuanto a su diseño, dinámica de estimulación y objetivos cognitivos con dicho programa. Teniendo en cuenta este aspecto y que el programa utilizado aún no cuenta con estudios previos publicados, el marco teórico y las referencias bibliográficas utilizadas en este trabajo se basan principalmente en investigaciones realizadas con el NeuroTracker, ampliamente utilizado en contextos de entrenamiento cognitivo en diferentes contextos.

Basándose en el paradigma MOT, la Dra. Faubert adaptó este tipo de tareas como una herramienta de estimulación cognitiva de tipo perceptual-cognitivo, conocida como

NeuroTracker (Parsons et al., 2014). Esta herramienta puede ser comprendida dentro de la categoría de entrenamientos cognitivos de dominio general, ya que busca potenciar funciones cognitivas básicas, como la atención sostenida, la atención dividida y la memoria de trabajo, con el fin de lograr mejoras transferibles a una amplia variedad de contextos (Harris et al., 2018).

Según Parson (2014) el NeuroTracker puede ser considerado como lo que previamente llamamos potenciador cognitivo, ya que es ampliamente utilizado con objetivos de optimizar el rendimiento de diferentes dominios cognitivos.

Como se mencionó anteriormente, el NeuroTracker es una herramienta de entrenamiento perceptual-cognitivo que utiliza una tarea basada en el paradigma de seguimiento de objetos múltiples (MOT), específicamente en un entorno tridimensional (3D-MOT). Durante cada ensayo, se presentan ocho esferas de color amarillo distribuidas dentro de un espacio virtual delimitado. En la fase inicial, todas las esferas permanecen inmóviles por unos segundos. Luego, cuatro de ellas - seleccionadas aleatoriamente - se iluminan o cambian de color (por ejemplo, a rojo) durante un breve intervalo (generalmente 2 segundos), permitiendo que el participante las identifique como objetivos. Finalizado ese tiempo, las esferas recuperan su apariencia uniforme (todas vuelven a ser amarillas) y se inicia la fase de seguimiento.

Durante aproximadamente 8 segundos, las esferas comienzan a desplazarse en trayectorias lineales dentro del espacio tridimensional. Si una esfera colisiona con un límite o con otra esfera, rebota y continúa en una nueva dirección. Una vez transcurrido el tiempo de seguimiento, las esferas se detienen y cada una es marcada con un número del 1 al 8. El participante debe entonces indicar, de forma verbal o mediante selección, cuáles fueron las cuatro esferas objetivo que debió rastrear desde el inicio.

El sistema ajusta automáticamente la velocidad del movimiento de las esferas según el desempeño del participante, utilizando un algoritmo de tipo escalera adaptativa: si el sujeto acierta en su selección, la velocidad del siguiente ensayo aumenta; si se equivoca, disminuye. Este mecanismo permite mantener al participante en una zona de desarrollo próxima (Vygotsky & Cole, 1978), maximizando el estímulo cognitivo sin generar frustración ni fatiga excesiva. Cabe destacar que la tarea se estandariza con cuatro objetivos, dado que la literatura ha demostrado que, en condiciones típicas, ese es el número máximo de objetos que la mayoría de las personas puede seguir con precisión (Parsons et al., 2014; Vater et al., 2020).

La tarea 3D-MOT, en la que se basa el NeuroTracker, se apoya en dos principios fundamentales del entrenamiento cognitivo: el aislamiento y la sobrecarga funcional. En primer lugar, el diseño del ejercicio es simple y no requiere la aplicación de estrategias complejas, lo que permite activar de forma directa sistemas cognitivos de base, como la atención sostenida, la atención dividida y la memoria de trabajo visoespacial. Esta simplicidad estructural facilita la focalización del esfuerzo mental sobre funciones específicas, sin interferencias externas (Parsons et al., 2014).

El principio de aislamiento hace referencia a que la tarea debe activar un conjunto limitado y coherente de funciones cognitivas. Es decir, no debe involucrar una mezcla aleatoria de habilidades, ya que esto puede diluir el impacto del entrenamiento y reducir su efectividad. En cambio, al mantener constantes las demandas cognitivas - como ocurre en el seguimiento de objetos visuales en movimiento - se optimiza la posibilidad de generar cambios duraderos en dichas funciones (Faubert y Sidebottom 2012).

Por otro lado, el principio de sobrecarga implica que la función cognitiva que se desea entrenar debe ser desafiada por encima de su nivel actual de rendimiento. Esta sobrecarga controlada promueve mecanismos de adaptación y plasticidad cerebral, favoreciendo mejoras

sostenidas. En este sentido, el programa ajusta automáticamente la dificultad a través de un sistema de umbrales de velocidad: si el participante identifica correctamente los estímulos objetivo, la velocidad de los ensayos siguientes aumenta; si falla, disminuye. De este modo, se asegura que la exigencia se mantenga dentro de la zona de desarrollo próximo, maximizando el impacto del entrenamiento procurando evitar la frustración (Faubert y Sidebottom 2012).

2.4.3. Características Perceptuales de la Tarea MOT

El dispositivo utilizado en el presente estudio corresponde al paradigma 2D-MOT (Multiple Object Tracking en dos dimensiones), a diferencia del NeuroTracker original, que opera en un entorno tridimensional (3D-MOT). Esta distinción no es menor, ya que el entorno 3D permite captar con más facilidad señales de profundidad y de superficie, favoreciendo significativamente el seguimiento de objetos en movimiento. En entornos 2D las diferencias en cuanto a estas claves perceptivas hace más exigente la tarea, lo que podría implicar una variabilidad en el rendimiento de las funciones cognitivas (Cooke et al., 2017; Viswanathan y Mingolla, 2002).

Cooke et al. (2017) demostraron que los umbrales de rendimiento son sistemáticamente más altos en condiciones 3D que en 2D, indicando que los observadores pueden seguir un mayor número de objetos simultáneamente en entornos con profundidad visual. Además, si bien en ambos paradigmas el aumento de la velocidad de los estímulos tiende a reducir el rendimiento, la presencia de claves de profundidad y distancia media entre los objetos atenúan este efecto. Es decir, los participantes son capaces de seguir objetos a mayor velocidad cuando estos están más espaciados y cuando se dispone de información de profundidad. No obstante, cuando los objetos se encuentran demasiado cercanos en

profundidad, puede producirse una forma de “ruido perceptual”, generando interferencia entre objetivos y distractores.

Según los autores, el rendimiento en tareas MOT no depende únicamente de la distancia entre los objetos, sino de la relación entre dicha distancia y la precisión con la que el sistema perceptivo estima esa separación. En otras palabras, los objetos podrían estar relativamente cerca y aún así ser rastreables, siempre que la precisión de la estimación espacial (particularmente en profundidad) sea alta. En cambio, si la precisión es baja, se requeriría una mayor separación entre objetos para mantener un rendimiento equivalente (Cooke et al. 2017).

Este enfoque tiene también implicancias significativas para la memoria de trabajo. En particular, se vincula con la problemática de los llamados “errores de intercambio” en tareas de memoria visual, que ocurren cuando un observador no recuerda el objeto correcto en una ubicación determinada, sino otro objeto presente en la escena. Se ha demostrado que este tipo de errores aumenta cuando el elemento objetivo y otros de características idénticas o similares tienen mayor nivel de proximidad espacial (Bays, 2016). Por tanto, la presencia de señales de profundidad podría ayudar a reducir estos errores al mejorar la correspondencia entre lo que se percibe y lo que se mantiene en la memoria (Cooke et al., 2017).

Los resultados de Viswanathan y Mingolla (2002) complementan estos hallazgos al mostrar que, incluso en entornos 2D, la incorporación de señales visuales que simulan profundidad -como disparidad binocular, sombreado u oclusión- mejora significativamente el rendimiento en tareas MOT, especialmente cuando los objetos se superponen o se mueven a través del mismo plano. En particular, demostraron que la separación perceptiva de los objetos en planos o volúmenes distintos (aunque simulados) permite reducir la interferencia y facilitar el seguimiento atencional. Estos autores sostienen que los mecanismos de atención

operan de forma más eficiente cuando pueden segmentar el espacio visual en niveles jerárquicos.

Un hallazgo relevante proviene del estudio realizado por Dünser et al. (2009), quienes exploraron cómo la manipulación de la profundidad espacial incide en el desempeño de tareas de seguimiento de objetos múltiples (MOT). En sus resultados, los autores observaron que distribuir los objetos a rastrear en dos planos de profundidad, en lugar de concentrarlos todos en un único plano, mejoraba de manera significativa la precisión del seguimiento. Este efecto se mantuvo independientemente de la cantidad de objetos a seguir, lo que sugiere que la segmentación espacial a través de capas facilita la organización y distribución de los recursos atencionales.

Este hallazgo respalda la hipótesis de que la profundidad funciona como una herramienta estructurante para la atención, permitiendo separar perceptualmente los objetos relevantes de los distractores y reducir la interferencia entre ellos. Al introducir una diferenciación en la dimensión de profundidad, el sistema visual parece beneficiarse de una mayor eficiencia en la asignación atencional, lo cual impacta positivamente en el rendimiento de la tarea.

En resumen, tanto Cooke et al. (2017), Dünser (2009) como Viswanathan y Mingolla (2002) sugieren que las claves de profundidad - reales o simuladas- no solo potencian el rendimiento en tareas de seguimiento visual, sino que también fortalecen la calidad de las representaciones mantenidas en la memoria de trabajo, al reducir la interferencia entre objetos similares. En este sentido, aunque el dispositivo empleado en este estudio no genera entornos tridimensionales reales, su diseño en perspectiva visual simula una sensación de profundidad en la pantalla. Esto se logra a través de la ubicación y el movimiento de los objetos sobre un plano en fuga, que da la impresión de cercanía o lejanía. Este componente

visual podría activar mecanismos similares de percepción espacial y segmentación atencional, aspecto que será considerado al interpretar los resultados del presente trabajo.

2.4.4. La Transferencia Como Criterio de Validez de los Programas de Entrenamiento Cognitivo

Para finalizar, un concepto que no se puede dejar de lado en el marco de la aplicación de un programa de entrenamiento cognitivo de estas características, es el de “transferencia”. El mismo hace referencia a si las mejoras obtenidas en la tarea de entrenamiento se extienden o generalizan a otras tareas o situaciones en las que se requieren las mismas funciones cognitivas. En otras palabras, se busca determinar si los beneficios del entrenamiento se limitan a la tarea practicada o si tienen un impacto más amplio en el funcionamiento cognitivo. Tal como ha sido definido Fransen (2024) , “una transferencia de habilidades es la generalización de las habilidades adquiridas mediante el entrenamiento en diferentes dominios” (p. 2).

Dentro de los tipos de transferencia identificados en la literatura, se destacan la transferencia cercana y la transferencia lejana. La transferencia cercana se produce cuando existe una alta similitud entre el contexto de entrenamiento y el de aplicación, así como entre las tareas involucradas (Fransen, 2024). Por ejemplo, cuando se busca entrenar la memoria verbal a corto plazo mediante ejercicios de dígitos y luego observar mejoras en tareas similares de repetición de números. Chabris y Simons (como se citó en Furley & Memmert, 2011), defienden la hipótesis de que un desarrollo marcado de una capacidad para una actividad determinada, no implica un desempeño igual o mejor en otras actividades que implican ese mismo tipo de capacidades.

En cambio, se habla de transferencia lejana cuando el contexto y el tipo de tarea entrenada difieren sustancialmente de aquellos en los que se pretende aplicar lo aprendido. En

este caso, las funciones cognitivas entrenadas y las requeridas en la tarea evaluada sólo se solapan parcialmente (Fransen, 2024), como ocurre cuando se entrena atención mediante una tarea de seguimiento de objetos y se espera observar mejoras en el rendimiento atencional en escenarios de la vida diaria, como el rendimiento académico en general. Es decir, esto supone que la práctica de una determinada actividad producirá potencialmente adaptaciones en las funciones cognitivas básicas, que se verían reflejadas en habilidades propias de dominios más remotamente relacionados con las habilidades entrenadas (Furley & Memmert, 2011).

Quienes sentaron las bases de la conceptualización de transferencia, así como una fuerte postura frente a la misma, fueron Thorndike & Woodworth (1901) con su teoría denominada “transferencia por elementos idénticos”. La misma indica que toda habilidad que pueda llegarse a adquirir a partir de un entrenamiento está estrechamente ligada y comparten elementos y procesos con los estímulos, tareas y respuestas requeridas y puestas en juego durante el aprendizaje (entrenamiento propiamente dicho). La transferencia depende de que hayan elementos compartidos. En la transferencia cercana se comparten muchos elementos, mientras que en la lejana se comparten menos. Los autores indican que la lejana suele ser poco frecuente, lo único que aseguraría transferencia es que hayan elementos idénticos compartidos. Mientras menos sean los elementos compartidos entre el entrenamiento y el contexto o tarea final de aplicación, o más disímiles sean entre sí, menor será la transferencia, e incluso llegando a ser nula. En palabras simples, entrenar una habilidad o tarea específica no asegura mejoría o transferencia a dominios cognitivos generales y contextos más complejos de aplicación (Thorndike & Woodworth, 1901; Simons et al., 2016).

Por último, no se puede dejar de mencionar que hay unos pocos autores que introducen otra categoría, un nivel medio de transferencia. La transferencia media puede entenderse como aquella en la que los beneficios del entrenamiento se extienden hacia tareas

que comparten la misma habilidad cognitiva de base, pero difieren en la modalidad en que dicha habilidad se pone en juego. En este sentido, se sitúa en un punto intermedio entre la transferencia cercana (alta similitud de tarea y contexto) y la lejana (baja similitud), ya que involucra un solapamiento parcial de procesos. Un ejemplo de ello es el entrenamiento de la memoria de trabajo en modalidad visoespacial que produce mejoras en pruebas de memoria de trabajo verbal. (Buschkuehl et al., 2014, Blacker et al. 2018).

Con respecto a este tipo de transferencia, Klingberg (2010) menciona que no se esperaría que el entrenamiento que actúa sobre áreas sensoriales específicas genere transferencia hacia otras modalidades cognitivas, dado que sus efectos permanecen restringidos al tipo de procesamiento entrenado. Sin embargo, el mismo autor advierte que los entrenamientos que involucran cortezas de asociación superiores podrían producir efectos más amplios. En particular, los cambios neuronales en la red intraparietal-prefrontal (implicada en el control atencional y la memoria de trabajo) podrían traducirse en mejoras que trasciendan la modalidad entrenada, favoreciendo una transferencia de nivel medio entre tareas con demandas cognitivas compartidas.

Tras la delimitación de los principales constructos teóricos involucrados en esta investigación, se torna necesario revisar investigaciones previas que hayan explorado programas de estimulación cognitiva basados en tareas MOT. De esta forma se busca contextualizar empíricamente el presente estudio y reconocer los aportes y limitaciones de los antecedentes disponibles.

2.5. Antecedentes

La literatura actual sobre el entrenamiento de funciones cognitivas mediante tareas MOT es amplia y presenta resultados diversos. A continuación, se exponen estudios previos que investigan el impacto de esta modalidad de entrenamiento cognitivo en el rendimiento de

distintas poblaciones. Se hace especial hincapié en aquellas investigaciones que abordan funciones cognitivas específicas que son objeto de análisis en este trabajo - atención, funciones ejecutivas-, así como en la forma en que los efectos del entrenamiento se transfieren a otras tareas o entornos aplicados.

Si bien la mayoría de estas investigaciones se centran en poblaciones clínicas o en atletas, sus hallazgos resultan relevantes por el tipo de funciones evaluadas y los enfoques metodológicos empleados. Además, cabe señalar que en poblaciones con características similares a la de este estudio -es decir, estudiantes universitarios sanos- la bibliografía disponible aún es escasa, lo que refuerza el valor de este trabajo como aporte al campo.

2.5.1. Evidencia Sobre Entrenamiento MOT en otras poblaciones

En poblaciones militares, Vartanian et al. (2016) evaluaron la eficacia del entrenamiento con *NeuroTracker* sobre la memoria de trabajo en 41 miembros de las Fuerzas Armadas, asignados a tres condiciones (experimental, control activo y control pasivo). Tras diez sesiones de seguimiento tridimensional de objetos, solo el grupo experimental mostró mejoras significativas en las tres medidas cognitivas administradas. Los autores concluyeron que el *NeuroTracker* podría potenciar la memoria de trabajo, aunque reconocen limitaciones asociadas al breve periodo de entrenamiento y al tamaño muestral reducido.

De forma complementaria, Harris et al. (2020a) examinaron la transferencia del *NeuroTracker* en 84 participantes distribuidos en cuatro condiciones de entrenamiento. Se observaron mejoras significativas únicamente en memoria de trabajo, sin efectos en tareas de transferencia cercana o lejana. Los autores interpretan que los beneficios se restringen a funciones que comparten demandas cognitivas con la tarea entrenada, evidenciando una transferencia de nivel medio. En conjunto, ambos estudios respaldan que el *NeuroTracker*

fortalece la memoria de trabajo en poblaciones sanas y entrenadas, aunque los efectos permanecen circunscriptos a funciones afines.

En el ámbito deportivo, Moen, Hrozanova y Stiles (2018) evaluaron a 60 atletas de élite mediante un diseño experimental cruzado. Tras cinco semanas de entrenamiento perceptivo-cognitivo con *NeuroTracker (3D-MOT)*, se registró una mejora específica en la variable de actualización, componente central de la memoria de trabajo según *Miyake y Friedman (2012)*, sin cambios amplios en otras funciones ejecutivas. Los autores atribuyen estos resultados a la especificidad del entrenamiento y al contexto motivacional de los deportistas.

Resultados semejantes fueron reportados por Scharfen y Memmert (2021) en 29 futbolistas de élite: el grupo experimental mejoró sólo en la tarea entrenada, sin cambios en atención, velocidad de procesamiento ni funciones ejecutivas. Fleddermann et al. (2019), con 43 jugadores de voleibol, hallaron mejoras en atención sostenida y velocidad de procesamiento (transferencia cercana), pero no en memoria de trabajo ni en transferencia lejana. En contraste, Komarudin et al. (2020) observaron en 20 arqueros mejoras significativas en concentración y desempeño deportivo, sugiriendo transferencia cercana y lejana, aunque el reducido tamaño muestral limita la generalización. De modo similar, Romeas, Guldner y Faubert (2016) reportaron en 23 futbolistas universitarios mejoras en la precisión de los pases, aunque no en otras habilidades técnicas, reforzando la hipótesis de una transferencia selectiva hacia contextos dinámicos y complejos.

En poblaciones con bajo funcionamiento cognitivo, Archambault et al. (2021) exploraron la implementación del *NeuroTracker* en 13-17 años con CI dos a tres desviaciones por debajo de la media. Tras 15 sesiones, se observó una mejora significativa en comprensión lectora, aunque no en otras habilidades académicas. A pesar de ser un estudio de viabilidad,

demonstró que las pruebas estandarizadas pueden captar variaciones incluso ante efecto piso, sugiriendo que, en poblaciones típicas, estas medidas podrían ser aún más sensibles a los efectos del entrenamiento cognitivo.

Finalmente, en población envejecida, Assed et al. (2020) realizaron un estudio piloto con 44 adultos mayores sanos, comparando un grupo que combinó *NeuroTracker (3D-MOT)* con entrenamiento cognitivo tradicional frente a otro que solo realizó este último. Ambos mejoraron su rendimiento cognitivo, aunque el grupo combinado mostró progresos más pronunciados. Los autores advierten que, al tratarse de un entrenamiento mixto y con muestra reducida, no es posible atribuir los efectos exclusivamente al componente MOT.

2.5.2. Entrenamiento Cognitivo en Estudiantes Universitarios

La evidencia previa muestra que los efectos del entrenamiento MOT tienden a depender del grado de similitud entre la tarea entrenada y las demandas del contexto de aplicación. Así, los beneficios han sido más consistentes en poblaciones cuya actividad cotidiana involucra procesamiento visoespacial dinámico, como deportistas o personal militar, mientras que en adultos mayores o en personas con discapacidad cognitiva el enfoque ha sido principalmente compensatorio (Assed et al., 2020; Archambault et al., 2021). Pese a ello, son escasos los trabajos que examinan si estos entrenamientos generan mejoras significativas en estudiantes universitarios, cuyas demandas cognitivas se relacionan con el aprendizaje y el procesamiento verbal-académico (Harris et al., 2018). Esta brecha en la literatura resalta la necesidad de investigar la pertinencia y el alcance del MOT en este grupo etario.

Dentro de los estudios revisados destaca uno realizado por Esquivel-Gómez (2021), cuyo objetivo fue evaluar el efecto de un programa multimedia de entrenamiento cognitivo sobre la memoria de trabajo en estudiantes universitarios. Para ello, se diseñó un estudio

cuasi-experimental con pre y post test, que comparó un grupo experimental, que recibió el entrenamiento con el software NeuronsWorkOut, con un grupo control activo, que participó en un taller de escritura académica.

La muestra estuvo compuesta por 29 estudiantes de carreras vinculadas con docencia básica y sistemas computacionales. El programa de entrenamiento cognitivo consistió en rutinas multimedia compuestas por tareas breves, variadas y repetitivas, diseñadas para estimular el almacenamiento y procesamiento simultáneo de información verbal y visoespacial. La duración total del entrenamiento fue de 10 sesiones, con una frecuencia de dos veces por semana.

Para la evaluación de los efectos, se utilizaron tareas cognitivas estandarizadas. La memoria operativa verbal se evaluó mediante una tarea de dígitos con interferencia, mientras que la memoria operativa visoespacial se midió con una tarea de matrices visoespaciales con carga dual. Además, se incluyó la prueba de matrices progresivas de Raven como medida secundaria, orientada a explorar posibles cambios en la inteligencia fluida.

Los resultados indicaron que el grupo experimental presentó mejoras estadísticamente significativas en la memoria operativa visoespacial, con un tamaño del efecto notable. En cuanto a la memoria verbal, también se observó una mejora, aunque de magnitud mediana y sin alcanzar significación estadística. No se encontraron cambios significativos en la inteligencia fluida medida.

Otro estudio relevante para explorar las posibilidades y límites de la transferencia de los entrenamientos cognitivos digitales en esta población, fue el llevado a cabo por Linares et al. (2019). Su objetivo fue comparar la eficacia de dos paradigmas de entrenamiento en memoria de trabajo (n-back y actualización aritmética) en 193 estudiantes de Psicología y Trabajo Social (edad media = 21,36; DE = 3,49). Los participantes realizaron sesiones de

práctica con uno de los dos paradigmas. Para evaluar la transferencia del entrenamiento, se aplicaron tareas pre y post intervención que incluían medidas de transferencia cercana (versiones distintas de los paradigmas entrenados), transferencia cercana extendida (tareas de memoria de trabajo compleja) y transferencia lejana (tareas de inteligencia fluida).

El estudio concluyó que en ambas modalidades se observó una mejora en tareas similares a las entrenadas, pero no en tareas estructuralmente diferentes. En concreto, quienes entrenaron con n-back no mostraron transferencia a tareas de actualización aritmética, ni viceversa. Esto, según los autores, se debe a que ambas tareas, aunque comparten procesos como el requisito de actualización de la información, difieren en otros aspectos clave, como el carácter de la información a procesar. Un hallazgo relevante adicional fue que, incluso dentro del mismo paradigma, el grupo que entrenó con n-back numérico no mostró mejoras en una tarea similar que implicaba el mismo procedimiento, pero con letras en lugar de números, lo que sugiere una transferencia muy limitada incluso ante variaciones superficiales de la tarea original.

En cuanto a trabajos específicos basados en el Paradigma MOT, se identifica como relevante el de Parsons et al. (2014), quienes llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar los efectos del entrenamiento perceptivo-cognitivo con NeuroTracker (3D-MOT) en memoria de trabajo, atención y velocidad de procesamiento en población sana. Reclutaron a 20 estudiantes universitarios, quienes fueron asignados aleatoriamente a un grupo experimental (n=10) y un grupo control pasivo (n=10), sin diferencias significativas entre ambos en edad ni nivel educativo.

El diseño fue experimental con pre y post test, e incluyó 10 sesiones de entrenamiento realizadas dos veces por semana durante cinco semanas para el grupo experimental, mientras que el grupo control no realizó ninguna actividad.

Tanto la evaluación como la reevaluación consistieron en una sesión de entrenamiento 3D-MOT, una batería de pruebas neuropsicológicas y un electroencefalograma cuantitativo (qEEG). Las pruebas neuropsicológicas incluyeron la Prueba de Rendimiento Continuo Visual y Auditivo Integrado (IVA+Plus CPT), subpruebas seleccionadas del WAIS-III (búsqueda de símbolos, código, diseño de bloques, secuencia numérica, secuencia letra-número y amplitud espacial), la prueba de atención d2 y la Prueba de Interferencia Color-Palabra del D-KEFS. La memoria de trabajo fue evaluada específicamente mediante las subpruebas secuencia de letras y números y amplitud espacial del WAIS-III.

Los resultados mostraron mejoras significativas en el grupo experimental en atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento visual ($p < .01$). En particular, se observaron incrementos significativos en las subpruebas de memoria de trabajo, evidenciando la eficacia del entrenamiento con NeuroTracker en esta función cognitiva.

Los autores concluyen que el entrenamiento con 3D-MOT tiene el potencial de mejorar la cognición en población sana, lo cual se refleja no solo en las pruebas conductuales, sino también en cambios neuroeléctricos medidos por EEG. No obstante, se aprecian limitaciones importantes como el tamaño reducido de la muestra y el uso de un grupo control pasivo, lo cual podría limitar la generalización de los resultados.

Otro estudio relevante en este grupo poblacional es el de Harris et al. (2020b). El mismo estuvo compuesto por dos experimentos con el objetivo de examinar el rol de la memoria de trabajo (MT) y la atención visual en el desempeño en tareas MOT, en especial en contextos de experiencia deportiva. En el Experimento 2, de relevancia para esta investigación, participaron 36 estudiantes universitarios (edad media = 22,5 años), asignados aleatoriamente a un grupo de entrenamiento con NeuroTracker (3D-MOT) o a un grupo control pasivo.

El diseño fue experimental mixto con medidas pre y post intervención. El entrenamiento consistió en 5 sesiones de 20 minutos distribuidas en un periodo de 12 a 14 días, cada una compuesta por 4 bloques de 20 ensayos. Las variables evaluadas fueron el rendimiento en la tarea MOT (porcentaje de aciertos), el comportamiento de la mirada y la memoria de trabajo, evaluada mediante una tarea n-back (3-back y dual 2-back) al inicio y al final del protocolo. Los resultados mostraron que el grupo de entrenamiento presentó mejoras significativas tanto en la tarea de MOT como en la tarea de memoria de trabajo (tarea n-back), en comparación con el grupo control, que no mostró cambios.

Los autores concluyen que el entrenamiento con NeuroTracker mejora el desempeño tanto en MOT como en memoria de trabajo y que estos efectos están probablemente mediados por un fortalecimiento de capacidades de procesamiento centrales, como la atención encubierta y la MT, más que por cambios en estrategias perceptivo-visuales. Como limitación relevante, señalan que el uso de un grupo control pasivo no permite descartar efectos atribuibles al simple contacto con la tarea (Harris et al., 2020b).

2.5.3. Principales Críticas o Límites Del Entrenamiento Cognitivo: ¿Tiene Efectos Reales o Solo Mejora en la Tarea Entrenada?

Una de las principales críticas a los entrenamientos cognitivos de tipo general está vinculada a la posibilidad real de transferencia de las habilidades entrenadas a otras tareas o contextos. Simons et al. (2016) realiza una fuerte crítica a los entrenamientos cognitivos de tipo comercial sosteniendo que como parte de su estrategia de ventas prometen cambios en la cognición general, transferibles a múltiples contextos, que no se condicen de forma sólida con la evidencia empírica.

Explica que para que haya una transferencia de aprendizajes debe existir cierta similitud entre los contextos (el de entrenamiento y el de aplicación) y que depende también

de la interacción entre el contenido y el contexto. Un contenido altamente específico, como una tarea rutinaria, probablemente muestre menos transferencia que un contenido más amplio, ya que probablemente se compartan menos elementos entre el contexto entrenado y el de aplicación. Esta particularidad en los efectos también se observa en las investigaciones sobre plasticidad neuronal, donde los cambios provocados por la práctica suelen limitarse a las estructuras neuronales directamente vinculadas con las conductas ejercitadas.

Este tipo de entrenamiento, en términos generales, proponen tareas de consignas simples que buscan la repetición para lograr el refuerzo de lo que busca entrenar aumentando la dificultad de forma progresiva. El problema es que prometen mejoras cognitivas generalizadas en ámbitos como el rendimiento académico, el desempeño profesional o las competencias sociales a través de tareas altamente específicas y descontextualizadas.

Una revisión sistemática llevada a cabo por Vater (2020) recolecta 16 estudios de NeuroTracker y su objetivo es indagar si dicho programa realmente entrena las habilidades que dicen los creadores y si dichas habilidades se transfieren a otros dominios, más que nada para analizar si se justifica el uso de este tipo de herramientas en el entrenamiento deportivo. Tras analizar 16 artículos -algunos de los cuales se recuperan en este estudio- considerados como los más relevantes hasta el momento solo 3 evaluaban transferencia lejana y 2 de ellos no encontraron efectos positivos. A su vez, el que encontró efectos positivos (Romeas et al., 2016a), fue con una muestra reducida. Además, más allá de que si encontraron más evidencia de transferencia cercana, aun así había algunas fallas metodológicas en varios estudios.

A partir de esto se puede afirmar, no solo que la evidencia de transferencia lejana es aún débil para este tipo de entrenamiento, sino que incluso la supuesta evidencia favorable de transferencia cercana o media corresponde a estudios que presentan fallas metodológicas, uso

inapropiado de estadísticas lo que puede llevar a falsos positivos y gran variabilidad en los diseños experimentales (Vater, 2020).

2.5.4. Brecha en la Literatura y Justificación

Como se ha expuesto previamente, aunque existe un consenso general en la literatura científica respecto a que el entrenamiento cognitivo basado en tareas de seguimiento de objetos múltiples (MOT) puede producir mejoras en la propia tarea entrenada o en demandas cognitivas similares, la evidencia no es concluyente respecto a su impacto en funciones cognitivas de mayor complejidad y en contextos más diversos que comparten menos elementos con la tarea de entrenamiento (Harris et al., 2020; Vater, 2020; Scharfen y Memmert, 2021). Esta falta de evidencia sólida sobre la transferencia lejana constituye una de las principales brechas en el campo.

En la revisión de la evidencia disponible se observa que la mayoría de los estudios se concentran en demostrar transferencia cercana, mientras que los hallazgos sobre transferencia lejana son más escasos y con limitaciones importantes. Algunos trabajos como los de Romeas et al. (2016), Komadurin et al. (2018) Vertain et al. (2019) aportan evidencia en este sentido, particularmente en contextos deportivos, pero lo hacen con muestras pequeñas o periodos de entrenamiento reducidos, lo que restringe su generalización. Incluso autores como Simons et al. (2016) sostienen que no existe evidencia suficiente para afirmar que este tipo de entrenamientos produzcan transferencia lejana significativa.

Otro aspecto importante a destacar son las inconsistencias metodológicas presentes en la bibliografía, incluso en aquellos estudios que reportan evidencia de transferencia cercana. Gobet y Sala (2022), en su revisión sistemática, enfatizan la presencia de múltiples fallas metodológicas en este tipo de investigaciones, tales como el uso de grupos de control pasivos, tamaños muestrales reducidos, entrenamientos de corta duración y análisis estadísticos poco

rigurosos. Estos aspectos pueden generar un “optimismo injustificado” frente a resultados positivos, limitando la validez de las conclusiones y poniendo en cuestión la aplicabilidad de los hallazgos a gran escala. A ello se suma la gran heterogeneidad metodológica entre los estudios, que no solo dificulta la comparación de hallazgos, sino que también obstaculiza la construcción de conclusiones consistentes.

Por otro lado, debe señalarse que gran parte de la evidencia positiva proviene del ámbito deportivo, donde las demandas cognitivas comparten más elementos con las tareas MOT que en entornos académicos. Esto plantea un interrogante central: ¿es suficiente entrenar un aspecto específico de una función cognitiva para potenciarla en todas sus modalidades y aplicaciones, incluso en contextos que difieren de manera significativa del de entrenamiento?

A su vez, la evidencia en estudiantes universitarios resulta aún más limitada. Es indiscutible que existen estudios alrededor del paradigma MOT en esta población (Liang et al., 2022; Thornton et al., 2014), sin embargo no hay una literatura amplia que explore las consecuencias de un entrenamiento cognitivo y las posibilidades de transferencia a otros contextos. Parsons et al. (2016), quien realizó un estudio muy similar al aquí expuesto, reportan ciertos beneficios en esta población, pero sus estudios también presentan limitaciones metodológicas que impiden extraer conclusiones definitivas. Considerando que funciones como la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento resultan esenciales en esta etapa de la vida académica, se vuelve fundamental atender su desarrollo y mantenimiento. Además, diversos trabajos alertan sobre un declive en el rendimiento de estas funciones en jóvenes sobreexposados a estímulos y multitarea digital, por lo que la exploración de intervenciones efectivas resulta particularmente relevante.

Cabe destacar también que, en la era de la inmediatez, la capacidad de espera, de análisis y razonamiento - en el fondo habilidades vinculadas a procesos ejecutivos y atencionales- se han visto mermadas, producto del crecimiento vertiginoso de la exposición a dispositivos tecnológicos en el día a día. Diversos estudios ponen en evidencia el impacto que tienen los altos niveles de estrés y ansiedad en el rendimiento cognitivo de esta población (Bech et al. 2007). Los estudiantes en general suelen presentar quejas en cuanto a dificultades para concentrarse y resolver diferentes tipos de tareas en entornos educativos, por lo buscar diversas vías para fortalecer estas capacidades constituye una necesidad y una responsabilidad social (Aldana, 2022; Giraldo-Luque & Fernández-Rovira, 2020).

Otro aspecto poco explorado es la utilización de versiones 2D del MOT, en comparación con modalidades más inmersivas como el NeuroTracker 3D. Los estudios recientes se han concentrado en las versiones tridimensionales, mientras que la evidencia sobre modalidades 2D es escasa. Este vacío cobra especial importancia en el contexto nacional y provincial, donde las condiciones socioeconómicas pueden limitar el acceso a tecnologías inmersivas de alto costo. Indagar los resultados obtenidos mediante dispositivos más simples, como el utilizado en este estudio, abre la puerta a evaluar su potencial implementación en el ámbito educativo, siempre que los efectos observados justifiquen la inversión.

En síntesis, este trabajo busca contribuir a la evidencia disponible sobre las posibilidades de transferencia en entrenamientos cognitivos basados en una tarea MOT, siendo significativo que el entrenamiento en cuestión sea en dos dimensiones. A su vez, se abordan algunas de las limitaciones metodológicas previamente señaladas, poniendo el foco en una población poco estudiada como la universitaria. El estudio no solo pretende aportar al conocimiento teórico del campo, sino también explorar la viabilidad práctica de

intervenciones accesibles y de costos razonables que puedan potenciar funciones cognitivas clave en jóvenes universitarios, en un contexto social y educativo que exige cada vez mayores recursos cognitivos para afrontar sus demandas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Objetivos, hipótesis y variables

3.1.1. *Objetivo general*

Evaluar el efecto de un entrenamiento sostenido con un programa 2D-MOT sobre la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento en estudiantes universitarios de 18 a 21 años de la ciudad de San Juan, Argentina, en comparación con un grupo control activo.

3.1.2. *Objetivos Específicos*

- Evaluar las variaciones intragrupo en las funciones cognitivas, mediante la comparación pre–post intervención en el grupo experimental y en el grupo control activo.
- Comparar el rendimiento de la atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento entre el grupo experimental y el grupo control activo antes y después de la intervención.
- Evaluar las variaciones intragrupo en el rendimiento en la tarea 2D-MOT mediante la comparación pre–post intervención en el grupo experimental y en el grupo control activo.
- Comparar el rendimiento en la tarea 2D-MOT entre el grupo control y el grupo experimental antes y después del entrenamiento.
- Examinar la evolución del rendimiento en el paradigma 2D-MOT a través de las distintas sesiones en el grupo experimental.

3.1.3. *Hipótesis*

Se espera que, al comparar los resultados pre y post entrenamiento, los estudiantes del grupo experimental (entrenados con el programa 2D MOT) presenten un mayor rendimiento

en la tarea y mejoras significativas en pruebas de atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento, en comparación con los estudiantes del grupo control activo (entrenados con un videojuego no cognitivo).

3.1.4. Variables

En el siguiente apartado se definen las variables que son analizadas en el trabajo. La variable independiente del estudio experimental está constituida por la presencia o ausencia del entrenamiento con el programa 2D-MOT. Las variables dependientes consistieron en:

4. **Rendimiento en la tarea 2D MOT** (en instancias pre y post prueba). Se midió mediante la velocidad de movimiento promedio del estímulo en pantalla (Prom Speedball), el promedio de la cantidad de estímulos objetivo correctamente identificados en cada intento (Prom Correct ball) y la cantidad de aciertos totales (4 estímulos correctos) en cada intento (Correct 4 balls) ([Procedimiento](#)).
5. **Rendimiento atencional.** Evaluado a través de los resultados del *Trail Making Test A y B (TMT-A y TMT-B)*, la medida de *span* atencional de la subprueba Dígitos en orden directo del *WAIS-IV*, el primer intento del *Rey Auditory Verbal Learning Test (RAVLT)*, la subprueba de *Claves* del *WAIS-IV* y los ensayos 1 y 2 del *Stroop Test*.
6. **Rendimiento de Memoria de Trabajo.** Medido mediante las tareas *Dígitos hacia atrás*, *Meses hacia atrás* y *Memoria de trabajo visual* del *Ineco Frontal Screening (IFS)*, así como las subpruebas *Dígitos* y *Aritmética* del Índice de Memoria Operativa (IMO) del *WAIS-IV*.
7. **Rendimiento de velocidad de procesamiento.** Evaluado a través de las subpruebas *Búsqueda de símbolos* y *Claves numéricas* del Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP) del *WAIS-IV*.

3.2. Diseño

La presente investigación adopta un diseño experimental puro con enfoque cuantitativo (Hernandez Sampieri, 2018). Está orientada a evaluar el impacto de un programa de entrenamiento cognitivo basado en una tarea 2D-MOT sobre funciones cognitivas específicas: atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento. Se trabajó con dos grupos equivalentes: un grupo experimental y un grupo control activo. La manipulación de la variable independiente -la exposición al entrenamiento 2D-MOT- se aplicó únicamente al grupo experimental, mientras que el grupo control realizó el entrenamiento con un videojuego sin demanda cognitiva. El diseño incluyó fase de preprueba y postprueba, así como una fase de entrenamiento entre medio que tuvo una duración de 6 semanas.

Este trabajo se desarrolló en el marco de un proyecto de investigación, dirigido por la Dra. Diana Bruno y el Dr. Pablo Diez, con la participación de investigadores del Instituto de Investigación en Psicología Básica y Aplicada (IIPBA) de la UCCuyo y del Instituto de Bioingeniería (INBIO) de la UNSJ. Más allá de los datos presentados en este trabajo, el proyecto original incorporó otras variables y técnicas de recolección, incluyendo el registro de actividad electrofisiológica mediante electroencefalograma. En este informe se reportan exclusivamente los resultados conductuales y cognitivos obtenidos.

3.3. Participantes

La población estuvo constituida por estudiantes universitarios sanos, sin antecedentes neurológicos o psiquiátricos, de entre 18 y 21 años. El tipo de muestreo fue no probabilístico, intencional, ya que se priorizó la incorporación de individuos que cumplieran con los criterios de inclusión, sin buscar representatividad estadística de una población más amplia

(Hernandez Sampieri, 2018). Esta decisión metodológica respondió al interés de contar con una muestra accesible y homogénea en relación con las variables de estudio.

La muestra final estuvo conformada por 40 estudiantes universitarios de primer y segundo año de las carreras de Licenciatura en Psicología e Ingeniería, pertenecientes a universidades de la ciudad de San Juan, Argentina, de gestión pública y privada. Esta elección respondió tanto a la accesibilidad de la población -perteneciente a las facultades directamente involucradas en el proyecto- como a la posibilidad de asegurar la asistencia regular de los participantes a las sesiones de entrenamiento y evaluación.

3.3.1. Criterios de elegibilidad

A continuación se mencionan aquellos criterios que se tuvieron en cuenta para seleccionar la muestra:

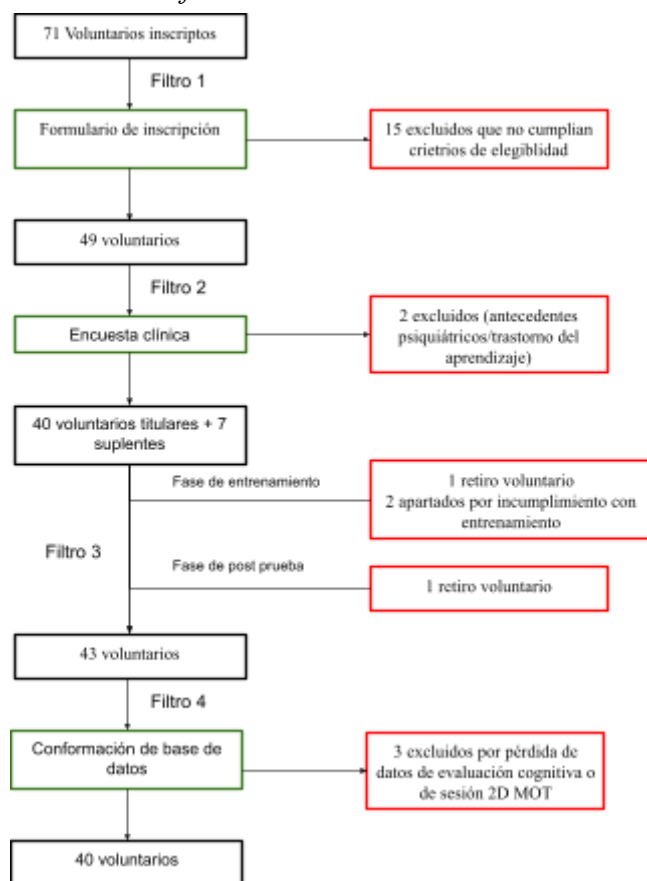
- Tener entre 18 y 21 años.
- Ser estudiante regular de la carrera de Psicología de la UCCuyo o de las carreras pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la UNSJ.
- Ausencia de antecedentes psiquiátricos.
- Ausencia de antecedentes neurológicos o del neurodesarrollo.
- Ausencia de antecedentes de consumo de sustancias psicoactivas (a excepción de tabaco y alcohol de forma moderada).

Al momento de definir la muestra, se implementaron dos instancias de filtro para garantizar que los voluntarios cumplieran adecuadamente con los criterios de elegibilidad establecidos. Estas instancias consistieron en un formulario de inscripción inicial creado mediante la plataforma Jotform ([Ver Anexo A](#)) y una encuesta clínica ([Ver Anexo B](#)), mediante los cuales los participantes proporcionaron información relevante que permitió verificar su elegibilidad.

Asimismo, durante el desarrollo del proceso algunos participantes se retiraron voluntariamente en diferentes etapas (entrenamiento o fase de post-prueba). Otros fueron excluidos por la investigadora por no cumplir con el número mínimo de sesiones de entrenamiento estipuladas para la presente investigación. Finalmente, la definición de la muestra se completó en la etapa de conformación de la base de datos, momento en el cual se excluyeron los casos que presentaban pérdida de datos relevantes para el análisis. En la Figura 2 se presenta un diagrama de flujo que describe la conformación de la muestra.

Figura 2.

Proceso de conformación de la muestra.

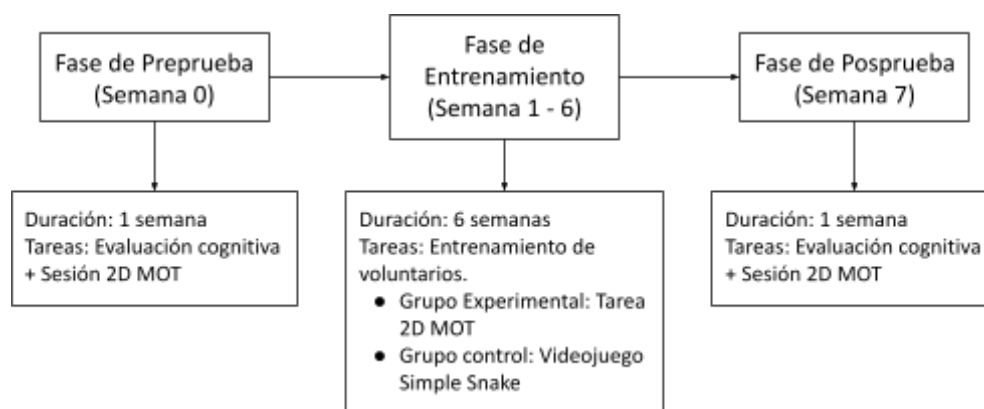


3.4. Procedimiento

Para la realización del estudio se convocó a estudiantes de primer y segundo año de la carrera de Psicología de la Universidad Católica de Cuyo (UCCuyo) y de Ingeniería de la

Universidad Nacional de San Juan (UNSJ), quienes participaron de manera voluntaria. La convocatoria se llevó a cabo mediante la difusión de un formulario de inscripción entre los alumnos de los cursos correspondientes. Este instrumento permitió recopilar los datos iniciales y aplicar los criterios de inclusión y exclusión definidos para el estudio. Una vez seleccionados los participantes, se los contactó a través de WhatsApp para notificarles su incorporación al proyecto y brindarles información detallada sobre los objetivos, condiciones y compromisos de participación. El desarrollo de esta investigación se dividió en tres etapas: preprueba, entrenamiento y postprueba (Figura 3).

Figura 3.
Etapas de la investigación.



La pre prueba consistió en una evaluación cognitiva de aproximadamente 45 minutos, diseñada para medir las funciones ejecutivas, velocidad de procesamiento y la atención de los participantes. Tanto en la fase de preprueba (semana 0) como en la postprueba (semana 7) se administraron los mismos instrumentos a ambos grupos, siguiendo las recomendaciones metodológicas para minimizar posibles sesgos (Hernandez Sampieri, 2018). Durante la preprueba se incluyó, además, una encuesta clínica destinada a recopilar información relevante sobre los voluntarios seleccionados y a corroborar los datos obtenidos en el

formulario de inscripción, funcionando esta instancia como un segundo filtro para garantizar la adecuación de la muestra.

La inclusión de esta preprueba ofrece dos ventajas claves. Primero, permite controlar variables experimentales, ya que al comparar los resultados entre los grupos se puede evaluar la efectividad de la asignación aleatoria, lo cual es especialmente útil con grupos pequeños. Segundo, facilita el análisis de las mejoras en cada grupo, midiendo la diferencia entre las evaluaciones de la preprueba y la posprueba (Hernandez Sampieri, 2018).

Además, el uso de una preprueba garantiza que cualquier efecto de la evaluación sobre la evaluación de la posprueba fuera similar en ambos grupos, manteniendo la equivalencia entre ellos y reduciendo posibles sesgos en los resultados (Hernandez Sampieri, 2018).

De forma previa a iniciar la etapa de entrenamiento, se distribuyó de forma aleatoriamente a los 47 voluntarios en 2 grupos: un grupo experimental (GE), que realizó el entrenamiento con un programa 2D MOT y un grupo de control (GC), que utilizó el juego de ordenador sin demanda cognitiva llamado "Simple Snake". Con el fin de asegurar la equivalencia entre ambos grupos, a excepción de la presencia o ausencia de la variable independiente (Hernandez Sampieri, 2018), las condiciones de entrenamiento (periodo, frecuencia, cantidad y duración de las sesiones) fueron idénticas para ambos.

La distribución aleatoria de los participantes en los grupos garantiza una equivalencia probabilística entre ellos (Kirk, 2012, como se citó en Hernandez Sampieri, 2018). Esto ayudó a reducir la posibilidad de que variables extrañas y fuentes de invalidación interna ejercieran una influencia diferencial en las variables dependientes y que afectasen de manera sistemática los resultados del estudio (Christensen, 2006, como se citó en Hernandez Sampieri, 2018)

La etapa de entrenamiento se llevó a cabo durante seis semanas, con un total de 12 sesiones de 21 minutos, distribuidas en hasta tres sesiones por semana. Cada sesión comprendió dos rondas de 10 minutos, separadas por un descanso de un minuto. Los participantes del grupo experimental usaron el programa 2D MOT, mientras que los del grupo control jugaron "Simple Snake".

Las sesiones se realizaron en computadoras con características específicas de los institutos de investigación INBIO (Facultad de Ingeniería de la UNSJ) e IIPBA (Facultad de Filosofía y Humanidades UCCuyo), según la afiliación de cada participante. En todas las sesiones los participantes se encontraban sentados a una distancia de 0,5 m del monitor. Todos los ensayos se llevaron a cabo bajo condiciones controladas (distancia de 0,5 m al monitor, iluminación y entorno estandarizados). De esta forma “el efecto de las fuentes de invalidación interna es eliminado, así como el de otras posibles variables independientes que no son manipuladas o no interesan” (Hernandez Sampieri, 2018 p. 172).

El puntaje del programa NeuroTracker se registró automáticamente en una hoja de cálculo de Excel. En la misma figura la cantidad de aciertos, cantidad de errores y velocidad de las esferas (m/s) en cada intento (Harris et al.2020a). Los puntajes del grupo control se anotaron manualmente y se registraron semanalmente.

Al finalizar el entrenamiento, en la etapa de post prueba, se repitió la evaluación cognitiva y la sesión 2D MOT para medir posibles cambios en la cognición y en el rendimiento de la tarea; y así posteriormente comparar los resultados de ambos grupos.

Por motivos prácticos, los voluntarios fueron citados para la fase de preprueba y posprueba en las mismas instituciones donde estudian, donde a su vez realizaban los entrenamientos. Cabe aclarar que, en el caso de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería,

la fase de recolección de datos comenzó una semana después que para los estudiantes de la UCCuyo, debido a razones de organización y disponibilidad.

Posteriormente a la recolección de los datos necesarios, se confeccionó una base de datos anonimizada con el propósito de resguardar la información de los participantes y garantizar la integridad del proceso de análisis. En dicha base se integró la totalidad de la información recolectada a lo largo del estudio, incluyendo los datos provenientes de la encuesta clínica individual, así como los puntajes obtenidos en cada una de las pruebas cognitivas administradas. Asimismo, se incorporaron los registros de desempeño correspondientes a la tarea MOT, tanto de las fases de preprueba y postprueba como de la fase de entrenamiento.

3.4.1. Aspectos Éticos

El presente trabajo se enmarcó dentro de los parámetros establecidos para la promoción de la Psicología como disciplina científica, de acuerdo con el Código de Bioética de la Federación de Psicólogos de la República Argentina (Fe.P.R.A.), modificado en el año 2013 (FePra, 2013). El proyecto que da origen a este TIF fue evaluado y aprobado por un Comité de Ética acreditado, lo cual garantiza el resguardo de los derechos, la seguridad y el bienestar de los participantes a lo largo de todo el proceso investigativo.

Asimismo, este estudio adhirió a los principios éticos de la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2013), documento de referencia internacional que orienta la conducta ética en investigaciones con seres humanos. Dicha declaración establece la obligación de priorizar la salud, la dignidad y los derechos de las personas participantes en toda investigación científica.

En consonancia con estos principios, los participantes fueron informados de manera clara y completa sobre todos los aspectos relevantes del estudio, incluyendo sus objetivos,

procedimientos, posibles riesgos, beneficios y las implicancias de su participación. Solo después de esta instancia de información se les solicitó la lectura y firma del consentimiento libre e informado, considerado un componente esencial para el respeto de la integridad, la autonomía, la privacidad y la confidencialidad de los participantes.

La confidencialidad y el anonimato fueron garantizados mediante la asignación de un código de identificación a cada participante, evitando el registro de nombres, apellidos o documentos personales. De esta forma, los datos fueron procesados de manera anónima, asegurando la protección de la identidad individual y el uso responsable de la información recolectada.

En conjunto, estas medidas permiten afirmar que el presente trabajo cumple con los estándares éticos nacionales e internacionales vigentes en materia de investigación en salud y psicología, asegurando un procedimiento responsable, transparente y respetuoso de los derechos humanos ([Ver Anexo C](#)).

3.5. Instrumentos

3.5.1. Evaluación Neuropsicológica

La evaluación neuropsicológica administrada en las fases de pre y post entrenamiento estuvo conformada por una batería de pruebas neuropsicológicas que incluyó: Test de Aprendizaje Verbal de Rey (RALVT), Trail Making Test (TMT), Ineco Frontal Screening (IFS), Test de Stroop, las Subpruebas de Velocidad de Procesamiento y Memoria Operativa del WAIS IV (Dígitos, Aritmética, Claves y Búsqueda de Símbolos) y la subprueba de Matrices del WAIS IV. Además, se incluyó una breve encuesta clínica.

A continuación se describe la encuesta clínica realizada y se detalla cada una de las pruebas cognitivas utilizadas en la Tabla 1.

Tabla 1.*Descripción de los instrumentos de evaluación cognitiva utilizados.*

Prueba	Función cognitiva evaluada	Descripción	Fuente
INECO Frontal Screening (IFS)	Funciones ejecutivas	Instrumento breve compuesto por ocho tareas que evalúan control inhibitorio, memoria de trabajo, abstracción y planificación. Su administración dura aproximadamente 10 minutos y su puntuación máxima es de 30 puntos, con un punto de corte de 25.	Torrvalva et al. (2009)
Test de Aprendizaje Auditivo Verbal de Rey (RAVLT)	Memoria episódica verbal y atención	Evalúa adquisición, recuerdo inmediato, diferido y reconocimiento de material verbal mediante la repetición de una lista de 15 palabras a lo largo de cinco ensayos. El primer intento puede considerarse una medida de memoria de trabajo.	Strauss et al. (2006); Burin et al. (2003); Aghamollaei et al. (2012); Poreh et al. (2012)
Trail Making Test (TMT)	Atención sostenida, alternada y velocidad de procesamiento	Prueba de lápiz y papel compuesta por dos partes: la parte A evalúa rastreo visual y atención sostenida; la parte B, atención alternada y velocidad de procesamiento. Se mide el tiempo total de ejecución.	Margulis et al. (2019)
Test de Colores y Palabras de Stroop (SCWT)	Inhibición cognitiva y control atencional	Evalúa la capacidad de inhibir respuestas automáticas mediante la lectura de listas de palabras y colores en condiciones congruentes e incongruentes. Permite analizar el efecto Stroop y medir atención, velocidad de procesamiento y flexibilidad cognitiva.	Stroop (1935); Scarpina & Tagini (2017)
WAIS-IV – Subprueba Matrices	Razonamiento abstracto y CI estimado	Consiste en seleccionar la figura que completa una serie visual incompleta. Evalúa razonamiento no verbal, procesamiento visual y resolución de problemas abstractos.	Wechsler (2012); Amador (2013); Rosas et al. (2014)
WAIS-IV – Dígitos	Memoria de trabajo y atención	Incluye tres tareas: repetición directa, inversa y en orden creciente de secuencias numéricas. Evalúa memoria auditiva inmediata, atención y manipulación activa de la información.	Wechsler (2012); Amador (2013); Rosas et al. (2014)
WAIS-IV – Aritmética	Memoria de trabajo y razonamiento numérico	Requiere resolver mentalmente problemas aritméticos en tiempo limitado. Evalúa atención, concentración y memoria de trabajo verbal.	Wechsler (2012); Amador (2013); Rosas et al. (2014)

Prueba	Función cognitiva evaluada	Descripción	Fuente
WAIS-IV – Búsqueda de símbolos	Velocidad de procesamiento	Consiste en identificar si un símbolo objetivo aparece dentro de un conjunto de estímulos en un tiempo determinado. Evalúa rapidez perceptiva y focalización atencional.	Wechsler (2012); Amador (2013); Rosas et al. (2014)
WAIS-IV – Claves numéricas	Velocidad de procesamiento y atención sostenida	El participante debe asociar números con símbolos según una clave y reproducirlos lo más rápido posible. Evalúa velocidad visomotora, atención sostenida y aprendizaje asociativo.	Wechsler (2012); Amador (2013); Rosas et al. (2014)

Encuesta clínica

Se administró una encuesta creada ad hoc orientada a indagar antecedentes clínicos relevantes con el fin de corroborar si cumplían los criterios de inclusión. Se relevaron datos personales como edad, nivel educativo, grupo de convivencia, trabajo y lateralidad. Además, se exploraron posibles alteraciones sensoriales (visual, auditiva, motora, olfativa y gustativa), así como el uso de correctivos o ayudas externas. También se relevaron aspectos del estilo de vida, tales como la práctica de actividad física (tipo, frecuencia y duración), hábitos de sueño (cantidad de horas y dificultades para conciliar, mantener o despertar), consumo de sustancias como tabaco, alcohol y drogas (frecuencia, cantidad y duración) y se consultó por el uso de medicación, especificando el nombre del fármaco y el tiempo de consumo.

3.5.2. Programas utilizados

Los instrumentos utilizados para el entrenamiento cognitivo fueron un programa virtual basado en el seguimiento de múltiples objetos de dos dimensiones (2D MOT) (grupo experimental) y el juego de ordenador "Simple snake" para el grupo control (grupo control).

Ambos fueron utilizados en computadoras con pantallas de 18 pulgadas y sistema operativo Windows 10, garantizando condiciones equivalentes de ejecución.

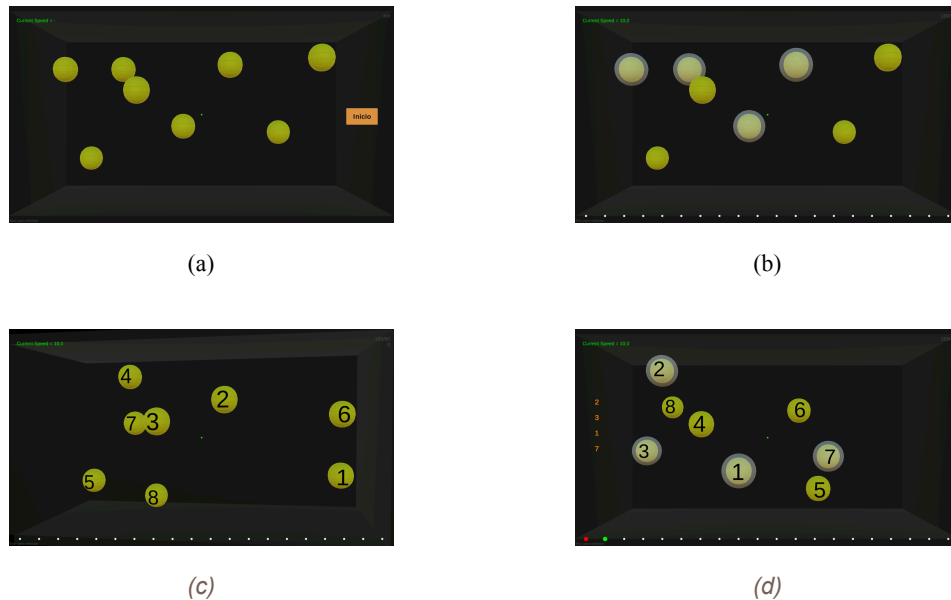
Programa para Grupo Experimental

Como herramienta neurocognitiva se empleó, un software de seguimiento de múltiples objetos (MOT) desarrollado por el Dr. Rodrigo Yanadel Alejandro, perteneciente al INBIO de la Facultad de Ingeniería. Dicho programa fue elaborado con Unity, un motor especializado en el desarrollo de videojuegos.

El programa 2D MOT plantea una tarea de seguimiento visual. En cada ensayo se presentan ocho esferas amarillas en reposo; seguidamente, cuatro de ellas se iluminan momentáneamente para indicar al participante los objetos que deberá seguir. Posteriormente, las ocho esferas se desplazan aleatoriamente por la pantalla durante un breve lapso de tiempo. Al detenerse, cada esfera muestra un número identificador. En ese instante, el participante debe informar al evaluador cuáles fueron las esferas que logró seguir. Si la respuesta es correcta (identificación completa), el indicador ubicado en la parte inferior de la pantalla se ilumina en verde; si es incorrecta (identificación parcial o completamente errónea), se torna rojo. Cada sesión comprende 20 intentos consecutivos, constituyendo una ronda completa (Figura 4).

El programa 2D MOT se aplicó a la totalidad de los participantes durante la fase de pre-entrenamiento (Semana 0) y post-entrenamiento (Semana 7) y de forma exclusiva al grupo experimental durante las semanas de intervención (Semanas 1-6).

Figura 4.
Tarea 2D MOT.



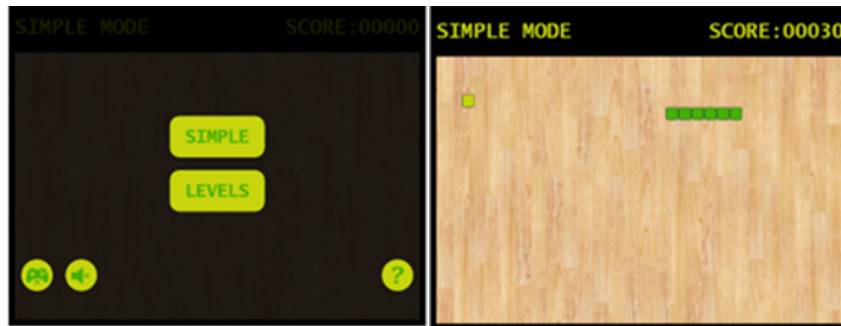
Nota: Las imágenes que componen la Figura 4 muestran el desarrollo de la tarea de seguimiento de objetos. (a) Pantalla de inicio. (b) Iluminación de los objetos a seguir. (c). Selección de objetos seguidos. (d) Retroalimentación de resultados.

Programa para Grupo Control

Para el periodo de entrenamiento del grupo control, se seleccionó el juego “Simple Snake”, descargado desde la plataforma *Microsoft Store* y ejecutado en su modalidad básica. Este juego fue seleccionado por su baja demanda cognitiva, de modo que no generara efectos de transferencia sobre las funciones evaluadas.

Para su utilización, los participantes debían manipular las flechas del teclado con el fin de dirigir el movimiento de la serpiente y alcanzar el objetivo, evitando colisionar tanto con los límites del área de juego como con el propio cuerpo de la serpiente (Figura 5).

Figura 5.
Videojuego Simple Snake.



3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos se registraron en una base de datos diseñada específicamente para este trabajo, utilizando la hoja de cálculo Google Sheets. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa Jamovi versión 2.6.45.0. Se calcularon estadísticos descriptivos (medias, medianas, desvíos, mínima y máxima). Para determinar la distribución de los datos se utilizó la Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk y se evaluó la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

Se evaluaron los supuestos estadísticos en cada análisis, incluyendo normalidad, homocedasticidad e independencia de las varianzas. En función de los resultados obtenidos, se seleccionaron los procedimientos adecuados, aplicando pruebas paramétricas cuando los supuestos fueron satisfechos y alternativas no paramétricas cuando estos no se cumplieron. En todos los análisis se adoptó un nivel de significación de $\alpha = .05$.

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los análisis descriptivos y comparativos realizados sobre las variables cognitivas evaluadas (atención, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento), así como sobre el rendimiento en la tarea 2D-MOT.

En primer lugar se expondrán los análisis descriptivos de la muestra y, posteriormente, se desarrollarán los resultados correspondientes a los objetivos específicos planteados.

4.1. Análisis descriptivo de la muestra

La muestra final estuvo compuesta por 40 participantes, distribuidos equitativamente entre el grupo experimental (GE) ($n = 20$) y el grupo control activo (GC) ($n = 20$). Ambos grupos presentaron una composición demográfica homogénea, sin diferencias relevantes en edad, años de educación ni distribución por sexo. La media de edad en el grupo experimental fue de 19,6 años ($DE = 1,07$), mientras que en el grupo control fue de 19,1 años ($DE = 1,11$). En relación con los años de educación, el grupo experimental presentó una media de 13,3 años ($DE = 0,90$) y el grupo control de 12,9 años ($DE = 0,77$). Como medida aproximada de inteligencia general, se consideraron los resultados obtenidos en el Subtest de Matrices del WAIS IV administrado en la fase de pre test. El grupo experimental presentó una media de 7.85 ($DE = 3.03$), mientras que el grupo control registró una media de 8.85 ($DE = 3.15$), ambos dentro de parámetros normales según valores normativos (Tabla 2).

Tabla 2.
Datos descriptivos de la muestra (N=40).

	Grupo	Años de educación	Edad	Subtest Matrices (WAIS IV)
N	GE	20	20	20
	GC	20	20	20
Media	GE	13.3	19.6	7.85
	GC	12.9	19.1	8.85
Mediana	GE	13.0	19.5	7.50
	GC	13.0	19.0	9.50
Desviación estándar	GE	0.923	1.09	3.03
	GC	0.788	1.14	3.15
W de Shapiro-Wilk	GE	0.828	0.860	0.874
	GC	0.809	0.860	0.943
Valor p de Shapiro-Wilk	GE	0.002	0.008	0.014
	GC	0.001	0.008	0.274

Respecto a la distribución por sexo, la muestra total estuvo compuesta por 25 mujeres (62,5%), 14 varones (33,3%) y 1 persona en proceso de transición de género (2,4%). El grupo experimental incluyó 12 mujeres, 7 varones y 1 persona transgénero, mientras que el grupo control estuvo conformado por 13 mujeres y 7 varones (Tabla 3).

Tabla 3.
Distribución por sexo (N=40).

Sexo		Grupo		Total
		Experimental	Control	
Femenino	Observado	12	13	25
	% de columna	60.0%	65.0%	62.5%
Masculino	Observado	7	7	14
	% de columna	35.0%	35.0%	35.0%
Transgenero	Observado	1	0	1

Sexo		Grupo		Total
		Experimental	Control	
	% de columna	5.0%	0.0%	2.5%
Total	Observado	20	20	40
	% de columna	100.0%	100.0%	100.0%

4.2. Análisis Comparativo Inter e Intragrupal Del Rendimiento En Las Pruebas

Cognitivas

4.2.1. Comparación intragrupal de los puntajes pre y post entrenamiento de la pruebas cognitivas

A continuación se presentan las comparaciones intragrupal entre los puntajes obtenidos en las pruebas cognitivas en la semana 0 (pre entrenamiento) y en la semana 7 (post entrenamiento) de cada uno de los grupos. En cada tabla se señalan los resultados que mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < .05$) entre la evaluación inicial y la posterior a la intervención.

Atención

A continuación se presentan los análisis intragrupo pre y post test de las medidas asociadas a la atención en los grupos control y experimental. Dado que se cumplieron los supuestos estadísticos, se aplicaron pruebas t para la comparación dentro de cada grupo.

Tabla 4.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de atención del grupo experimental (N=20).

	T de Student			Pre test		Post test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
LDR Inicial 1	35.00 ^p	19.0	0.234	5.80	1.24	6.25	1.65
Trail Making A	185.00 ⁿ	19.0	<.001	32.6	12.9	24.7	6.91
Trail Making B	173.00	19.0	0.012	70.7	17.6	62.8	20.2
Digitos Adelante Span	24.00 ⁱ	19.0	0.230	5.40	1.23	5.70	865
Stroop 1	19.0	19.0	0.037	92.0	11.4	96.8	9.40
Stroop 2	65.00 ⁿ	19.0	0.235	72.3	14.7	72.5	10.3
Claves	-36839	19.0	0.002	7.95	02.06	8.95	1.90

El GE mostró diferencias significativas en cuatro tareas. En el Trail Making Test A se identificó una mejora significativa ($p < 0.001$), con una reducción del tiempo promedio de 32.6 (DE = 12.9) a 24.7 (DE = 6.91). En el Trail Making Test B también se registró una diferencia significativa ($p = 0.012$), con una disminución de 70.7 (DE = 17.6) a 62.8 (DE = 20.2). Asimismo, el Stroop 1 presentó un incremento significativo ($p = 0.037$), con una media de 92.0 (DE = 11.4) en el pre test y 96.8 (DE = 9.40) en el post test. De igual modo, la prueba de Claves mostró una diferencia significativa ($p = 0.002$), con un aumento de 7.95 (DE = 2.06) a 8.95 (DE = 1.90). En contraste, no se observaron diferencias significativas en el LDR Inicial 1 ($p = 0.234$), Dígitos Adelante Span ($p = 0.330$) ni Stroop 2 ($p = 0.235$) (Tabla 4).

Tabla 5.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de atención del grupo control (N=20).

	T de Student			Pre test		Post test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
LDR Inicial 1	-2.54	19.0	0.020	6.15	1.23	7.20	1.91
Trail Making A	2.836	19.0	0.011	32.1	11.5	26.9	10.3
Trail Making B	1.279	19.0	0.216	75.0	31.3	69.2	23.3
Dígitos Adelante Span	-1.83	19.0	0.083	5.50	946	5.95	945
Stroop 1	-0.521	19.0	0.608	93.4	12.7	94.8	17.1
Stroop 2	-4.088	19.0	<.001	68.0	7.68	75.3	10.6
Claves	-1.85	19.0	0.079	8.00	1.84	8.70	1.78

El GC mostró diferencias significativas en tres tareas. En el LDR Inicial 1 se observó una mejora significativa ($p = 0.020$), con un aumento de la media de 6.15 (DE = 1.23) en el pre test a 7.20 (DE = 1.91) en el post test. En el Trail Making Test A también se identificó una diferencia significativa ($p = 0.011$), con una reducción del tiempo promedio de 32.1 (DE = 11.5) a 26.9 (DE = 10.3). Asimismo, el Stroop 2 mostró una diferencia significativa ($p < 0.001$), con un incremento de 68.0 (DE = 7.68) a 75.3 (DE = 10.6). En contraste, no se registraron diferencias significativas en el Trail Making Test B ($p = 0.216$), Dígitos Adelante Span ($p = 0.083$), Stroop 1 ($p = 0.608$) ni Claves ($p = 0.079$) (Tabla 5).

Memoria de trabajo

A continuación se presentan los análisis intragrupo pre y post test de las medidas asociadas a la memoria de trabajo en los grupos control y experimental. Dado que no se cumplieron los supuestos estadísticos, se aplicó la prueba W de Wilcoxon para las comparaciones dentro de cada grupo.

Tabla 6.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de memoria de trabajo del grupo experimental (N=20).

Prueba	W de Wilcoxon		Pre test	Post test
	Estadístico	p	Mediana	Mediana
Dígitos Adelante	21.0	0.045	8.00	8.00
Dígitos Atrás	13.5	0.045	7.50	9.00
Dígitos Atrás Span	7.0	0.066	5.00	5.00
Dígitos Creciente	36.0	0.050	8.50	9.00
Dígitos Total	19.50 ^l	0.004	8.50	9.50
Aritmética	30.00 ^m	0.047	7.00	7.00
IMO	9.50 ^m	0.003	86.5	95.5
IFS Dígitos Atrás	7.0	0.124	5.00	5.00
IFS Meses atrás	1.5	0.265	2.00	2.00
IFS Memoria Visual	5.0	0.279	3.00	3.00

El GE mostró diferencias significativas en varias tareas de memoria de trabajo. En Dígitos Adelante se identificó una diferencia significativa ($p = 0.045$), con una mediana de 8.00 en el pre test y 8.00 en el post test. En Dígitos Atrás también se registró una diferencia significativa ($p = 0.045$), con un aumento de la mediana de 7.50 a 9.00. En Dígitos Creciente se observó una diferencia significativa ($p = 0.050$), con medianas de 8.50 y 9.00. Asimismo, Dígitos Total mostró una diferencia significativa ($p = 0.004$), con un incremento de 8.50 a

9.50 . La prueba de Aritmética presentó una diferencia significativa ($p = 0.047$), con medianas de 7.00 y 7.00. Por último, el IMO mostró una diferencia significativa ($p = 0.003$), con un aumento de 86.5 a 95.5 . En contraste, no se observaron diferencias significativas en Dígitos Atrás Span ($p = 0.066$), IFS Dígitos Atrás ($p = 0.124$), IFS Meses Atrás ($p = 0.265$) ni IFS Memoria Visual ($p = 0.279$) (Tabla 6).

Tabla 7.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de memoria de trabajo del grupo control (N=20).

Prueba	W de Wilcoxon		Pre test	Post test
	Estadístico	p	Mediana	Mediana
Dígitos Adelante	12.0	0.019	8.00	9.00
Dígitos Atrás	68.0	1.000	8.00	8.00
Dígitos Atrás Span	33.0	1.000	4.50	5.00
Dígitos Creciente	13.0	0.022	9.00	9.00
Dígitos Total	28.0	0.004	9.00	9.00
Aritmética	21.0	0.048	7.50	7.50
IMO	34.5 ^g	0.026	91.0	92.5
IFS Dígitos Atrás	30.0	0.824	4.50	5.00
IFS Meses atrás	5.0	1.000	2.00	2.00
IFS Memoria Visual	3.5	0.024	3.00	4.00

El GC mostró diferencias significativas en varias tareas de memoria de trabajo. En Dígitos Adelante se identificó una diferencia significativa ($p = 0.019$), con un aumento de la mediana de 8.00 en el pre test a 9.00 en el post test. En Dígitos Creciente también se registró una diferencia significativa ($p = 0.022$), con medianas de 9.00 y 9.00. De igual modo, Dígitos Total presentó una diferencia significativa ($p = 0.004$), con una mediana de 9.00 en el pre test

y 9.00 en el post test. La prueba de Aritmética mostró una diferencia significativa ($p = 0.048$), con medianas de 7.50 y 7.50 . Asimismo, el IMO presentó una diferencia significativa ($p = 0.026$), con un incremento de 91.0 a 92.5 . Finalmente, IFS Memoria Visual mostró una diferencia significativa ($p = 0.024$), con una mediana de 3.00 en el pre test y 4.00 en el post test. En contraste, no se observaron diferencias significativas en Dígitos Atrás ($p = 1.000$), Dígitos Atrás Span ($p = 1.000$), IFS Dígitos Atrás ($p = 0.824$) ni IFS Meses Atrás ($p = 1.000$) (Tabla 7).

Velocidad de procesamiento

A continuación se presentan los análisis intragrupo pre y post test de las medidas asociadas a la velocidad de procesamiento en los grupos control y experimental. Dado que no se cumplieron los supuestos estadísticos, se aplicó la prueba W de Wilcoxon para las comparaciones dentro de cada grupo.

Tabla 8.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de velocidad de procesamiento grupo experimental (N=20).

Prueba	T de Student			Pre test		Post test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
Búsq de Símbolos	-35866	19.0	0.002	7.40	2.11	9.55	2.33
Claves	-36839	19.0	0.002	7.95	02.06	8.95	1.90
Índice de VP	-41354	19.0	<.001	87.1	9.12	95.8	10.5

En cuanto al GE, en la subprueba de Búsqueda de Símbolos, se observaron diferencias significativas ($p = 0.002$), con una media de 7.40 (DE = 2.11) en el pre test y de 9.55 (DE = 2.33) en el post test. En Claves, también se evidenció una diferencia significativa ($p = 0.002$), pasando de una media de 7.95 (DE = 2.06) a 8.95 (DE = 1.90). Por último, en el Índice de

Velocidad de Procesamiento (IVP), el GE si presentó una diferencia significativa ($p < 0.001$), pasando de una media de 87.1 (DE = 9.12) a 95.8 (DE = 10.5) (Tabla 8).

Tabla 9.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las pruebas de velocidad de procesamiento del grupo control (N=20).

Prueba	T de Student			Pre test		Post test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
Búsq de Símbolos	35.0 ^f	19.0	0.015	8.15	2.76	9.45	2.84
Claves	37.0 ^b	19.0	0.108	8.00	1.84	8.70	1.78
Índice de VP	34.5 ^g	19.0	0.026	89.3	10.9	94.8	11.6

En Búsqueda de Símbolos, el GC mostró una diferencia significativa ($p = 0.015$), pasando de una media de 8.15 (DE = 2.76) a 9.45 (DE = 2.84). En la subprueba de Claves, no se observaron diferencias significativas ($p = 0.108$), con una media de 8.00 (DE = 1.84) en el pre test y 8.70 (DE = 1.78) en el post test. Finalmente, en el Índice de Velocidad de Procesamiento (IVP), el GC presentó una diferencia significativa ($p = 0.026$), pasando de una media de 89.3 (DE = 10.9) a 94.8 (DE = 11.6) (Tabla 9).

4.2.2. Comparación Intergrupala de los resultados de las pruebas cognitivas en fases de pre y post entrenamiento

En este apartado se compara el rendimiento cognitivo del grupo experimental con el del grupo control tanto en la fase de preprueba como en la de post prueba.

Análisis intergrupar pre-entrenamiento

A continuación, se exponen los resultados del análisis de las diferencias en el rendimiento de las funciones cognitivas entre el grupo experimental y el grupo control en la etapa previa al entrenamiento.

Los análisis de comparación entre grupos (Prueba t de Student y U de Mann–Whitney), mostraron que no hubo diferencias significativas entre el rendimiento del grupo experimental y el grupo control en las puntuaciones de pretest para ninguna de las pruebas de atención, memoria de trabajo ni velocidad de procesamiento ($p > .05$) (Tabla 10). Estos resultados indican que ambos grupos presentaban un nivel de rendimiento cognitivo inicial equivalente, lo cual confirma la homogeneidad de la muestra.

Tabla 10.

Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para la comparación de muestras independientes del grupo experimental y control en las pruebas cognitivas de la fase pre tests (N=40).

	U de Mann–Whitney		Medianas	
	Estadístico	p	GE	GC
LDR Inicial 1	173	0.459	6.00	6.00
Trail Making A	199	0.989	31.0	29.5
Trail Making B	199	0.989	70.0	67.5
Stroop 1	180	0.597	90.0	93.5
Stroop 2	167	0.371	70.0	67.0
Dígitos Adelante	200	1.000	8.00	8.00
Dígitos Adelante Span	192	0.823	5.00	5.50
Dígitos Atrás	174	0.480	7.50	8.00
Dígitos Atrás Span	192	0.815	5.00	4.50
Dígitos Creciente	195	0.890	8.50	9.00
Dígitos	177	0.537	8.50	9.00
Aritmética	180	0.584	7.00	7.50

	U de Mann–Whitney		Medianas	
	Estadístico	p	GE	GC
IMO	178	0.550	86.5	91.0
IFS dígitos atrás	195	0.894	5.00	4.50
IFS meses atrás	198	0.943	2.00	2.00
IFS memoria de trabajo visual	182	0.597	3.00	3.00
Búsqueda de Símbolos	-0.9654	38.0	0.340	2.11
Claves	-0.0810	38.0	0.936	02.06
IVP	-0.6905	38.0	0.494	9.12

4.2.3. Análisis intergrupar post-entrenamiento

Seguidamente, se exponen los resultados del análisis de las diferencias en el rendimiento de las funciones cognitivas entre el grupo experimental y el grupo control luego del periodo de entrenamiento.

Los resultados de los análisis comparativos entre grupos (prueba t de Student y U de Mann–Whitney) indicaron que no hubo diferencias significativas entre el rendimiento del grupo experimental y el grupo control en las puntuaciones de la re evaluación (post test) en ninguna de las funciones cognitivas evaluadas ($p > 0.05$). A continuación se detallan las medidas de ambos grupos en cada una de las pruebas administradas.

Tabla 11.

Resultados de la prueba U de Mann–Whitney para la comparación de muestras independientes del grupo experimental y control en las pruebas cognitivas de la fase post tests (N=40).

	T de Student			Medias	
	Estadístico	gl	P	GE	GC
LDR Inicial 1	1.6839	38.0	0.100	7.00	7.00
Trail Making A	0.7771	38.0	0.442	24.0	27.5
Trail Making B	0.9217	38.0	0.362	60.0	64.5
Stroop 1 PB	-0.4475 ^a	38.0	0.657	95.5	94.0
Stroop 2 PB	0.8314	38.0	0.411	69.5	76.5
Dígitos Adelante	176	0.496	8.00	1.36	1.41
Dígitos Adelante Span	165	0.318	6.00	865	945
Dígitos Atrás	154	0.207	9.00	1.54	1.45
Dígitos Atrás Span	164	0.205	5.00	553	657
Dígitos Creciente	199	0.989	9.00	2.68	1.92
Dígitos	181	0.601	9.50	2.35	02.09
Aritmética	180	0.591	7.00	2.67	2.92
IMO	195	0.903	95.5	13.2	12.5
IFS dígitos atrás	155	0.124	5.00	553	671
IFS meses atrás	172	0.252	2.00	489	571
IFS mt visual	159	0.218	3.00	587	827
Busq de Símbolos	-0.1219	38.0	0.904	9.55	9.45

	T de Student			Medias	
	Estadístico	gl	P	GE	GC
Claves	-0.4288	38.0	0.670	8.95	8.70
IVP	-0.2572	38.0	0.798	95.8	94.8

4.3. Análisis Comparativo Inter e Intragrupal Del Rendimiento En La Tarea 2D MOT

Con el objetivo de evaluar si los eventuales cambios en el desempeño cognitivos se corresponden con el desempeño en la tarea de entrenamiento cognitivo (tarea MOT), se procedió a realizar análisis comparativos de dicho rendimiento. Al igual que con las pruebas cognitivas se realizaron análisis intra e intergrupales.

4.3.1. Comparación intragrupal de los puntajes pre y post entrenamiento de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT

A continuación se realiza una comparación entre el rendimiento en la tarea MOT en la semana 0 (pre entrenamiento) y en la semana 7 (post entrenamiento) de cada uno de los grupos.

Tabla 12.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las medidas de rendimiento de la tarea 2D MOT en el grupo experimental (N=20).

	T de Student			Pre Test		Post Test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
PromSpeed ball Ronda 1	-6.43	19.0	<.001	12.19	3.8050	17.41	2.8176
Prom Correct ball Ronda 1	-5.76	19.0	<.001	3.33	1.270	3.52	881
Correct 4 balls Ronda 1	-6.02	19.0	<.001	10.70	1.0809	12.30	1.2183

	T de Student			Pre Test		Post Test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
Prom Speed ball Ronda 2	-9.03	19.0	<.001	13.02	2.6604	17.11	2.9611
Prom Correct ball Ronda 2	-2.90	19.0	0.009	3.33	3.507	3.54	1.188
Correct 4 ball Ronda 2	-4.27	19.0	<.001	11.10	1.2937	12.50	1.6702

En la ronda 1, en la velocidad de estímulos promedio, el GE obtuvo una media de 12.19 (DE = 3.80) en el pre test, mientras que la del post test fue de 17.41 (DE = 2.81). En cuanto al promedio de aciertos, alcanzó una media de 3.33 (DE = 1.27) en el pre test y de 3.52 (DE = 0.88) en el post test. Finalmente, en la cantidad de aciertos totales (4 balls), obtuvo una media de 10.7 (DE = 1.08) en el pre test y de 12.3 (DE = 1.21) (Tabla 16).

En la ronda 2, en la velocidad de estímulos promedio, el GE obtuvo una media de 13.02 (DE = 2.66) en el pre test, mientras que la del post test fue de 17.11 (DE = 2.96). En cuanto al promedio de aciertos, alcanzó una media de 3.33 (DE = 3.51) en el pre test y de 3.54 (DE = 1.19) en el post test. Finalmente, en la cantidad de aciertos totales (4 balls), obtuvo una media de 11.10 (DE = 1.29) en el pre test y de 12.50 (DE = 1.67) (Tabla 16).

Estos resultados revelan una diferencia significativa entre el rendimiento de la semana 0 y la semana 7 ($p < 0.01$), en todos los indicadores de rendimiento de tarea (Speedball, promedio de aciertos, cant. de aciertos totales) para el GE (Tabla 16).

Tabla 13.

Resultados Prueba T de Student para comparación de muestras pareadas en las medidas de rendimiento de la tarea 2D MOT en el grupo control (N=20).

	T de Student			Pre test		Post test	
	Estadístico	gl	p	Media	DE	Media	DE
Prom Speed ball Ronda 1	-2.4136	20.0	0.026	10.89	2.761	12.28	2.765
Prom Correct ball ronda 1	0.0527	20.0	0.958	3.37	133	3.35	152
Correct 4 ball ronda 1	-1.5038	20.0	0.148	10.45	1.504	10.75	1.118
Prom Speed ball ronda 2	-1.491	19.0	0.152	11.62	2.505	12.32	3.106
Prom Correct ball ronda 2	0.693	19.0	0.497	3.38	125	3.32	411
Correct 4 ball Ronda 2	0.922	19.0	0.368	10.68	1.250	10.40	1.536

En la ronda 1, en la velocidad de estímulos promedio, el GC obtuvo una media de 10.89 (DE = 2.76) en el pre test, mientras que la del post test fue de 12.28 (DE = 2.76). En cuanto al promedio de aciertos, alcanzó una media de 3.37 (DE = 1.33) en el pre test y de 3.35 (DE = 1.52) en el post test. Finalmente, en la cantidad de aciertos totales (4 balls), obtuvo una media de 10.45 (DE = 1.50) en el pre test y de 10.75 (DE = 1.12) en el post test (Tabla 17).

En la ronda 2, en la velocidad de estímulos promedio, el GC obtuvo una media de 11.62 (DE = 2.50) en el pre test y de 12.32 (DE = 3.11) en el post test. En cuanto al promedio

de aciertos, alcanzó una media de 3.38 (DE = 1.25) en el pre test y de 3.32 (DE = 4.11) en el post test. Finalmente, en la cantidad de aciertos totales (4 balls), obtuvo una media de 10.68 (DE = 1.25) en el pre test y de 10.40 (DE = 1.54) en el post test (Tabla 17).

Solo el speedball de la ronda 1 obtuvo una diferencia significativa ($p = 0.26$). Los análisis comparativos del resto de las variables, tanto de la ronda 1 como de la ronda 2, no tuvieron diferencias significativas ($p > .05$) (Tabla 17).

4.3.2. Comparación Intergrupala de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT en las fases de pre y post entrenamiento

En este apartado se compara el rendimiento en la tarea MOT del grupo experimental con el del grupo control tanto en la fase de preprueba como en la de post prueba.

Tabla 14.

Resultados de la prueba T de Student para la comparación de muestras independientes del grupo experimental y control de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT en la fase pre prueba (N=40).

	T de Student			Dif. de medias	GE		GC	
	Estadístico	gl	p		Media	DE	Media	DE
Prom Speed ball Ronda 1	1.232	38.0	0.226	12.950	12.19	3.8050	10.89	2.761
Prom Correct ball ronda 1	-0.851	38.0	0.400	-0.0350	3.33	1.270	3.37	133
Correct 4 ball ronda 1	0.604	38.0	0.550	0.2500	10.70	1.0809	10.45	1.504
Prom Speed ball ronda 2	1.689	37.0	0.100	13.989	13.02	2.6604	11.62	2.505
Prom Correct ball ronda 2	-0.576	37.0	0.568	-0.0491	3.33	3.507	3.38	125
Correct 4 ball Ronda 2	1.020	37.0	0.314	0.4158	11.10	1.2937	10.68	1.250

Nota. $H_0: \mu_1 \text{ Experimental} = \mu_2 \text{ Control}$.

Los análisis de comparación entre grupos (prueba t de Student), mostraron que no hubo diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en los puntajes de ninguno de los indicadores de rendimiento de la tarea MOT ($p > .05$) antes del entrenamiento (Tabla 18).

En la Ronda 1, en la variable la velocidad de estímulos promedio, el GE presentó una media de 12.19 (DE = 3.81), mientras que el GC obtuvo una media de 10.89 (DE = 2.76). En el Promedio de aciertos, el GE registró una media de 3.33 (DE = 1.27) y el GC de 3.37 (DE = 1.33). Finalmente, en la variable Cantidad de aciertos totales, el GE obtuvo una media de 10.70 (DE = 1.08) y el GC de 10.45 (DE = 1.50) (Tabla 18).

En la Ronda 2, En la variable la velocidad de estímulos promedio, el GE presentó una media de 13.02 (DE = 2.66), mientras que el GC alcanzó una media de 11.62 (DE = 2.51). En el Promedio de aciertos, el GE obtuvo una media de 3.33 (DE = 3.51) y el GC de 3.38 (DE = 1.25). Por último, en la variable Cantidad de aciertos totales, el GE presentó una media de 11.10 (DE = 1.29) y el GC de 10.68 (DE = 1.25) (Tabla 18).

Tabla 15.

Resultados de la prueba T de Student para la comparación de muestras independientes de las medidas de rendimiento en la tarea 2D MOT en la fase post prueba (N=40).

	T de student			Dif de medias	GE		GC	
	Estadístico	gl	p		Media	DE	Media	DE
Prom Speed ball Ronda1 (Re)	5.817	38.0	<.001	51.350	17.41	2.8176	12.28	2.765
Prom Correct ball Ronda 1 (Re)	4.388	38.0	<.001	0.1725	3.52	.881	3.35	1.52
Correct 4 ball ronda 1 (Re)	4.192	38.0	<.001	15.500	12.30	1.2183	10.75	1.118

	T de student			Dif de medias	GE		GC	
	Estadístico	gl	p		Media	DE	Media	DE
Prom Speed ball ronda 2 (Re)	4.987	38.0	<.001	47.850	17.11	2.9611	12.32	3.106
Prom Correct ball Ronda 2 (Re)	2.301	38.0	0.027	0.2200	3.54	1.188	3.32	411
Correct 4 ball Ronda 2 (Re)	4.139	38.0	<.001	21.000	12.50	1.6702	10.40	1.536

Nota. $H_a \mu1 \text{ Experimental} \neq \mu2 \text{ Control}$.

Al comparar los resultados de la post prueba del GE con los del GC (T de Student) se observó una diferencia significativa entre ambos grupos en todas las medidas de rendimiento en la tarea, a favor del grupo experimental ($p \leq 0.05$) (Tabla 19).

En la Ronda 1, en la variable de velocidad de estímulos promedio, el GE presentó una media de 17.41 (DE = 2.82), mientras que el GC obtuvo una media de 12.28 (DE = 2.77). En el Promedio de aciertos, el GE registró una media de 3.52 (DE = 0.88) y el GC de 3.35 (DE = 1.52). Finalmente, en la variable Cantidad de aciertos totales, el GE obtuvo una media de 12.30 (DE = 1.22) y el GC de 10.75 (DE = 1.12) (Tabla 19).

En la Ronda 2, en la variable de velocidad de estímulos promedio, el GE presentó una media de 17.11 (DE = 2.96), mientras que el GC alcanzó una media de 12.32 (DE = 3.11). En el Promedio de aciertos, el GE obtuvo una media de 3.54 (DE = 1.19) y el GC de 3.32 (DE = 0.41). Por último, en la variable Cantidad de aciertos totales, el GE presentó una media de 12.50 (DE = 1.67) y el GC de 10.40 (DE = 1.54) (Tabla 19).

4.4. Análisis de la evolución del rendimiento en la tarea 2D MOT a lo largo del periodo de entrenamiento.

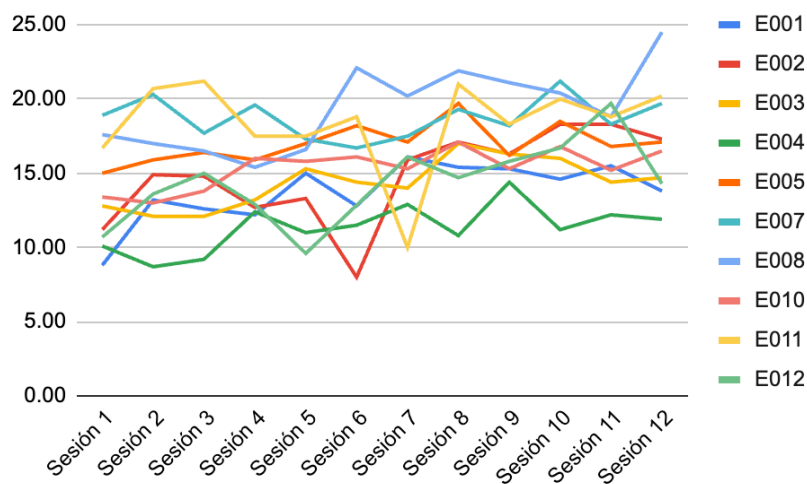
A continuación se realiza un análisis de la progresión en el rendimiento en la tarea MOT teniendo en cuenta los datos registrados durante cada una de las sesiones en el periodo de entrenamiento. Las variables que se tuvieron en cuenta para analizar dicha progresión fueron la velocidad de movimiento de las esferas promedio, el promedio de aciertos en cada sesión y la cantidad de veces que acertaron a las 4 esferas objetivo en cada una de las sesiones.

Se realizó análisis ANOVA y luego post hoc para determinar diferencia significativa entre el rendimiento sesión a sesión en cada uno de los indicadores.

El siguiente gráfico (Figura 6) presenta la progresión individual de la velocidad promedio de las esferas (Speedball), expresada en metros por segundo (m/s), alcanzada por los sujetos E001 a E012 a lo largo de las doce sesiones de entrenamiento. En el eje X se representan las sesiones y en el eje Y la velocidad promedio alcanzada por cada participante, diferenciada mediante líneas de distintos colores.

Figura 6.

Evolución del promedio de velocidad de movimiento de los estímulos por sesión en el grupo experimental (sujetos E001–E012) (N=10).



Por su parte, la Figura 7 muestra la progresión individual de dicha velocidad para los sujetos E013 a E023 durante el mismo período de entrenamiento. En ambos gráficos (Figuras 6 y 7) se observa, en términos generales, una tendencia ascendente en la velocidad promedio obtenida sesión tras sesión, con valores que oscilan aproximadamente entre 8 m/s y 24.5 m/s.

Figura 7.

Evolución del promedio de velocidad de movimiento de los estímulos por sesión en el grupo experimental (sujetos E013–E023) (n=10).

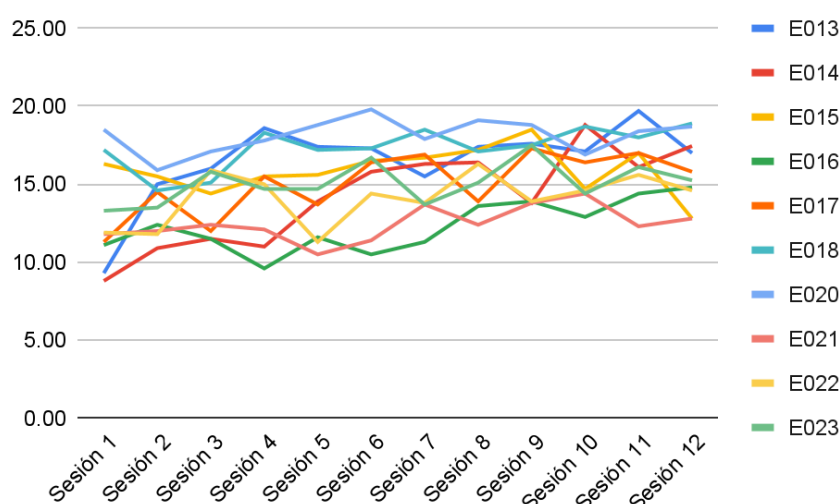


Tabla 16.

Comparaciones post hoc del promedio de Speed Ball entre sesiones de entrenamiento (N=20).

Comparación							
Prom Speedball	Prom Speedball	Diferencia de Medias	EE	gl	t	ptukey	pbonferroni
Prom Sesión 1	Prom Sesión 8	-3.2176	0.592	16	-5.4375	0.002	0.004
	Prom Sesión 9	-3.1765	0.594	16	-5.3476	0.003	0.004
	Prom Sesión 10	-3.1412	0.64	16	-4.9052	0.006	0.01
	Prom Sesión 11	-3.2941	0.802	16	-4.1083	0.027	0.054
	Prom Sesión 12	-2.9235	0.66	16	-4.4324	0.015	0.028
Prom Sesión 2	Prom Sesión 8	-2.1059	0.432	16	-4.8724	0.006	0.011

Comparación							
Prom	Prom	Diferencia		gl	t	ptukey	pbonferroni
Speedball	Speedball	de Medias	EE				
	Prom Sesión 9	-2.0647	0.494	16	-4.1833	0.024	0.046
	Prom Sesión 10	-2.0294	0.356	16	-5.697	0.001	0.002
	Prom Sesión 11	-2.1824	0.504	16	-4.3259	0.018	0.034
Prom Sesión 3	Prom Sesión 8	-2	0.385	16	-5.1882	0.004	0.006
	Prom Sesión 10	-1.9235	0.429	16	-4.4832	0.013	0.025
	Prom Sesión 11	-2.0765	0.467	16	-4.4445	0.015	0.027
Prom Sesión 5	Prom Sesión 8	-2.0706	0.46	16	-4.4997	0.013	0.024
	Prom Sesión 9	-2.0294	0.457	16	-4.4388	0.015	0.027

Los resultados del análisis post hoc del Promedio Correct Ball mostraron diferencias significativas entre las primeras sesiones y las últimas del entrenamiento. En particular, se observaron diferencias significativas entre la sesión 1 y las sesiones 8, 9, 10, 11 y 12; la sesión 2 y las 8, 9, 10 y 1; la sesión 3 y las sesiones 8, 10 y 11; y por último, entre la sesión 5 y las sesiones 8 y 9 ($ptukey < 0.05$) (Tabla 20).

Tabla 17.

Comparaciones post hoc del promedio de Correct Ball entre sesiones de entrenamiento (N=20).

Comparación							
Prom Correct	Prom Correct	Diferencia de		gl	t	ptukey	pbonferroni
ball	Ball	Medias	EE				
Prom Sesión 1	Prom Sesión 9	-1.323.588	4.800	16.0	-27.572	<.001	<.001
Prom Sesión 2	Prom Sesión 9	-1.321.765	4.819	16.0	-27.430	<.001	<.001
Prom Sesión 3	Prom Sesión 9	-1.321.765	4.865	16.0	-27.170	<.001	<.001
Prom Sesión 4	Prom Sesión 9	-1.320.471	4.819	16.0	-27.402	<.001	<.001
Prom Sesión 5	Prom Sesión 9	-1.318.529	4.838	16.0	-27.254	<.001	<.001

Comparación							
Prom Correct ball	Prom Correct Ball	Diferencia de					
		Medias	EE	gl	t	ptukey	pbonferroni
Prom Sesión 6	Prom Sesión 9	-1.349.353	4.969	16.0	-27.157	<.001	<.001
Prom Sesión 7	Prom Sesión 9	-1.325.412	5.113	16.0	-25.920	<.001	<.001
Prom Sesión 8	Prom Sesión 9	-1.312.235	4.770	16.0	-27.508	<.001	<.001
	Prom Sesión 10	1.311.941	4.825	16.0	27.191	<.001	<.001
	Prom Sesión 11	1.314.706	4.807	16.0	27.349	<.001	<.001
Prom Sesión 9	Prom Sesión 12	1.314.118	4.752	16.0	27.653	<.001	<.001

Los resultados del análisis post hoc de Prom Correct Ball indicaron diferencias significativas entre las 8 primeras sesiones y la sesión 9 específicamente. También se evidenció una diferencia significativa entre la sesión 8 y la 10 y 11, así como entre la 9 y 12 (ptukey = <.001). En contraste, las comparaciones entre sesiones contiguas (por ejemplo, PS3-PS4 o PS5-PS6) no alcanzaron significación estadística (ptukey > 0.05) (Tabla 21).

Tabla 18.

Comparaciones post hoc de la Cant. de aciertos totales entre sesiones de entrenamiento (N=20).

Comparación							
		Diferencia					
Correct 4 Balls	Correct 4 Ball	de Medias	EE	gl	t	ptukey	pbonferroni
	Prom Sesión 5	-8.529	159	16.0	-5.362	3	4
	Prom Sesión 8	-14.706	203	16.0	-7.236	<.001	<.001
	Prom Sesión 9	-15.294	237	16.0	-6.462	<.001	<.001
	Prom Sesión 11	-15.294	241	16.0	-6.359	<.001	<.001
Prom Sesión 1	Prom Sesión 12	-15.588	205	16.0	-7.601	<.001	<.001
Prom Sesión 3	Prom Sesión 12	-10.000	192	16.0	-5.215	3	6
Prom Sesión 5	Prom Sesión 8	-6.176	163	16.0	-3.779	50	108

Los resultados del análisis post hoc de *Cant. de aciertos totales* indicaron diferencias significativas entre la sesión 1 y la 5 (ptukey = 0.03); entre la 1 y la 8, 9, 11 y 12 (ptukey = <.001); entre la sesión 3 y la 12 (ptukey = 0.03) y entre la sesión 5 y la 8 (ptukey = 0.05) (Tabla 22).

6. DISCUSIONES

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de un programa de entrenamiento 2D-MOT sobre la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento en estudiantes universitarios. En conjunto, los hallazgos permiten comprender tanto el alcance del entrenamiento implementado como los límites de su impacto sobre funciones cognitivas relevantes para el rendimiento académico.

En primer lugar, la muestra evidenció equivalencia inicial en edad, años de educación y CI aproximado, lo que permitió controlar diferencias de base que pudieran influir en los resultados y ofrecer un punto de partida homogéneo para ambos grupos. Sobre esta base comparable, se analizaron los cambios cognitivos pre y post intervención.

Al respecto de los hallazgos principales, la comparación del rendimiento cognitivo pre y postintervención mostró mejoras en ambos grupos. Sin embargo, la comparación intergrupala de la fase posttest reveló que la mejora del grupo experimental no fue significativamente superior a la del grupo control, lo que impide atribuir los cambios exclusivamente al entrenamiento con el programa 2D-MOT. En contraste, al analizar el rendimiento en la propia tarea MOT, los resultados intragrupal evidenciaron una mejora significativa en el grupo experimental, mientras que en el grupo control no se observaron cambios relevantes. Asimismo, la comparación intergrupala posterior al entrenamiento mostró un desempeño significativamente mayor en el grupo experimental.

Teniendo en cuenta este patrón de resultados, se evidencia que el grupo que mejoró su rendimiento en la tarea MOT en la post prueba fue exclusivamente el mismo que entrenó con dicha tarea. Este resultado era esperable, como fruto de un efecto de aprendizaje asociado a la práctica directa con la tarea. Asimismo, coinciden con los cuestionamientos planteados por Simons et al. (2016) acerca de la posibilidad de generalización de los efectos de un

entrenamiento cognitivo, sugiriendo que la práctica intensiva de una tarea no garantiza automáticamente mejoras en dominios distantes o en actividades cotidianas.

Estos resultados se alinean con los hallazgos de Scharfen y Memmert (2021), quienes también observaron mejoras específicas en la tarea entrenada, sin evidencia de transferencia a otras funciones ejecutivas y atencionales. Asimismo, coinciden con los cuestionamientos planteados por Simons et al. (2016) acerca de la generalización de los efectos del entrenamiento cognitivo, sugiriendo que la práctica intensiva de una tarea no garantiza automáticamente mejoras en dominios distantes o en actividades cotidianas.

En contraste con los hallazgos del presente estudio, investigaciones previas en poblaciones jóvenes, tanto deportivas (Moen et al., 2018; Fleddermann et al., 2019; Komarudin et al. 2020) como militares (Harris et al., 2020b), sí reportaron evidencia de transferencia cercana en memoria de trabajo, atención y velocidad de procesamiento luego de entrenamientos con tareas MOT. Sin embargo, estos trabajos presentan diferencias metodológicas relevantes. Por ejemplo el estudio de Komarudin et al. (2020) presenta un tamaño muestral sumamente reducido ($N=20$), lo que restringe la generalización de sus hallazgos. En el estudio de Moen et al. (2018) las mejoras se observaron únicamente en el componente de actualización de la memoria de trabajo, sin efectos en atención ni en otras funciones ejecutivas evaluadas. Además, las sesiones de entrenamiento se realizaban a distancia, lo cual impidió controlar rigurosamente aspectos contextuales, que pudiesen influir en el rendimiento. No obstante, un elemento destacable es que implementaron un entrenamiento más intensivo que el utilizado en esta investigación, pese a tener una duración general similar en semanas.

Esta diferencia del estudio de Moen resulta especialmente pertinente, dado que la ausencia de transferencia cercana observada podría estar vinculada con la brevedad y la

irregularidad del período de entrenamiento. Pues el programa no solo contempló pocas semanas de intervención, sino también una cantidad limitada de sesiones semanales, que en algunos casos no se cumplieron con la frecuencia prevista. Tal como señala Klingberg (2010), la inducción y estabilización de los cambios plásticos requieren práctica repetida y continua, ya que la neuroplasticidad depende de una estimulación sostenida para generar modificaciones estructurales y duraderas. Cabe suponer que una práctica más prolongada, sostenida de forma regular y acompañada de una motivación intrínseca por parte de los participantes, favorecería la aparición de efectos más robustos y generalizables en el rendimiento cognitivo.

Dado que el estudio de Parsons (2014) constituye el antecedente más similar al presente -tanto por su objetivo de evaluar la transferencia en las mismas funciones cognitivas, como por el uso de un diseño experimental y el trabajo con una población universitaria- resulta especialmente relevante señalar el contraste entre ambos trabajos. Mientras que Parsons reportó mejoras significativas en las tres funciones cognitivas evaluadas, en el presente estudio no se observaron efectos diferenciales entre grupos. Una explicación posible para esta discrepancia se vincula con las características de las pruebas utilizadas: En aquel estudio, las tareas (algunas, no todas) presentaban un mayor solapamiento con las demandas cognitivas específicas del paradigma MOT, particularmente en términos de procesamiento visuoespacial dinámico, lo que podría haber incrementado su sensibilidad para detectar cambios post entrenamiento.

Este punto cobra relevancia si se considera la naturaleza altamente específica de la tarea 2D-MOT, que involucra de forma predominante atención dividida y sostenida, velocidad de procesamiento y memoria de trabajo visuoespacial (Pylyshyn & Storm, 1988; Parsons et al., 2014). En línea con ello, varios trabajos que sí observaron mejoras cognitivas,

como los de Harris et al. (2020a; 2020b), emplearon medidas con demandas afines al entrenamiento, tales como versiones de la tarea n-back o incluso variantes adicionales de MOT, ambas computarizadas y centradas en el procesamiento visoespacial.

Estas diferencias metodológicas permiten interpretar los resultados de este estudio desde dos perspectivas complementarias. Por un lado, la batería utilizada incluyó pruebas auditivo-verbales para evaluar memoria de trabajo y atención (por ejemplo, RAVLT, Dígitos, IMO), menos similares a la modalidad visoespacial entrenada. Desde esta perspectiva, podría tratarse de una limitación en la sensibilidad de las pruebas. Por otro lado, desde un enfoque teórico, la ausencia de cambios puede verse como evidencia de falta de transferencia intermodal, tal como sugieren Buschkuehl et al. (2014), Blacker et al. (2018) y Linares et al. (2019): entrenar funciones en modalidad visoespacial no necesariamente produce mejoras cuando esas mismas funciones son evaluadas en modalidad auditivo-verbal.

Otro factor que podría haber contribuido a los resultados positivos observados en el estudio de Parsons (2014) y en los de Harris et al. (2020a; 2020b) es el uso de grupos control pasivos. Este tipo de diseño incrementa la probabilidad de detectar diferencias significativas, dado que los participantes del grupo control no reciben ningún tipo de estimulación. En contraste, el presente estudio empleó un grupo control activo, lo que reduce el riesgo de sesgos asociados a la falta de actividad o al simple efecto de participar en una tarea. En este sentido, el diseño utilizado en esta investigación presenta una mayor solidez metodológica al controlar de forma más precisa las posibles fuentes de variabilidad no específicas del entrenamiento.

Los resultados del presente estudio también pueden analizarse en relación con los hallazgos de Vartanian et al. (2016), quienes observaron mejoras significativas en memoria de trabajo utilizando un diseño metodológicamente sólido. A diferencia de otros antecedentes,

este trabajo incluyó un grupo control activo, lo que permite atribuir con mayor precisión las mejoras al entrenamiento con MOT. Además, las pruebas utilizadas como medidas de transferencia cercana captaron la memoria de trabajo en una modalidad distinta a la tarea entrenada, lo que constituye evidencia de transferencia intermodal.

El contraste con estos resultados invita a considerar explicaciones adicionales para la ausencia de transferencia observada en este estudio. Una posibilidad es que mientras que en este estudio se utilizó una versión 2D-MOT, en estudios como el de Vartanian et al. (2019) y otros (Parsons, 2014; Moen et al. 2018; Fleddermann et al. 2019; Harris et al. 2020a; 2020b; Komarudin 2020), se emplearon entornos 3D. Esta otra modalidad incorpora claves de profundidad y distancia, lo cual facilita el procesamiento perceptivo y podría potenciar el impacto cognitivo del entrenamiento. A esto se suma que en otros trabajos que sí reportaron transferencia cercana (Harris et al. 2020a; 2020b; Parsons, 2014), el entrenamiento se realizó en pantallas de gran tamaño, mientras que éste se llevó a cabo en una computadora convencional. Este aspecto diferencial también podría haber reducido el nivel de inmersión y la eficacia perceptiva del ejercicio.

En cuanto al hecho de que el grupo control que no entrenó con la tarea 2D MOT también mejoró su rendimiento cognitivo en las pruebas, una explicación radica en el posible efecto aprendizaje de las pruebas cognitivas. Es decir, que las mejoras significativas en los resultados cognitivos post test sean consecuencia de la familiaridad con la dinámica y consignas de las pruebas y no fruto del entrenamiento (Basso et al., 2002; Barr, 2003; Piper et al., 2015).

Otro punto importante a destacar es que, en esta investigación, el análisis de la progresión del rendimiento en la tarea mostró un incremento sostenido hasta la mitad del entrenamiento (sesión 5). En los análisis post hoc de las sesiones siguientes no se observaron

diferencias significativas, lo cual podría estar indicando un efecto techo en el aprendizaje hacia la mitad del periodo de entrenamiento. Este estancamiento podría relacionarse con la pérdida de motivación o con la necesidad de un diseño de entrenamiento más intensivo o diversificado, que incluya, por ejemplo, entrenamientos duales (tarea MOT en simultáneo con otra tarea) (Park, Klotzbier, & Schott, 2021) o mayor frecuencia semanal.

Un patrón particular se observó en la variable Promedio de aciertos, que continuó mejorando después de la novena sesión. Este hallazgo podría reflejar una automatización progresiva del seguimiento atencional o la adopción de estrategias más eficientes. No obstante, debe interpretarse con cautela, dado que el número limitado de aciertos posibles restringe la sensibilidad de la medida. En consecuencia, las diferencias observadas pueden deberse a la escala discreta del indicador más que a una mejora cognitiva sustantiva. Desde esta perspectiva, el promedio de aciertos sería un marcador de desempeño perceptivo, pero no necesariamente una medida válida de los procesos de memoria de trabajo o velocidad de procesamiento subyacentes.

No se puede dejar de mencionar que el efecto techo y el cese del aprendizaje podrían también vincularse a la modalidad 2D del dispositivo MOT. Cooke et al. (2017) señalan que el rendimiento en tareas 2D suele ser inferior al observado en modalidades 3D, dado que en estas últimas las claves de profundidad y distancia son más precisas, lo que facilita el seguimiento de objetos y hace la tarea más ecológica. En cambio, la ausencia de estas claves en entornos 2D puede dificultar el procesamiento perceptual y limitar la mejora más allá de cierto punto, generando una meseta de rendimiento. Es posible, por lo tanto, que los participantes hayan alcanzado el máximo nivel posible de desempeño en función de las capacidades perceptivas y atencionales involucradas en un entorno bidimensional.

Las limitaciones en la transferencia abren interrogantes acerca de la aplicabilidad de este tipo de entrenamientos, no solo en contextos académicos universitarios, sino también en otros ámbitos. En particular, la ausencia de evidencia de transferencia intermodal adquiere especial importancia si se considera que la tarea MOT entrena fundamentalmente habilidades visoespaciales, mientras que buena parte de las demandas del entorno universitario se orientan al procesamiento auditivo-verbal. Y aunque este paradigma estimula funciones centrales para el aprendizaje académico, la escasa correspondencia entre las demandas de entrenamiento visoespacial altamente específico y las del contexto académico, mucho más amplias y diversificadas, restringe el impacto potencial del MOT en dicho entorno. Tal como señalan Furley y Memmert (2011), así como Simons et al. (2016), la efectividad de un programa de entrenamiento cognitivo depende en gran medida del grado de similitud entre las tareas entrenadas y las tareas o contextos donde se espera la transferencia.

En este sentido, es pertinente considerar el diseño y análisis de otros entrenamientos cognitivos -más allá del MOT- que sean más contextualizados o ecológicos, capaces de reproducir con mayor precisión las demandas del entorno donde se busca que se manifiesten los efectos. Este enfoque, como describe de Faria et al. (2020), podría favorecer una mayor efectividad del aprendizaje y una consolidación más sólida de los cambios cognitivos, al maximizar la relevancia funcional de las actividades entrenadas. Repensar los modelos actuales hacia intervenciones que integren la práctica cognitiva con contextos reales permitiría incrementar la probabilidad de transferencia y potenciar la utilidad práctica de estos programas.

No obstante, en consonancia con lo expuesto anteriormente, estos hallazgos también invitan a explorar la aplicabilidad del entrenamiento MOT en otros ámbitos. Contextos como el deporte o actividades de alta exigencia visoperceptual, ofrecen un escenario donde las

tareas y demandas comparten una naturaleza espacial y dinámica con la tareas MOT. De hecho, estudios realizados en estas poblaciones, como los de Komarudin (2021) o Romeas et al. (2016) muestran, han reportado efectos positivos más consistentes en términos de transferencia lejana. En síntesis, estos resultados dejan abierta la posibilidad de continuar explorando el dispositivo MOT desarrollado en San Juan mejorando su análisis y evaluando su potencial en ámbitos donde su pertinencia funcional pueda maximizar su impacto.

7. CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar el impacto de un programa de entrenamiento cognitivo basado en una tarea 2D-MOT sobre la atención, la memoria de trabajo y la velocidad de procesamiento en estudiantes universitarios.

Los resultados obtenidos mostraron que el entrenamiento con la tarea 2D-MOT produjo mejoras significativas en el propio rendimiento de la tarea, evidenciando la adquisición de habilidades específicas de seguimiento atencional y procesamiento visoespacial. Este hallazgo demuestra que el paradigma MOT resulta eficaz para inducir procesos de aprendizaje dependientes de la práctica y aporta evidencia empírica sobre su potencial como herramienta de estimulación cognitiva controlada en entornos experimentales.

Sin embargo, las mejoras no se extendieron a las pruebas neuropsicológicas utilizadas para evaluar los tres dominios cognitivos, lo que sugiere que los efectos del entrenamiento se circunscribieron al ámbito de la tarea entrenada. Esta ausencia de transferencia no invalida la eficacia del paradigma, sino que contribuye a delimitar los alcances reales de su aplicación, ofreciendo una comprensión más precisa de los mecanismos de aprendizaje y de las condiciones necesarias para que se produzcan efectos generalizables.

Desde esta perspectiva, el estudio no refuta la utilidad del 2D-MOT, sino que pone de relieve la especificidad funcional de su impacto. En el contexto universitario, donde predominan demandas de procesamiento auditivo-verbal, los entrenamientos basados en estímulos visoespaciales podrían no generar una transferencia directa; sin embargo, sí pueden constituir un recurso complementario para fortalecer funciones atencionales y de procesamiento rápido en contextos que requieran multitarea o control visual sostenido.

Además, el trabajo aporta evidencia local sobre la implementación y validación inicial de un software MOT desarrollado en la provincia, constituyendo un paso relevante hacia el estudio y aplicación de este paradigma de entrenamiento cognitivo a nivel local.

Este estudio también presentó algunas limitaciones a mencionar. Entre estas se enfatiza en la brevedad del período de entrenamiento y la inconsistencia de algunos voluntarios al asistir a las sesiones. Más allá de que todos completaron la cantidad de sesiones estipuladas, no todos realizaron la misma cantidad de sesiones por semana. Estos aspectos podrían haber limitado la posibilidad de cambios neuroplásticos y, por ende, una mejora en el rendimiento cognitivo consistente.

Otra limitación está vinculada a las características de las pruebas neuropsicológicas seleccionadas que, aunque válidas, podrían no haber sido lo suficientemente sensibles para detectar mejoras específicas en los procesos visoespaciales que demanda la tarea MOT. Esta limitación metodológica podría haber restringido la detección de efectos diferenciales en las variables de interés.

A partir de estas consideraciones, se sugiere que futuras investigaciones amplíen la duración y la frecuencia del entrenamiento. También se sugiere medir y operacionalizar variables como el grado de motivación o estado emocional que podrían influir en el rendimiento cognitivo.

Se recomienda a su vez utilizar instrumentos de evaluación más sensibles a las demandas de la tarea MOT. Asimismo, resultaría pertinente incorporar indicadores indirectos, como el rendimiento académico -en el caso de estudios en el ámbito universitario- u otras medidas de resultado vinculadas a actividades de la vida cotidiana claramente definidas y con mayor validez ecológica, que permitan analizar la transferencia a contextos reales de desempeño.

Si bien este proyecto constituyó una primera aproximación, a partir de lo reportado sobre el uso del paradigma en su versión 2D, se recomienda explorar programas de entrenamiento basados en una modalidad 3D. Dado que la inclusión de claves de profundidad y distancia facilita el seguimiento de estímulos y reproduce condiciones perceptuales más cercanas a escenarios reales (especialmente cuando se utilizan pantallas de mayor tamaño) es plausible que se obtengan efectos más robustos sobre el rendimiento de las funciones cognitivas. Evaluar esta modalidad permitiría determinar si la falta de transferencia observada en este estudio se relaciona, al menos en parte, con las limitaciones inherentes al formato 2D y si un entorno 3D puede favorecer cambios cognitivos.

Otra posibilidad interesante sería evaluar el dispositivo 2D-MOT utilizado en este estudio en poblaciones con demandas cognitivas más afines al tipo de procesamiento que estimula esta tarea, como por ej. deportistas de alto rendimiento. En estos contextos, el entrenamiento podría resultar más pertinente y ofrecer un terreno propicio para explorar la existencia de transferencia lejana.

Se propone a su vez, explorar modalidades de entrenamiento cognitivo contextualizado o dual, que integren la práctica del MOT con actividades directamente vinculadas al entorno de aplicación. Este enfoque, más ecológico y funcional, podría favorecer la transferencia efectiva de los aprendizajes y resultar una alternativa más prometedora para potenciar el rendimiento cognitivo en contextos reales.

En línea con la problemática que motivó esta investigación, sería relevante continuar indagando en otros tipos de entrenamientos cognitivos, más allá del paradigma MOT, que pudieran representar un aporte directo a la mejora de procesos vinculados con la lectura, la escritura y el aprendizaje semántico o de contenidos. Estos dominios resultan especialmente relevantes en el contexto universitario, donde las demandas cognitivas suelen centrarse en el

procesamiento verbal, la comprensión conceptual y la retención significativa de la información.

Finalmente, resulta importante resaltar la importancia de la neuropsicología en la investigación sobre potenciación cognitiva, especialmente en relación con los avances tecnológicos aplicados al entrenamiento cognitivo. El neuropsicólogo cumple un rol clave en este tipo de estudios, ya que aporta el conocimiento necesario para evaluar si las intervenciones realizadas generan de forma efectiva los efectos cognitivos que sus desarrolladores proponen.

Desde esta perspectiva, la neuropsicología no solo cumple un rol clave en la validación científica de la eficacia de estos programas, sino también en la orientación de su aplicación responsable, enfocada en el fortalecimiento de las funciones cognitivas y el bienestar de las personas. En definitiva, más allá de los resultados obtenidos en el laboratorio, lo esencial es determinar si estas prácticas generan un impacto y un beneficio real en la vida cotidiana de las personas. Y es esta la línea en la que debe estar enmarcada cualquier intervención dentro de la neuropsicología.

En suma, este estudio aporta evidencia empírica sobre los límites y alcances del entrenamiento cognitivo digital, contribuyendo al debate sobre su efectividad y orientando futuras aplicaciones hacia enfoques más contextualizados. Además, representa un aporte local relevante al estudiar un dispositivo MOT desarrollado en la provincia, ofreciendo evidencia preliminar sobre su viabilidad y potencial. Como proyección, se alienta a continuar investigando el potencial de aplicación de este dispositivo en otras poblaciones y contextos, profundizando su análisis desde distintas perspectivas metodológicas.

Referencias

- Aghamollaei, M., Jafari, Z., Toufan, R., Esmaili, M. y Rahimzadeh, S. (2012). Evaluación de la memoria auditiva verbal y el rendimiento de aprendizaje en mujeres sanas de habla persa de 18 a 30 años. *Audiología Bimestral - Universidad de Ciencias Médicas de Teherán* , 21 (3), 32–39. <https://aud.tums.ac.ir/article-1-29-fa.pdf>
- Aguilar Rebolledo, F. (2003). *Plasticidad cerebral. Parte 1. Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 41(1), 55–64.*
- Aldana, H. (2022). La sobreestimulación en el siglo XXI y los posibles efectos sobre la atención, la motivación y la curiosidad. *Ruta Maestra*, (33), 30-41.
<https://santillana.com.co/rutamaestra>
- Archambault, C., Tullo, D., Clark, E., Faubert, J., & Bertone, A. (2021). Assessing the feasibility of a classroom-based visual attention training program targeting academics for students with extremely low IQ. *Pilot and Feasibility Studies*, 7(1), 150.
<https://doi.org/10.1186/s40814-021-00879-z>
- Ardila, A. (2016). Evaluación Neuropsicológica. *Neuropsicología Clínica* (2nd ed., pp. 128 - 135). Editorial Médica Panamericana.
- Assed, M. M., Rocca, C. C. de A., Garcia, Y. M., Khafif, T. C., Belizario, G. O., Toschi-Dias, E., & Serafim, A. de P. (2020). Memory training combined with 3D visuospatial stimulus improves cognitive performance in the elderly: Pilot study. *Dementia & Neuropsychologia*, 14, 290-299. <https://doi.org/10.1590/1980-57642020dn14-030010>
- Barr, W. B. (2003). Neuropsychological testing of high school athletes Preliminary norms and test-retest indices. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 18(1), 91–101.
<https://doi.org/10.1093/ARCLIN/18.1.91>

- Basso, M. R., Carona, F. D., Lowery, N., & Axelrod, B. N. (2002). Practice effects on the WAIS-III across 3- and 6-month intervals. *Clinical Neuropsychologist*, *16*(1), 57–63. <https://doi.org/10.1076/CLIN.16.1.57.8329>
- Batule Domínguez, M. (2018). Potenciadores cognitivos: ¿Realidad o ficción? *Medicent Electrón*, *22*(2), 108–112.
- Bays, P. M. (2016). Evaluating and excluding swap errors in analogue tests of working memory. *Scientific Reports*, *6*(1). <https://doi.org/10.1038/srep19203>
- Bech, R. B., Harb, S. L., & Sañudo, J. E. P. (2007). *Autopercepción de cambios en los déficit atencionales intermedios de estudiantes universitarios de Barranquilla sometidos al Método de Autocontrol de la Atención (Mindfulness)*. Salud Uninorte. Barranquilla.
- Bernabéu, E. (2017). La atención y la memoria como claves del proceso de aprendizaje. Aplicaciones para el entorno escolar. *ReiDoCrea*, *6*(2), 16-23. <https://doi.org/10.30827/Digibug.47141>
- Blacker, K. J., Curby, K. M., Klobusicky, E., & Chein, J. M. (2018). *Cognitive training for military applications: A review of the literature and practical guide*. *Journal of Cognitive Enhancement*, *2*(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s41465-018-0076-1>
- Bonne, O. (1990). Frontal lobe and executive functions. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, *82*(4), 237–245.
- Bostrom, N. (2009). The future of human evolution. In J. Zsolnai (Ed.), *Ethics in the age of technology* (pp. 1–20). Springer.
- Buschkuehl, M., Hernandez Garcia, L., Jaeggi, SM, Bernard, JA, & Jonides, J. (2014). Efectos neuronales del entrenamiento a corto plazo en el trabajo. *Revista de mejora cognitiva*.

- Cavanagh, P., & Alvarez, G. A. (2005). *Tracking multiple targets with multifocal attention*. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(7), 349–354.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.009>
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). *A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence*. *Intelligence*, 30(2), 163–183.
- Cooke, J. R. H., ter Horst, A. C., van Beers, R. J., & Medendorp, W. P. (2017). *Effect of depth information on multiple-object tracking in three dimensions: A probabilistic perspective*. *PLOS Computational Biology*, 13(7), Article e1005554.
<https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005554>
- de Faria, A. L. G., de Faria, A. L. G., de Faria, A. L. G., Pinho, M. S., Bermúdez i Badia, S., Bermúdez i Badia, S., & Bermúdez i Badia, S. (2020). A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 17(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S12984-020-00691-5>
- Demarin, V., Morović, S., & Béne, R. (2014). *Neuroplasticidad*. *Periodicum Biologorum*, 116(2), 209–211.
- De Noreña, D., & Ríos-Lago, M. (2007). El papel del neuropsicólogo [The role of the neuropsychologist]. *Acción Psicológica*, 4(3), 9-15. <https://doi.org/10.5944/ap.4.1.469>
- Dominguez, M. B. (2018). Potenciadores cognitivos: ¿Realidad o ficción?. *Hospital Universitario Clínico-Quirúrgico Arnaldo Milián Castro*.
- Dosenbach, NU, Fair, DA, Cohen, AL, Schlaggar, BL y Petersen, SE (2008). Una arquitectura de redes duales de control descendente. *TICS* . 12, 99–105.

- Dünser, A., Steinbügl, K., Kaufmann, H., & Glück, J. (2006). *Virtual and augmented reality as spatial ability training tools. Proceedings of the 7th ACM SIGCHI New Zealand Chapter's International Conference on Computer-Human Interaction: Design Centered HCI*, 125–132.
- Esquivel Gámez, I. (2021). *Memoria operativa: efectos de su entrenamiento basado en rutinas multimedia*. *Apertura*, 13(1), 68-85. <https://doi.org/10.32870/Ap.v13n1.1941>
- Federación de Psicólogos de la República Argentina. (2013). *Código de Ética Nacional*. FePRA. <https://www.fepra.org.ar>
- Finkel, D., Reynolds, C. A., McArdle, J. J., & Pedersen, N. L. (2007). *Age changes in processing speed as a leading indicator of cognitive aging*. *Psychology and Aging*, 22(3), 558–568.
- Fleddermann MT, Heppe H y Zentgraf K (2019). Entrenamiento perceptivo-cognitivo genérico fuera de la cancha en atletas de voleibol de élite: efectos específicos de la tarea y niveles de transferencia. *Front. Psychol* . 10:1599. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01599
- Fransen, J. (2024). No existe evidencia que respalde una transferencia lejana de general entrenamiento perceptual o cognitivo para el rendimiento deportivo. *Sports Medicine*, 54, 2717–2724. <https://doi.org/10.1007/s40279-024-02060-x>
- Fry, A. F., & Hale, S. (2000). *Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children*. *Biological Psychology*, 54(1–3), 1–34.
- Furley, P., & Memmert, D. (2011). Cognitive adaptations and transfer: A commentary on Allen, Fioratou, and McGeorge (2011). *Perceptual and Motor Skills*, 113(2), 481–488. <https://doi.org/10.2466/05.23.PMS.113.5.481-488>

- García Guerrero, C. E. (2023). *Uso de la tecnología en la rehabilitación cognitiva del deterioro cognitivo leve*. Universidad de Salamanca.
<https://doi.org/10.14201/gredos.157447>
- Giraldo-Luque, S., & Fernández-Rovira, C. (2020). Redes sociales y consumo digital en jóvenes universitarios: Economía de la atención y oligopolios de la comunicación en el siglo XXI. *Profesional de la Información*, 29(5).
<https://doi.org/10.3145/epi.2020.sep.28>
- González García, V. (2005). TECNOLOGÍA DIGITAL: REFLEXIONES PEDAGÓGICAS Y SOCIOCULTURALES. 2005, 5(1), 25.
- Harris, D. J., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2018). *A systematic review of commercial cognitive training devices: Implications for use in sport*. *Frontiers in Psychology*, 9, artículo 709. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00709>
- Harris, D. J., Wilson, M. R., Crowe, E. M., & Vine, S. J. (2020). Examining the roles of working memory and visual attention in multiple object tracking expertise. *Cognitive Processing*, 21(2), 209-222. <https://doi.org/10.1007/s10339-020-00954-y>
- Harris, D. J., Wilson, M. R., Smith, S. J. R., Meder, N., & Vine, S. J. (2020). Testing the Effects of 3D Multiple Object Tracking Training on Near, Mid and Far Transfer. *Frontiers in Psychology*, 11, 196. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00196>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Shah, P., & Jonides, J. (2014). The role of individual differences in cognitive training and transfer. *Memory & Cognition*, 42(3), 464-480.
<https://doi.org/10.3758/S13421-013-0364-Z>

- Komarudin, K., Sagitarius, S., Sartono, H., Awaludin, P. N., & Hidayatullah, G. G. (2020). *NeuroTracker training to improve the archery athlete's concentration*. *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 5(2), 155-161.
<https://doi.org/10.17509/jpjo.v5i2.27385>
- Labos, E., Slachevsky, A., Torralva, T., Fuentes, P., & Manes, F. (2019). *Tratado de Neuropsicología Clínica (2ª Ed.)*. Bs As: AKADIA.
- Lavados, Jaime y Slachevsky (2014). *Neuropsicología. Bases neurales de los procesos mentales*. 2a ed. Santiago, Chile. Editorial Mediterráneo Ltda.
- Leisman, G. (2022). On the Application of Developmental Cognitive Neuroscience in Educational Environments. *Brain Sciences*, 12(11), 1501.
<https://doi.org/10.3390/brainsci12111501>
- Linares R, Borella E, Lechuga MT, Carretti B, Pelegrina S (2019) Efectos de transferencia más cercana del entrenamiento de la memoria de trabajo: una comparación de dos programas centrados en la actualización de la memoria de trabajo. *PLoS ONE* 14(2): e0211321. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211321>
- Liang, S., Guo, Y., Cheng, S., Wu, S., Wang, X., Wang, X., Lu, D., & Liu, X. (2022). Experimental Studies of the Attention Processing Model in Multiple Object Tracking Task. *Brain Sciences*, 12(12), 1686. <https://doi.org/10.3390/brainsci12121686>
- Londoño Ocampo, L. P. (2009). *La atención: un proceso psicológico básico. Pensando Psicología*, 5(8), 91–100. Universidad Cooperativa de Colombia.
<https://www.researchgate.net/publication/297760912>
- Lubrini, G., Marrón, E. M., Morales, J. A. P., & Ríos-Lago, M. (2020). *Estimulació cognitiva i rehabilitació neuropsicològica*. Fundació Universitat Oberta de Catalunya (FUOC).

- Manes, F., & Niro, M. (2014). *Usar el cerebro: Conocer nuestra mente para vivir mejor*. Planeta.
- Margulis, L. E., Squillace Louhau, M. R., & Ferreres, A. R. (2019). Baremo del Trail Making Test para Capital Federal y Gran Buenos Aires. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 10(3), 54-63. <https://doi.org/10.32348/1852.4206.v10.n3.19741>
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Moen, F., Hrozanova, M. y Stiles, T. (2018). Efectos del entrenamiento perceptivo-cognitivo con Neurotracker en las funciones ejecutivas cerebrales de atletas de élite. *Cogent Psychology*, 5 (1). <https://doi.org/10.1080/23311908.2018.1544105>
- NeuroTrackerX. (s.f.). *NeuroTrackerX – Entrenamiento cognitivo para alto rendimiento*. Recuperado el 7 de junio de 2025, de <https://es.neurotrackerx.com/>
- Oakley, B., Johnston, M., Chen, K.-Z., Jung, E. y Sejnowski, T. (2025). “La paradoja de la memoria: por qué nuestros cerebros necesitan conocimiento en la era de la IA”. En *El futuro de la inteligencia artificial: economía, sociedad, riesgos y política global*. Springer Nature, de próxima publicación.
- Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y Educación*. Madrid: Alianza.
- Park, S.-Y., Klotzbier, T. J., & Schott, N. (2021). The effects of the combination of high-intensity interval training with 3D-multiple object tracking task on perceptual-cognitive performance: A randomized controlled intervention trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4862. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094862>

- Parsons, B. (2014). *The neuroscience of cognitive enhancement using 3D-MOT* (Master's thesis). School of Optometry, University of Montreal.
- Parsons, B., Magill, T., Boucher, A., Zhang, M., Zogbo, K., Bérubé, S., Scheffer, O., Beaugregard, M., & Faubert, J. (2014). *Enhancing cognitive function using perceptual–cognitive training*. *Clinical EEG and Neuroscience*, *46*(1), 58–65.
<https://doi.org/10.1177/1550059414563746>
- Pascual-Castroviejo, I. (1996). *Plasticidad cerebral*. *Revista de Neurología (Barcelona)*, *24*(135), 1361–1366.
- Piper, B. J., Mueller, S. T., Geerken, A. R., Dixon, K. L., Króliczak, G., Olsen, R. H. J., & Miller, J. K. (2015). Reliability and validity of neurobehavioral function on the Psychology Experimental Building Language test battery in young adults. *PeerJ*, *3*.
<https://doi.org/10.7717/PEERJ.1460>
- Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. McGrawHill.
- Posner, M. I., & DiGirolamo, G. J. (2000). Cognitive neuroscience: Origins and promise. *Psychological Bulletin*, *126*(6), 873–889.
- Posner, N. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neurosciences*, *13*, 25-42.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007). *Research on attention networks as a model for the integration of psychological science*. *Annual Review of Psychology*, *58*, 1-23.
- Pylyshyn, Z. W., & Storm, R. W. (1988). *Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism*. *Spatial Vision*, *3*(3), 179–197.
<https://doi.org/10.1163/156856888X00122>
- Robles, F., & Ortiz Granja, D. (2024). *Funciones ejecutivas en el aprendizaje de estudiantes universitarios*. *Revista Iberoamericana de Psicología*, *17*(1), 1–17.

- Romeas, T., Guldner, A., & Faubert, J. (2016). 3D-Multiple Object Tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players. *Psychology of Sport and Exercise*, 22, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.06.002>
- Scharfen, H.-E., & Memmert, D. (2021). Entrenamiento cognitivo en futbolistas de élite: Evidencia de una transferencia estrecha, pero no amplia, a la función visual y ejecutiva. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 51, 135–145. <https://doi.org/10.1007/s12662-020-00699-y>
- Tirapu-Ustárroz J, Pérez-Sayes G, Erekatxo-Bilbao M, Pelegrín-Valero C. (2007) ¿Qué es la teoría de la mente? *Rev Neurol* 2007; 44: 479-89.
- Tirapu Ustárroz, J., Cordero Andrés, P., Luna Lario, P., & Hernáez Goñi, P. (2017). Propuesta de un modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales. *Revista de Neurología*, 64(02), 75. <https://doi.org/10.33588/rn.6402.2016227>
- Tirapu-Ustárroz, J., & Luna-Lario, P. (2008). *Neuropsicología de las funciones ejecutivas*. *RevNeurol*.
- Thorndike, E. L., & Woodworth, R. S. (1901). The influence of improvement in one mental function upon the efficiency of other functions: III. Functions involving attention, observation and discrimination. *Psychological Review*, 8(6), 553-564. <https://doi.org/10.1037/h0071363>
- Thornton, I. M., Bühlhoff, H. H., Horowitz, T. S., Rynning, A., & Lee, S.-W. (2014). Interactive Multiple Object Tracking (iMOT). *PLoS ONE*, 9(2), e86974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0086974>
- Torralva, T., Roca, M., Gleichgerricht, E., López, P., & Manes, F. (2009). INECO Frontal Screening (IFS): A brief, sensitive, and specific tool to assess executive functions in dementia. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(5), 777-786.

- Vartanian, O., Blackler, K., Coady, L., Paetkau, D., & Crelinsten, D. (2020). The impact of a 3D multiple object tracking task on military decision making. *Military Psychology*, 32(5), 362–370. <https://doi.org/10.1037/mil0000125>
- Vater, C., Gray, R., & Holcombe, A. O. (2021). *A critical systematic review of the NeuroTracker perceptual-cognitive training tool*. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(5), 1458–1483. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01892-2>
- Viswanathan, L., & Mingolla, E. (2002). *Dynamics of attention in depth: Evidence from multi-element tracking*. *Perception*, 31(12), 1415–1437.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wechsler, D. (2012). WAIS-IV. Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-IV. Manual técnico y de interpretación. Madrid: NCS Pearson, Inc. Edición original, 2008.

Apéndice

Anexo A: Formulario de Inscripción para selección de voluntarios

Para la fase de reclutamiento de voluntarios, se diseñó un formulario en la plataforma *JotForm* para la inscripción de los participantes. En el mismo se solicitaban los siguientes datos de interés:

- Nombre y apellido.
- Email y número de teléfono, los cuales luego permitieron el contacto con los participantes.
- Fecha de nacimiento.
- Edad.
- Sexo.
- Universidad y carrera a la cual pertenece.
- Año de cursado en ese momento.
- Si presenta alguna enfermedad clínica (tiroides, diabetes, hipertensión arterial, hipercolesterolemia, otros).
- Si presenta alguna enfermedad neurológica.
- Si presenta algún trastorno del aprendizaje.
- Si presenta alguna enfermedad psiquiátrica (trastorno depresivo, trastorno de ansiedad, esquizofrenia, trastorno bipolar, otros).
- Días y horarios libres para coordinación de los encuentros

Anexo B: Encuesta Clínica

Apellido y Nombre:	Edad:
Fecha de Nacimiento:	Fecha de evaluación:
Años de educación:	Lateralidad:
Grupo de convivencia:	Trabajo:

Alteraciones Sensoriales	VISUAL AUDITIVO MOTOR OLFATIVO GUSTATIVO	SI NO SI NO SI NO SI NO SI NO	Uso de correctivos o ayudas externas SI No SI No SI No SI No SI No
Actividad física	SI NO	¿Cuál?	Frecuencia semanal: Tiempo (en horas):
Sueño	Cantidad de horas diarias:		Dificultades para: *Conciliar SI NO *Mantener SI NO *Despertar SI NO
Tabaquismo	SI	¿Desde hace cuánto tiempo fuma?	¿Cuántos cigarrillos por día?
	NO	¿Fumó alguna vez? ¿Cuántos años?	
Consumo de alcohol	SI		Frecuencia: diaria/ semanal/ mensual
	¿Qué bebidas alcohólicas consume?		Cantidad por día (en lts.)
	NO		¿Consumía antes? ¿Por cuantos años? ¿Qué bebidas?
Consumo de drogas	SI NO	¿Cuál?	
Plan Farmacológico			
Nombre del fármaco y desde cuándo lo toma			

Anexo C: Consentimiento informado

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Usted ha sido invitado a participar en un estudio destinado a evaluar la eficacia de un programa de entrenamiento con juegos digitales a nivel cognitivo y electrofisiológico en estudiantes universitarios. Con este objetivo, la investigación reunirá estudiantes universitarios sanos, sin antecedentes neurológicos o psiquiátricos.

La participación incluirá: un encuentro inicial en donde se realizará una evaluación neuropsicológica completa y una sesión de electroencefalografía en la que se implementarán tareas de atención. Seis semanas de entrenamiento, dos sesiones de 20 minutos por semana. Y un encuentro final en donde se realizará nuevamente una evaluación neuropsicológica completa y una sesión de electroencefalografía en la que se implementarán las tareas de atención.

La medición de electroencefalografía y la evaluación cognitiva se realizan en un mismo encuentro. Las mediciones electroencefalográficas incluyen una serie de actividades a realizar, mientras usted tiene colocados electrodos en el cuero cabelludo. Estos electrodos no suponen ningún riesgo, no producen dolor ni corriente eléctrica, pero pueden producir cierta incomodidad, especialmente por el gel neutro que se utiliza para su colocación.

El presente estudio no generará un beneficio directo e inmediato para usted, pero permitirá conocer la eficacia de un programa de entrenamiento con juegos digitales.

Toda la información recolectada será mantenida bajo estricta confidencialidad. Esta investigación garantiza el anonimato y el derecho a la privacidad de todos los participantes. La investigadora le asignará un código al ingresar al estudio que lo identificará y se compromete a no informar en sus publicaciones su nombre u otro dato que permitiese su reconocimiento.

Una vez que la investigadora le dé información sobre el estudio y su participación en él, usted tiene derecho a no responder alguna o todas las preguntas que se le hagan y a interrumpir su colaboración en cualquier momento.

Usted podrá solicitar la información que considere necesaria en relación a los propósitos, procedimientos, instrumentos de recopilación de datos y la proyección y/o socialización de la investigación, en cualquier momento del estudio y tantas veces como crea necesario.

Se deja constancia que Ud. ha recibido todas las explicaciones sobre la realización del estudio, que todas sus dudas han sido respondidas satisfactoriamente por alguno de los investigadores involucrados y que Ud. Ha comprendido plenamente las respuestas de las mismas.

FIRMA PARTICIPANTE

DNI:

FECHA:

FIRMA INVESTIGADOR

DNI: