



Universidad de Chile
Facultad de Filosofía y Humanidades
Centro de Estudios Cognitivos

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD UNIMANUAL Y DE LA CARGA DE LA MEMORIA
OPERATIVA EN LA LATERALIZACIÓN DE DESVIACIONES DEL EJE CENTRAL,
EN UNA TAREA DE SEGUIMIENTO DE RUTA,
POR MEDIO DE UN VIDEO JUEGO DE CONDUCCIÓN DE AUTOMÓVIL

Tesis para optar al Grado de
Magíster en Estudios Cognitivos

PS. EDUARDO JERIA GARAY

Profesor Guía:
Doctor Ricardo García. MD.

Santiago de Chile, año 2015

EFFECTOS DE LA ACTIVIDAD UNIMANUAL Y DE LA CARGA DE LA MEMORIA
OPERATIVA EN LA LATERALIZACIÓN DE DESVIACIONES DEL EJE CENTRAL,
EN UNA TAREA DE SEGUIMIENTO DE RUTA,
POR MEDIO DE UN VIDEO JUEGO DE CONDUCCIÓN DE AUTOMÓVIL

Ps. Eduardo Jeria Garay, Magíster en Estudios Cognitivos.

Universidad de Aconcagua, eduardo.jeria@uac.cl

Primer Semestre de 2015

Profesor Guía: Doctor Ricardo García

RESUMEN

Este proyecto pretende confirmar la lateralización, hacia la derecha, de las desviaciones del eje central, en una tarea de seguimiento de ruta, por medio de un video juego de conducción de automóviles, y determinar si la actividad unimanual y la carga de la memoria operativa son factores moduladores de éstas. Se cree, a partir de una amplia literatura al respecto, que esta lateralización es debida a la pseudonegligencia, un sesgo atencional consistente en la orientación preferente al hemiespacio izquierdo del campo visual, el cual es determinado por la activación hemisférica cerebral asimétrica derecha y aumentado con la sobrecarga de este hemisferio.

Para ello, se diseñó un experimento factorial de medidas repetidas, para una muestra de 101 estudiantes universitarios, consistente la realización de dos tareas concurrentes: el seguimiento de una ruta, a través de la conducción de un automóvil en un videojuego, evitando desviaciones del eje central, mientras se ingresa con una mano en un teclado, series crecientes de dígitos, memorizados previamente. Se asumieron como variables independiente: la actividad unimanual (ingreso de dígitos con la mano izquierda o derecha en un teclera) y la carga de la memoria operativa (cantidad de dígitos en una tarea de memoria). La variable dependiente fue la desviación respecto del eje medio del trayecto, medida tanto en direccionalidad (derecha o izquierda) y magnitud (en pixeles).

Se hipotetizó que el sesgo atencional se manifestaría a través de una desviación hacia la derecha respecto del eje central de la ruta. Esto sería acentuado por el uso de la mano izquierda en el ingreso de dígitos y contrarrestado por el uso de la mano derecha. El sesgo, igualmente, se incrementaría en la medida que se aumentaría la carga de la memoria operativa, debido a un mayor *span* de dígitos a recordar. Además, habría un efecto de interacción de las dos variables anteriores.

Los resultados indican que efectivamente se manifiesta un sesgo, hacia la derecha, en las desviaciones, y que tanto la actividad unimanual como la carga de la memoria operativa son factores de modulación, de manera que la actividad unimanual, sea ésta izquierda o derecha aumentan el sesgo, mientras que la carga de la memoria operativa también lo hace. No se demostraron efectos producidos por la interacción de ambas variables.

A partir de estos resultados se apoya parcialmente la explicación estándar del fenómeno de la pseudonegligencia, como sesgo espacial, sustentada por la teoría de las redes atencionales, la lateralización hemisférica de la atención visoespacial y, especialmente, la hipótesis de Activación-Orientación, a la vez que se sugieren otras variables y explicaciones que podrían intervenir en el fenómeno.

Dedicatoria

A Isabel,
hija del Poniente
pasajera de Oriente
y habitante de mi País interior.

Agradecimientos

Agradezco a todos quienes colaboraron en la materialización de esta idea.

A Alejandro Pérez, por su generosidad y su idea inicial.

Por su guía oportuna y su atención al detalle, a Ricardo García.

A Andrés Sepúlveda, por la excelente programación, y la paciencia.

A quienes en el tratamiento de datos, me aconsejaron: Víctor Leiva y Marcelo Rodríguez.

Y también a R. Chiang Ta, por darme el empujón que necesitaba para salir de la inercia.

*La capacidad de atención del hombre es limitada
y debe ser constantemente espoleada por la provocación.*

Albert Camus

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 Atención.....	6
1.1.1 Modelos psicológicos del concepto de atención.....	6
1.1.2 La atención desde la óptica neurocognitiva.....	7
1.1.3 Modelos neuropsicológicos de la atención.....	10
1.1.3.1 Modelo de la inhibición recíproca de hemisferios cerebrales	10
1.1.3.2 Dominancia del Hemisferio derecho.....	12
1.1.3.3 Redes atencionales de Posner.....	13
1.1.3.4 Una red cortical para la atención selectiva.....	18
1.1.4 Atención visoespacial.....	19
1.1.4.1 Paradigma experimental.....	19
1.1.4.2 Neuroanatomía funcional.....	21
1.1.4.3 Sesgos en la distribución de la atención visoespacial.....	24
1.1.4.3.1 Negligencia espacial.....	24
1.1.4.3.2 Pseudonegligencia.....	26
1.2 Lateralidad, especialización hemisférica y dominancia manual.....	31
1.2.1 Lateralidad.....	31
1.2.2 Especialización hemisférica.....	33
1.2.3 Dominancia manual.....	34
1.3 Memoria operativa y la tarea de amplitud de dígitos.....	35
1.3.1 Memoria operativa.....	35
1.3.2 Las tareas de amplitud de dígitos (<i>digit span task</i>).....	37

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	39
2.1 Preguntas de Investigación.	39
2.2 Objetivos del Estudios.	39
2.2.1 Objetivo General.	39
2.2.2 Objetivos Específicos.	39
2.3 Hipótesis del Estudio.	40
3. MARCO METODOLÓGICO.	42
3.1 Participantes y tipo de muestreo.	42
3.2 Definición de Variables.	42
3.2.1 Variables Independientes.	42
3.2.2 Variables Dependientes.	43
3.2.3 Covariables.	44
3.3 Diseño Metodológico.	46
3.3.1 Diseño Factorial.	46
3.3.2 Medidas Repetidas.	50
3.3.3 Ensayos Repetidos.	53
3.3.4 Univariado.	53
3.4 Instrumentos.	54
3.5 Procedimiento.	61
3.6 Protocolo ético: procedimiento y carta de consentimiento informado. ...	63

4. RESULTADOS.	64
4.1 Organización y limpieza de la base de datos.	64
4.2 Análisis de Resultados.	66
4.2.1 Plan de análisis.	66
4.2.2 Análisis descriptivo de la muestra y de los resultados.	67
4.2.3 Testeo de supuesto del diseño experimental.	79
4.2.4 Análisis exploratorio de la incidencia de las covariables.	86
4.2.5 Comparación de medias de las condiciones experimentales, respecto del valor de la trayectoria sin desviación.	91
4.2.6 Análisis de varianza con dos factores ambos con medidas repetidas	94
4.3 Contraste de hipótesis.	102
 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	 104
5.1 Conclusiones.	104
5.2 Discusión.	108
 REFERENCIAS.	 113
 ANEXOS.	 123
Anexo 1: Edinburgh Handedness Inventory (EHI).	123
Anexo 2: Programación de Salidas de Datos.	124
Anexo 3: Capturas de Pantalla del Video Juego.	125
Anexo 4: Datos de Identificación de participante.	128
Anexo 5: Carta de Consentimiento Informado.	129

INTRODUCCIÓN

El estudio de la atención es uno de los temas más relevantes de la psicología cognitiva, desde su fundación, en la década de los cincuenta, hasta nuestros días. En el contexto de la revolución cognitiva y con la metáfora del computador de trasfondo (Gardner, 1985), explicar la capacidad humana de procesamiento de información fue uno de los primeros objetivos trazados por la naciente generación de psicólogos cognitivos. Tanto es así, que el primer modelo explicativo de esta nueva disciplina es justamente un modelo atencional: el modelo de filtro rígido de Broadbent (1958), el cual, no obstante su simplicidad, fue una guía para los trabajos posteriores.

En este campo de estudio, los fenómenos de selectividad de la atención y las características de dicha discriminación de estímulos (especialmente en el ámbito visual) han sido extensamente estudiados, dando lugar a un corpus de conocimiento que se revisa y recopila periódicamente (Nobre & Kastner, 2014; M. I. Posner, 2012). Actualmente, sabemos que la capacidad de dirigir nuestra atención a un sector del espacio y reconocer objetos, siendo conscientes de ellos, y estar alerta para procesar esa información y entregar una respuesta, es una capacidad altamente compleja y modular, en la que se involucran diferentes redes atencionales (M. I. Posner & Dehaene, 1994).

Por otra parte, una de las líneas más clásicas en el estudio del cerebro, desde la disciplina de la neuropsicología, ha sido la lateralidad. La lateralidad es el conjunto de predominancias particulares de una u otra de las diferentes partes simétricas del cuerpo. Esta propiedad es ilustrada por una característica cotidiana: el uso predominante de la mano izquierda o derecha para actividades como escribir o tomar un objeto. La lateralidad, sin embargo, no es exclusiva de las extremidades, ni mucho menos de destrezas exclusivamente motoras. Por ejemplo, la habilidad de moverse en el espacio requiere de la orquestación de numerosos procesos de pensamiento, entre los cuales se cuentan la discriminación perceptual, la planificación motora y la atención. Las investigaciones muestran que muchos de estos procesos muestran sesgos y asimetrías característicos que probablemente se vinculan a la representación diferencial de estos procesos cognitivos en el cerebro. De hecho, el rol del hemisferio derecho parece ser más

decisivo en la orientación espacial que el hemisferio izquierdo y ello redundaría en asimetrías perceptuales, sesgos motores y atencionales.

Sobre este último punto, la demostración más evidente de dicha asimetría es el trastorno denominado “negligencia espacial”, estudiado ampliamente (Gazzaniga, 2004). Las investigaciones con pacientes que sufren de negligencia espacial muestran que los individuos con daño en la corteza parietal derecha tienen una mayor probabilidad de desarrollar un déficit de orientación y respuesta a estímulos espaciales que aquellos sujetos que sufren daño similar en el hemisferio izquierdo. La negligencia espacial se caracteriza por un déficit severo de atención al hemiespacio contrario a la lesión (por ende, típicamente el lado izquierdo), que se traduce en deficiencia para orientarse, percibir y seguir estímulos en ese sector.

En individuos normales, por otra parte, se ha descrito un fenómeno similar, aunque menos marcado y del lado opuesto del hemiespacio. Se le ha denominado “pseudonegligencia” y consiste en una leve, pero perceptible, preferencia atencional por el hemiespacio izquierdo (Manning, Halligan, & Marshall, 1990). Una de sus manifestaciones más estudiadas es el fenómeno de la bisección sesgada de una línea: las personas normales tienden a desplazar, sutilmente, el centro de las líneas hacia el polo derecho (Fischer, 2001; Jewell & McCourt, 2000). Se ha postulado que la pseudonegligencia se vincularía (al igual que la negligencia) a la lateralización de la función de orientación espacial, ligada al hemisferio derecho, lo cual redundaría en un sesgo atencional contralateral (Mattingley et al., 2004), lo que parece estar relacionado con el sistema atencional posterior, principalmente. Ello redundaría en un error sistemático para juzgar la orientación y la magnitud de determinados estímulos (Mennemeier et al., 2005). Una explicación alternativa relaciona el sesgo con el barrido de escenas visuales de izquierda a derecha, derivado de la lectura (Chokron, Bartolomeo, Perenin, Helft, & Imbert, 1998), de manera tal que una desviación a la izquierda aparece cuando el barrido es de izquierda a derecha, mientras que cuando el barrido es a la inversa, el sesgo también se revierte. Sin embargo, otras investigaciones no han sustentado esta hipótesis (Ishii, Okubo, Nicholls, & Imai, 2011; M. E. R. Nicholls & Roberts, 2002).

Las asimetrías en la atención visoespacial, puestas en relevancia por la negligencia,

principalmente, permitieron la formulación de modelos explicativos de estos sesgos. Esos modelos, luego, se extendían a la población sana (y la pseudonegligencia, por ende). El más relevante de éstos es el “Modelo de Activación-Orientación” o “Modelo de sesgo orientacional” de Kinsbourne (1993). De manera básica postula que cada hemisferio contiene un procesador atencional orientado contra-lateralmente e inhibido por el hemisferio opuesto. El gradiente atencional del hemisferio izquierdo sería mayor que el del derecho, por lo tanto, después de daños cerebrales derechos, la atención del hemisferio izquierdo se orienta poderosamente hacia el derecho. No sucede lo mismo cuando el daño es en el hemisferio derecho, que tiene un gradiente débil. En otras palabras, plantea que cada hemisferio trata de manejar la orientación de la atención hacia el espacio contralateral generando un sesgo atencional contralateral. Kinsbourne sugiere que a niveles menos extremos que el daño cerebral, los factores que normalmente incrementan o reducen el nivel de activación de un hemisferio relativo al otro, pueden producir sesgos más modestos.

Por otra parte, también se han invocado las asimetrías atencionales para explicar un fenómeno también reportado por los pacientes en sus actividades cotidianas: la lateralización de las colisiones. Mientras que las personas afectadas por negligencia tienden a chocar hacia su izquierda (Webster, Rapport, Godlewski, & Abadee, 1994), hay evidencia que permite suponer que las personas normales lo hacen hacia la derecha (Turnbull & McGeorge, 1998). Esto es concordante con la sintomatología de ambos cuadros. Sin embargo, se describió también que movimientos unilaterales del brazo o de la mano izquierda reducían significativamente los errores de bisección de líneas en pacientes con negligencia (Frassinetti, Rossi, & Làdavas, 2001) e incluso corregían las trayectorias de los pacientes en torno a un eje central (Robertson, Tegnér, Goodrich, & Wilson, 1994). La hipótesis de “Activación-Orientación” explica este fenómeno asumiendo que el movimiento de las extremidades podría ser un mecanismo simple de activación asimétrica del cerebro. Debido a que los movimientos del brazo izquierdo están controlados por el hemisferio derecho y viceversa, la actividad unimanual izquierda provocaría una activación en el hemisferio derecho que de alguna manera compensaría el déficit de la lesión parietal. En el caso de las personas normales, que cabía esperar que sucediera algo similar con la pseudonegligencia, pero en un sentido diferente. La actividad de la mano

izquierda debiera sobrecargar el hemisferio derecho y acentuar los sesgos atencionales, mientras que el sesgo debiera disminuir al activar la mano derecha, controlada a su vez, por el hemisferio izquierdo. De hecho, eso fue lo que habían hallado anteriormente McCourt, Freeman, Tahmahkera-Stevens y Chaussee (2001).

A partir de estos y otros hallazgos, y asumiendo la hipótesis que la lateralización de las colisiones es debida a una activación cerebral asimétrica, Nicholls, Loftus, Orr & Barre (2008), quisieron estimar si este efecto aumentaba con la activación unilateral hemisférica. Pues bien, efectivamente esto fue lo que hallaron estos investigadores. Posteriormente, y en la misma línea, (Fujikake, Higuchi, Imanaka, & Maloney, 2011) se descubrió que el movimiento del pie guía parece ser también un elemento modulador de esta asimetría. Resultados consistentes con los anteriores también se ha observado al usar silla de ruedas y estimar espacio extrapersonal (M. E. R. Nicholls et al., 2010).

No obstante estos interesantes hallazgos, aún falta por dilucidar cuál sería el efecto que, sobre la lateralización de colisiones y su efecto modulador -la actividad unimanual- ejercería una carga de la memoria operativa, pues otros estudios han detectado asimetrías de la atención ante actividades de alta carga atencional (Heber, 2010; Pérez Fernández, 2008). Es sabido que la memoria operativa guarda una estrecha relación con los procesos atencionales (Baddeley, 2002), especialmente con la red atencional de control o posterior, e incluso algunos modelos las identifican, pero no está clara la influencia que puede ejercer la sobrecarga de esta memoria en sesgos atencionales de orientación espacial.

Esto, además, podría ser doblemente interesante, si usamos un videojuego de conducción de automóviles, debido a que es una tarea no explorada en los paradigmas experimentales utilizados en la literatura. Por otra parte, es una situación donde se toman decisiones *online* y, por ende, las exigencias de carga atencional y de memoria son altas. Conducir un automóvil en un videojuego, si bien no es una simulación completa, es una tarea puede asemejarse bastante a la conducción real de automóviles, donde los sesgos atencionales, la tendencia a desviaciones y colisiones, y el uso de la memoria de trabajo suelen ser factores especialmente importantes. Además, hay evidencia que un videojuego puede incidir en la atención humana. Por ejemplo, Green y Bavelier (2003), muestran cinco investigaciones que respaldan la idea que en el aprendizaje perceptual, el uso de

videojuegos puede alterar los patrones de atención selectiva. Es decir, un videojuego parece ser un interesante modelo de estudio de sesgos atencionales, especialmente considerando que se ha demostrado que, en una situación de seguimiento de una ruta (en un laberinto) a través de un videojuego hay lateralización de las colisiones, a la derecha, al seguir una ruta en un videojuego (Thomas, Stuckel, Gutwin, & Elias, 2009).

En suma, en la siguiente investigación intentaremos confirmar el sesgo de atención visoespacial, debido a pseudonegligencia y testaremos algunos factores moduladores que influyen en la tendencia detectada, por medio de una tarea de seguimiento de ruta, implementada a través de un videojuego. Creemos que las lecciones que podemos obtener, serán de interés para la ciencia cognitiva y para nuestras decisiones cotidianas.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Atención

1.1.1 Modelos psicológicos del concepto de atención

La atención es un proceso cognitivo que, en contraste con su rol central en el procesamiento de la información humana, tiene limitaciones y capacidades restringidas en su funcionamiento. Por ejemplo, al enfrentarnos a escena visual nuestra conciencia de los estímulos presente se restringen a algunos cuantos, y no a la totalidad de los presentes en el ambiente.

Es por ello que estas restricciones de la atención ha capturado el interés de los psicólogos contemporáneos desde hace más de 120 años. No obstante, en esta centuria no ha sido solamente uno, sino varios conceptos ha tenido hegemonía en los sucesivos modelos teóricos desarrollados, trazando con ello una evolución que ha enriquecido nuestra comprensión de este proceso cognitivo.

Por ejemplo, una de las más importantes figuras de la psicología moderna, William James (1890) destacaba la función selectiva de la atención, consistente en controlar el acceso a la conciencia de sólo aquel estímulo que ha sido atendido. Una vez iniciada la revolución cognitiva, esta idea fuerza, que considera la atención como un filtro que impide la sobresaturación del espacio operativo, fue el aspecto más destacado de la primera etapa de la perspectiva del procesamiento de la información, y fue abordada a través modelos que tienen en común la idea que los procesos atencionales son mecanismos que deben, dada su capacidad limitada, acceder a algunos elementos y dejar fuera a otros. De acuerdo con este planteamiento teórico, la atención tiene un carácter pasivo, puesto que actúa como un tamiz que opera según la información disponible en el medio ambiente. Durante los años 60, múltiples autores hicieron propuestas en esta línea, centrándose sus diferencias en si se trataba de un filtro temprano, precategorial, es decir, o más tardía y poscategorial (Vega, 1984). El paradigma experimental más utilizado para respaldar este tipo de modelos fue el de escucha dicótica. En él a los sujetos se les transmite información diferente a cada oído y se les instruye a poner atención a un mensaje que es transmitido a uno de ellos y luego se

les interroga sobre otro mensaje transmitido al otro (Cherry, 1953). El carácter limitado de la atención siguió siendo una idea central de los investigadores en la siguiente década (Castillo Moreno & Paternina Marín, 2006).

No obstante, pronto un nuevo enfoque dentro de la línea tomó fuerza, a la vez que se imponía un paradigma experimental novedoso. La concepción de la atención como un proceso de recursos limitados que se distribuye entre diferentes actividades y el paradigma de tarea dividida, como método experimental, renovaron los enfoques de investigación. En el paradigma experimental de tareas divididas, se le pide a los sujetos que realicen varias tareas a la vez y se analiza cómo se interfieren las unas con las otras. Un postulado básico de este tipo de modelos es el de esfuerzo cognoscitivo que implica realizar tareas y que eso tiene un correlato comportamental. Uno de los conceptos más utilizados en esta línea de investigación es la distinción entre procesos automáticos (que consumen pocos recursos atencionales) y controlados (que consumen gran cantidad de recursos) (Kahneman, 1973; Norman & Bobrow, 1975).

1.1.2 La atención desde la óptica neurocognitiva

Como se señaló más arriba, la manera clásica de describir la atención por parte de la Psicología cognitiva se centró en determinar los procesos de pensamiento que permiten escoger (o repartir) los escasos recursos atencionales, en función de variados factores que la modulan. Éstos son de dos tipos principales: los dependientes de los procesos abajo-arriba (*bottom-up*), relacionados con donde la prominencia de los estímulos o propiedades físicas de los objetos (M. I. Posner, Snyder, & Davidson, 1980) y los arriba-abajo (*top-down*), es decir, la pertinencia de lo atendido en función de nuestras intenciones, expectativas y otros estados internos (Feather, 1982; Norman, 1968). Los elementos que califican elevado en ambas dimensiones, resultan atendidos.

Sin embargo, pronto quedó clara la necesidad de integrar investigación interdisciplinaria en esta área, ya que los estudios en neurociencia demostraron que cuando atendemos se produce activación en múltiples regiones cerebrales, inclinando a su favor la competencia por la capacidad atencional limitada. Además, descubrieron que la

atención no puede ser descrita en modo alguno como una homogénea función mental. Hay evidencia de que hay redes, parcialmente segregadas en el cerebro, que se encargan de diferentes funciones atencionales. Una de ellas, la cual incluye partes del córtex dorsal intraparietal y el córtex frontal superior, y está vinculada con las funciones de preparación y ejecución de la selección estímulos y respuestas en situaciones dirigidas a metas (es decir, procesos de tipo “arriba-abajo”). El otro sistema, que involucra regiones como el córtex temporoparietal y el córtex frontal inferior, está altamente lateralizado (en el hemisferio derecho) no estaría involucrado en la selección *top-down*, sino más bien estaría encargado de la detección de estímulos conductualmente relevantes, por ejemplo, cuando ellos son prominentes o inesperados. Ambos sistemas interactúan en los cerebros normales y la negligencia espacial, de la que hablamos en la introducción, sería un ejemplo de qué sucede cuando ambas están desconectadas. Esta red ventral frontoparietal actuaría interrumpiendo el actuar del sistema dorsal, dirigiendo la atención a estímulos prominentes (Maurizio Corbetta & Shulman, 2002).

Es decir, más que hablar de un proceso unívoco y homogéneo, es más acertado entender la atención (visual, especialmente) como la propiedad emergente de muchos mecanismos neurales trabajando para resolver la competencia entre estímulos que pugnan por controlar el procesamiento visual y la conducta. Esta noción de la atención como un sistema modular ha favorecido el desarrollo de nuevas aproximaciones a la investigación no solo de la atención, sino también en ámbitos como, por ejemplo, el de la memoria (Colmenero Jiménez, Catena Martínez, & Fuentes, 2001).

Por otra parte, desde esta postura se pueden reenfocar las propiedades esenciales de la atención. Por ejemplo, el problema de la capacidad se relaciona más con el mecanismo atencional (las redes cerebrales específicas que intervienen) más que con los sistemas de procesamiento de la información (las representaciones y algoritmos). Más concretamente, la capacidad atencional está asociada con el número limitado de objetivos que el sujeto puede mantener activos cerebralmente para realizar una tarea y, por tanto, con la actividad de determinadas redes atencionales. Así, por ejemplo, las actividades automatizadas se van a considerar como un cambio en el tipo de control de la acción, más que una redistribución de recursos.

Por ejemplo, los actuales modelos neurofisiológicos conciben los mecanismos neurofisiológicos de la atención a través de una distinción: por una parte, los “mecanismos de expresión” y, por otra, los “mecanismos de control” de la atención. Los *mecanismos de expresión* resaltan o suprimen las representaciones neurales de los objetos, siendo el nivel de procesamiento en que los estímulos “compiten” entre sí (Duncan, Humphreys, & Ward, 1997). Estos dispositivos, modulan las señales visuales recibidas de acuerdo con su relevancia atencional. Los podemos identificar con los factores que tradicionalmente se describen como parte del procesamiento abajo-arriba (*bottom-up*). Estos mecanismos han sido ubicados anatómicamente en la corteza visual estriada tanto para la selección de en objetos como la espacial.

Por otra parte, los “mecanismos de control” están más específicamente involucrados en la asignación de la atención, seleccionando qué objetos y lugares serán atendidos (LaBerge, 2001). Están más relacionados con el conocimiento, las expectativas y las metas. Los podemos identificar con los factores que tradicionalmente se describen como parte del procesamiento abajo-arriba (*top-down*). Estos mecanismos preparan la percepción y ocurren antes de un evento, anticipándolo. Por ejemplo, las señales en el paradigma de Posner (del que hablaremos más adelante), serían un ejemplo de activación de estos dispositivos. Estos procesos han sido asociados a la corteza dorsolateral prefrontal y parietal superior, como también al córtex cingulado anterior.

Para respaldar este esquema, se ha descubierto que la actividad de banda alfa (~7.5-13 Hz) del electroencefalograma indica cambios en la atención visual. Se ha observado una disminución de la actividad alfa (desincronización) en los sitios que procesan el lado atendido del espacio, mientras que un incremento (sincronización) es ha sido registrado en las regiones que procesan el lado no atendido. El ritmo alfa es sensible a las demandas atencionales y que la duración de su desincronización se incrementa con el aumento de la complejidad de la tarea. Estos hallazgos pueden ser leídos como indicadores de los mecanismos de expresión atencional (Yamagishi et al., 2003).

Por otra parte, cuando se usan tareas atencionales con pre-avisos visuales se ha visto, sobre la parte del cráneo contralateral al hemicampo visual avisado, una desincronización de la actividad de la banda alfa después de la presentación del pre-aviso y

antes de la aparición del estímulo objetivo (*target*). Esto sugiere una actividad anticipatoria de la atención visoespacial, lo que estaría vinculado a mecanismos de control atencional. (Klimesch, Doppelmayr, Russegger, Pachinger, & Schwaiger, 1998).

1.1.3 Modelos neuropsicológicos de la atención

A diferencia de los modelos psicológicos cognitivos generales de atención, los modelos neuropsicológicos se refieren de manera más específica a áreas y redes del cerebro, que la constituyen. Antes de la aparición y el uso de las técnicas de neuroimagen, a partir de la década de los 90, los neuropsicólogos construían sus a partir de modelos de daño cerebral (pacientes reales con lesiones) y estudiando déficits atencionales. Un aporte decisivo para ello lo constituye la exploración del síndrome de negligencia espacial (sobre el cual profundizaremos en el apartado acerca de la atención visoespacial) el cual ocurre frecuentemente ante daño en regiones del hemisferio derecho. A continuación revisaremos alguno de los modelos más importantes y más influyentes desarrollados para explicar la atención, y que se vinculan de manera estrecha a los fenómenos atencionales que son objeto de interés de la presente investigación.

1.1.3.1 Modelo de la inhibición recíproca de hemisferios cerebrales (Kinsbourne, 1970, 1993)

En el modelo de Kinsbourne, los cambios de la atención a la derecha están controlados por el hemisferio izquierdo, mientras que los cambios de atención a la izquierda por el hemisferio derecho. De acuerdo a esto, se asume que hay dos procesadores los cuales se inhiben mutuamente: el procesador del hemisferio izquierdo inhibe al derecho y viceversa.

El incremento relativo en la activación de un hemisferio cerebral orientará la atención hacia el espacio contralateral. Por lo tanto, si el primer estímulo activa preferentemente uno de los dos hemisferios cerebrales, orientará a posteriori la atención hacia el hemicampo visual que ese hemisferio procesa (el contralateral).

El modelo explica las características de la negligencia: luego de un daño cerebral, el hemisferio derecho pierde parte de su capacidad de inhibir el procesador del hemisferio izquierdo y deja al hemisferio derecho “sobreactivado”, resultando en una hipoatención hacia el campo atencional contrario a la lesión y una sobreatención al campo ipsilateral. Un punto débil de este modelo es que no puede explicar la mayor incidencia de negligencia hemiespacial contralesional tras daño cerebral al hemisferio derecho. Para un esquema de este modelo, ver **Figura 1**.

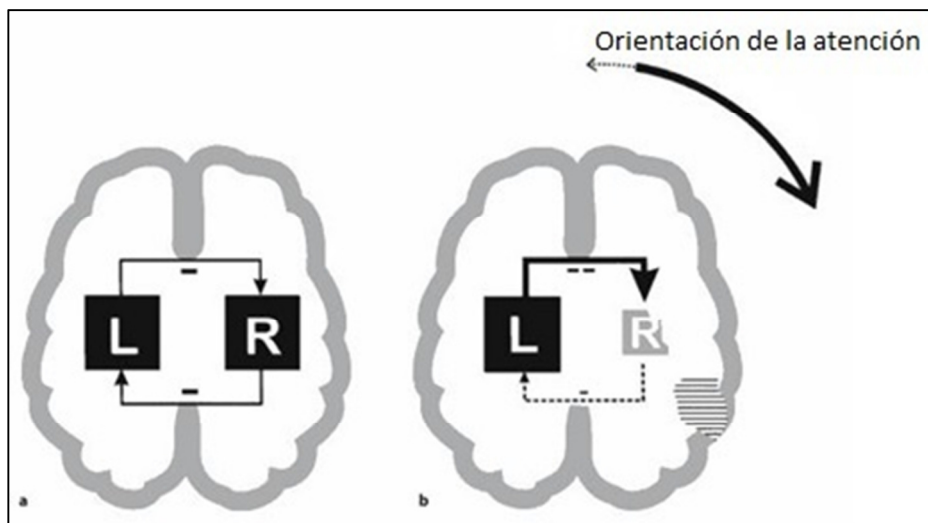


Figura 1: Inhibición recíproca de procesadores atencionales, de acuerdo al modelo de Kinsbourne (1970). La letra “a” indica funcionamiento normal y la letra “b” funcionamiento después de un daño al hemisferio derecho.

De este modelo, se desprende una hipótesis, también llamada “Activación-Orientación” (Kinsbourne, 1993), que explica por qué se presta más atención al espacio contralateral al del hemisferio activado y predice qué pasaría en ciertas condiciones.

Por ejemplo, escoger el centro en la tarea bisección parece implicar la activación de la corteza parietal inferior derecha. En este caso, el hemisferio derecho se hace más activo que el izquierdo, y por lo tanto la atención se distribuye de forma desigual, con más atención a la izquierda lado del espacio que en el lado derecho. Esto explicaría el sesgo que se encuentra en las tareas de bisección línea: el lado izquierdo de la línea se sobreatiende y,

por ende, es sobrerrepresentado en comparación con el lado derecho de la línea. La hipótesis también proporciona una explicación de por qué el rendimiento en la tarea de bisección línea varía en función de factores tales como la señalización y el uso de las manos: se trata factores pueden afectar a qué hemisferio está más activo, que en a su vez puede afectar la forma manifiesta la pseudonegligencia (Failla, Sheppard, & Bradshaw, 2003; McCourt et al., 2001). La hipótesis, a su vez, predice que cuando el hemisferio izquierdo aumente la actividad (por ejemplo, por el uso de la mano derecha), más atención se dirige hacia el lado derecho del espacio, lo que disminuye el sesgo típico de la pseudonegligencia hacia la izquierda. Esta predicción es acertada y la trataremos más adelante.

1.1.3.2 Dominancia del Hemisferio derecho (Heilman, Valenstein, & Watson, 2000; Heilman & Van Den Abell, 1980).

Heilman, Valenstein y Watson (2000) han propuesto que la negligencia unilateral es causada por interrupciones en el circuito cortico-límbico-reticular y que éstas conducen a déficits en reacciones de orientación. Además, fue el primer modelo en señalar una conexión entre la orientación espacial y el *arousal*. Las lesiones que derivan posteriormente en negligencia, son las que llevan alteraciones asimétricas del *arousal*, de manera tal que disminuyen la activación del hemisferio cerebral afectado, produciendo así una disminución de la preparación de la respuesta a los estímulos en el campo visual contralateral.

La mayor incidencia de síntomas de negligencia ocurre después de lesiones en el hemisferio derecho. Esto se explica porque este hemisferio sería más capaz de activar el hemisferio izquierdo y que es dominante, en general, respecto de la preparación de la respuesta en ambos hemicampos visuales. Por contrapartida, el hemisferio izquierdo no puede ajustar el déficit de excitación para el hemisferio derecho. Anteriormente, Heilman y Van Den Abell (1980) fueron capaces, mediante el uso de registros de EEG de participantes sanos, de demostrar que el lóbulo parietal derecho está involucrado en dirigir la atención visoespacial tanto en el campo visual contralateral como el ipsilateral, mientras que el

lóbulo parietal izquierdo no tiene la capacidad de controlar la atención dentro de su campo visual ipsilateral. En consecuencia, las lesiones del hemisferio izquierdo tienen muchas menos consecuencias para la orientación visoespacial que las lesiones del hemisferio derecho, debido a que éste último es capaz de compensar algunas de las funciones del hemisferio izquierdo, lo que no es recíproco.

1.1.3.3 Redes atencionales de Posner

M.I. Posner y sus diversos colaboradores han estudiado la atención intensivamente desde la década de los 70, influyendo decisivamente en este campo de investigación, tanto en los aspectos metodológicos de los estudios como los teóricos (M. I. Posner, 1980).

Posner conceptualiza la atención como un conjunto de varios subsistemas interconectados anatómicamente y funcionalmente. Posner y Boies (1971) fueron los primeros en proponer la existencia de diferentes subsistemas atencionales. Basados en éste y otros hallazgos, Posner y Petersen postularon, en su artículo clásico (1990), la existencia de tres redes atencionales: la red de orientación visoespacial (red de selección de eventos sensoriales), la red de control (responsable de detección de señales para un procesamiento consciente) y la red de alerta (responsable de mantener un nivel de vigilancia, o sea, de la disponibilidad del sujeto para responder).

Posteriormente a esta formulación inicial, Posner ha revisado la noción de redes atencionales y su fundamentación. Los nuevos hallazgos que confirman su plausibilidad y las funciones de estas redes en diversas ocasiones (M. I. Posner & Dehaene, 1994).

a) La red de orientación visoespacial

La red de orientación visoespacial controla la orientación de la atención visual, tanto aquella abierta como encubierta. Es decir, es una red que controla la orientación a eventos sensoriales en el espacio.

Es llamada la red posterior, y está constituida anatómicamente por áreas del tálamo, los colículos superiores y la corteza parietal posterior. Esta red atencional desarrolla tres procesos fundamentales, los cuales tienen correlatos anatómicos en el encéfalo:

Desenganche: Es el proceso que permite desconectar la atención de su punto de fijación actual. Es una función asociada al lóbulo parietal posterior derecho. Pacientes con lesiones en esta área están severamente limitados en sus habilidades de “desganchar” la atención para moverla a otro lugar en el espacio (M. I. Posner, Walker, Friedrich, & Rafal, 1984). La negligencia visoespacial es la consecuencia más común de lesiones parietales al hemisferio derecho.

Cambio o movimiento: Es el proceso que permite desconectar la atención de su punto de fijación actual. Después de desganchar el foco de atención, la atención necesita ser “movidada” a un nuevo lugar. El movimiento de la atención implica la función del colículo superior en el cerebro medio y, o bien se puede realizar de manera abierta (por ejemplo, a través del movimiento de los ojos) o encubierta (sin dicho movimiento). Los pacientes afectados por la degeneración del colículo superior, por ejemplo, muestran entecimiento en los cambios atencionales.

Enganche: Una vez detectado el objetivo, la atención necesita “engancharse” al nuevo foco de atención. El correlato anatómico de este proceso sería el núcleo pulvinar del tálamo el cual está implicado en la selección de información relevante para su posterior procesamiento. Lesiones en el núcleo pulvinar derivan en déficits de enganche en la atención a un objetivo en el campo visual contralateral.

De esta manera, el lóbulo parietal posterior, el colículo superior y el núcleo pulvinar forman un circuito anatómico para el cambio encubierto de objetivos espaciales de la atención visual (M.I. Posner & Raichle, 1994; M. I. Posner & Raichle, 1998). Lesiones en cualquiera de las partes de esta red pueden producir problemas en la orientación visoespacial, con una mayor incidencia en las lesiones parietales. En la **Figura 2**, se puede apreciar una imagen de esta red.

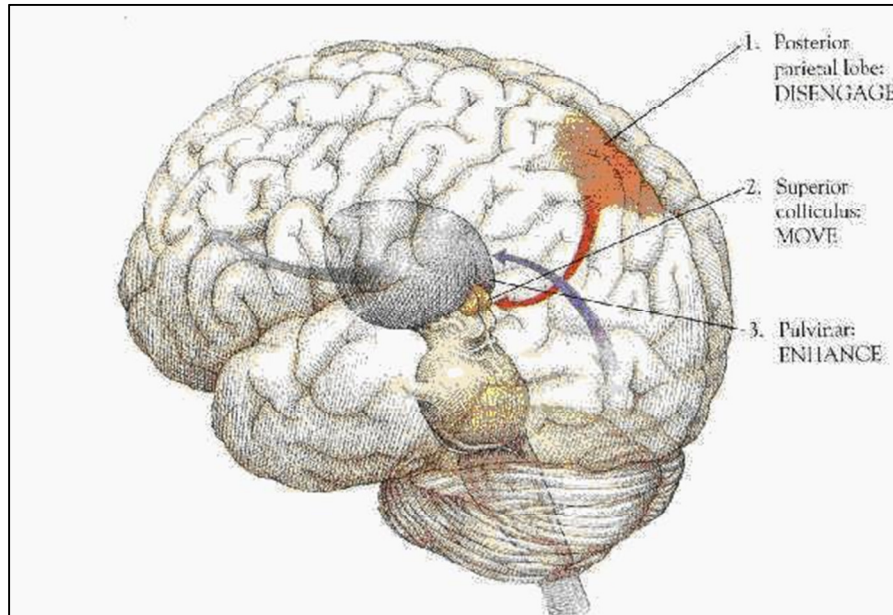


Figura 2: Red de orientación visoespacial (tomado de (M.I. Posner & Raichle, 1994).

b) La red de control

La función de la red de control es transferir objetos o señales detectadas para un procesamiento consciente. Después de que un objeto ha sido procesado por la red de orientación, tal como señalamos más arriba, necesitamos identificarlo y preparar potenciales acciones a desarrollar.

Es la llamada red atencional anterior. El control de la atención es una función del lóbulo frontal, específicamente el giro cingulado. Las lesiones bilaterales de estas áreas que presentan algunos pacientes, se relacionan con la incapacidad de realizar acciones intencionadas. En otras palabras, el sistema atencional anterior tiene como principal función la detección de objetos y el reconocimiento de su identidad. Se ha identificado esta segunda red de la teoría de Posner con la llamada “Working Memory” (Baddeley & Hitch, 1974), y ésta, a su vez, se ha asociado con la conciencia. Formado por cíngulo anterior, los ganglios de la base y el córtex dorsolateral prefrontal, es decir, las áreas que forman parte del circuito del ejecutivo central. La **Figura 3** presenta una imagen de esta red.

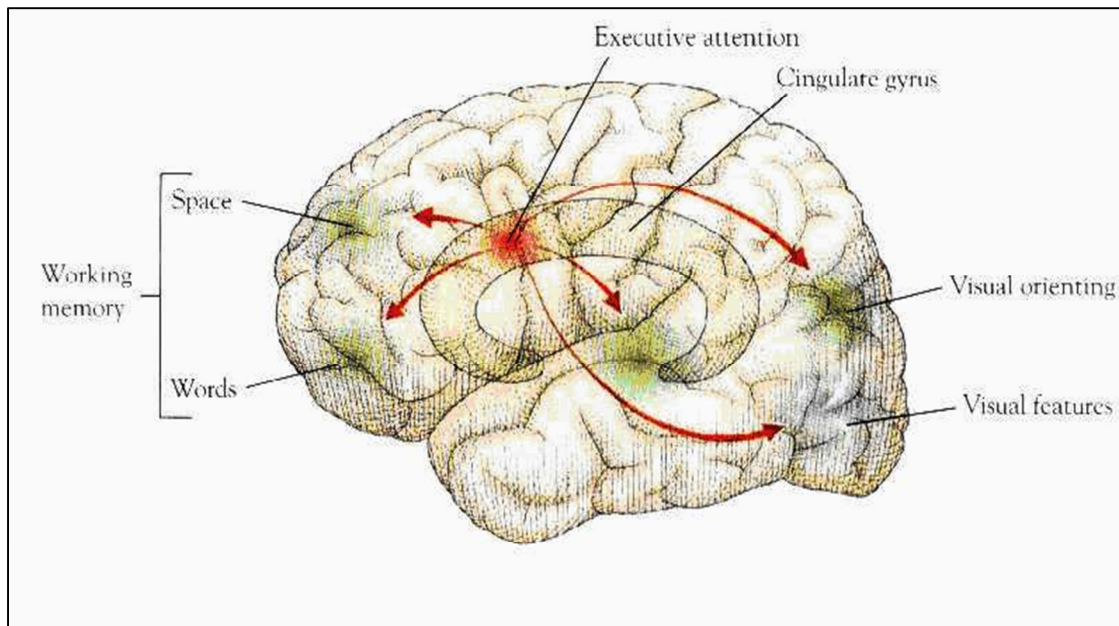


Figura 3: Red de control (tomado de (M.I. Posner & Raichle, 1994).

c) La red de alerta

La red de alerta establece y mantiene el estado de alerta de la mente y aumenta la capacidad de respuesta y preparación de acciones. El sistema de vigilancia entra en funcionamiento cuando el sujeto debe estar alerta ante la aparición de un posible estímulo objetivo. Durante este periodo parecen producirse una serie de cambios funcionales en el sistema atencional que preparan el cerebro para la detección rápida del posible objetivo (entre estos cambios cabe destacar la inhibición que sufre el sistema atencional anterior).

La red de alerta parece estar fuertemente lateralizada en el hemisferio derecho, más específicamente en el lóbulo frontal derecho y depende fisiológicamente en las vías noradrenérgicas derivadas de la tronco cerebral. Con referencia a las conclusiones de Heilman, vistas anteriormente, Posner y Petersen (1990) propusieron que este procesamiento de alerta es asimétrico (corteza frontal derecha) y señalan cómo las lesiones en esta área a menudo se asocian con déficits de vigilancia. En la **Figura 4**, se ilustra esta red.

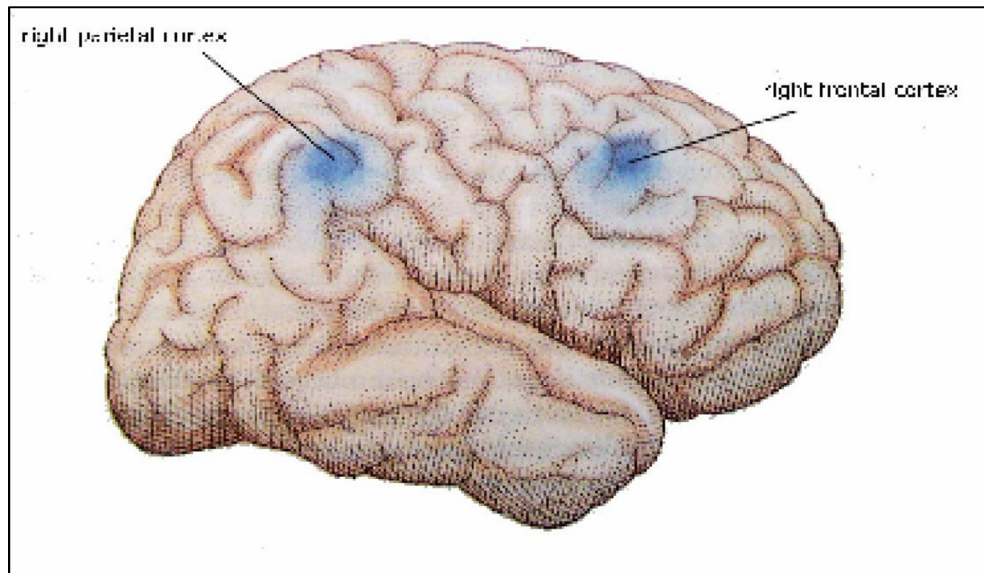


Figura 4: Red de alerta (tomado de (M.I. Posner & Raichle, 1994).

Este modelo da cuenta satisfactoriamente de los principales elementos de la atención, por ejemplo, la selección de información, la alerta, la orientación, el control y la conciencia. Además, el autor y sus colaboradores (M. I. Posner, 1980; M. I. Posner & Cohen, 1984; M. I. Posner & Dehaene, 1994; M. I. Posner & Petersen, 1990; M.I. Posner & Raichle, 1994) enfatizan que estas tres redes atencionales no trabajan por separado. Por ejemplo: la red de alerta y la red de orientación interactúan en el hemisferio derecho por medio de la modulación de neuronas de norepinefrina del locus cerúleo, que proyectan principalmente en áreas de los lóbulos frontal y parietal derechos. Por otra parte, la orientación viso-espacial de la atención está relacionada con las funciones de selección de información y grado de conciencia de ésta (red de control), puesto que la red posterior hace que una parte de la información reciba un procesamiento especial, el cual se manifiesta fenomenológicamente como un grado diferente de conciencia de la información para el sujeto. De hecho, cuando existen problemas para orientar la atención a una determinada zona del campo visual, la conciencia de la información situada en el mismo se altera (negligencia). En el caso de la relación la red posterior con la red atencional anterior, la actividad de esta última depende de la cantidad de objetivos que el sujeto selecciona y mantiene activos al realizar una tarea.

1.1.3.4 Una red cortical para la atención selectiva

Mesulam (1981) subdivide la atención espacial selectiva en cuatro subcomponente, los cuales están asociados a correlatos anatómicos específicos en el cerebro, formando una red atencional. El componente reticular controla el *arousal*. El componente límbico, representado por el giro cingulado, regula la distribución espacial con valencia motivacional. El componente frontal, incluye los campos frontales oculares, programas motores de exploración, agarre y fijación y el componente parietal posterior que provee un mapa sensorial interno. Mesulam postula que los síntomas de la negligencia pueden surgir de lesiones de cualquiera de los componentes. Él también subraya la dominancia del hemisferio derecho para las funciones atencionales en el cerebro. La **Figura 5** esquematiza este modelo.

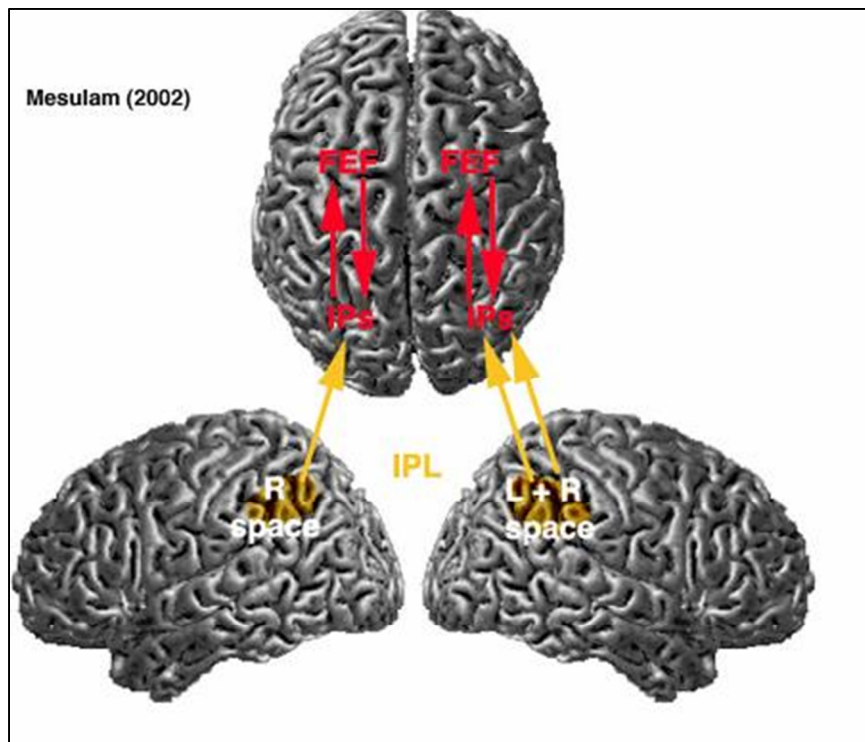


Figura5: Modelo de la dominancia del hemisferio derecho para la atención espacial (M. Mesulam, 2002).

1.1.4 Atención visoespacial

1.1.4.1 Paradigma experimental

La atención visual espacial permite la orientación hacia los estímulos externos relevantes. Como dijimos más arriba, se distingue entre la atención abierta que implica mover el punto de mira de la atención y la atención encubierta, que ocurre sin movimientos oculares. En general, el foco de atención se desplaza hacia un nuevo impulso relevante junto con los ojos para permitir el procesamiento de la fovea. Esto bien puede lograrse mediante movimientos oculares de seguimiento visual o los movimientos oculares sacádicos de aproximadamente 15 a 100 ms. de duración, que se alternan con las fijaciones de 15 a 2000 ms. de duración (M. I. Posner, 1980). La orientación abierta puede medirse de diversas maneras. Ejemplos de paradigmas experimentales para este propósito son: tareas de detección simples, búsqueda visual (de estímulos que cumplen ciertas características en medio de distractores), seguimiento de movimientos oculares, tareas escalas de grises, bisección de línea o punto de referencia (García Sevilla, 1991; Mattingley et al., 2004).

Sin embargo, la atención visoespacial o de orientación también pueden ser dirigida de forma encubierta, sin mover los ojos, en el sentido de que una persona puede centrar la atención en una parte del espacio mientras que los ojos están fijos a otras partes del espacio. La orientación encubierta de la atención visoespacial, ha sido estudiada usando el llamado “paradigma de Posner” o de señalización (M. I. Posner, 1980). Inicialmente, al participante se le pide centrarse en un punto de fijación en el centro de la pantalla y es instruido para fijar sus ojos en dicha zona durante todo el experimento. La tarea consiste en apretar lo más rápidamente posible un botón tras la detección de un objetivo que aparece a la izquierda o a la derecha del punto de fijación. Antes de que aparezca el objetivo, el participante está provisto de una señal espacial que indica en qué lado es probable que aparezca el objetivo. Después de un intervalo de 100 a 300 ms., aparece el objetivo parece que el participante tiene que detectar (M. I. Posner & Cohen, 1984). La diferencia entre los tiempos de reacción de los ensayos válidos y no válidos representa la medida de la atención encubierta. Si un participante orienta de manera encubierta su atención después de una señal válida, la

detección de la diana será más rápida en comparación que la detección de señales no válidas, pues, en este último caso, el participante debe reorientar la atención desde la ubicación de referencia no válida hasta la ubicación de destino real. Un esquema del paradigma de Posner se puede apreciar en la **Figura 6**.

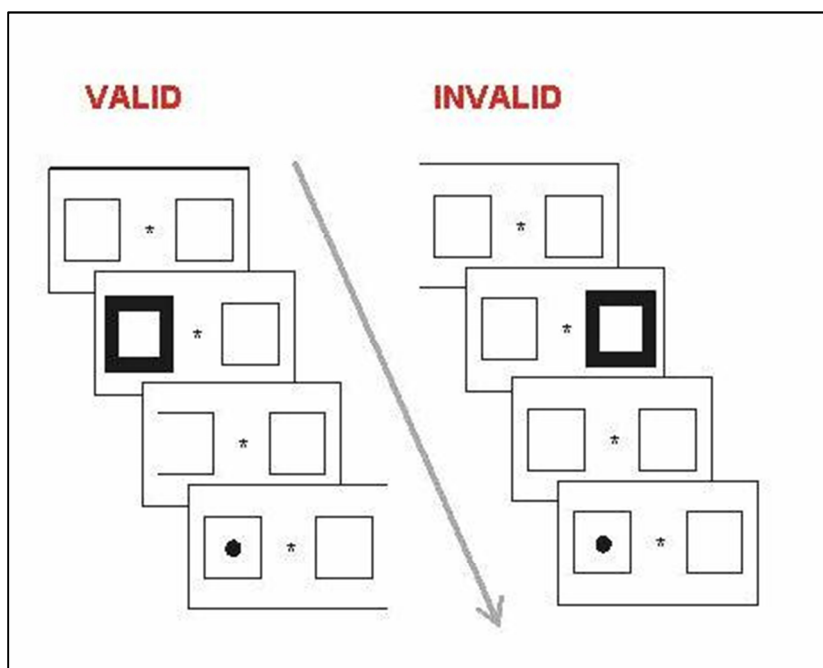


Figura 6: Paradigma de señalización de Posner.

Usando este paradigma experimental, Posner et al. (1980) demostraron cómo los tiempos de reacción de seguimiento, en este esquema de señales predictivas, son más rápidos para los estímulos esperados que para los inesperados, lo que refleja la ventaja provista por los cambios encubiertos de atención, provocados por dichas señales espaciales. De esta manera, fueron los primeros en presentar evidencia experimental de orientación encubierta de atención. Tanto la orientación encubierta y abierta de la atención puede ser una respuesta refleja o deliberada hacia estímulos novedosos.

Así, la orientación visoespacial encubierta se mide principalmente por los paradigmas de tiempo de reacción, en su mayoría realizadas por medio de programas informáticos. Así, la variable dependiente principal es el tiempo de reacción, pero también pueden usarse la precisión, el conteo de omisiones y las falsas reacciones.

1.1.4.2 Neuroanatomía funcional

La neuroanatomía de la atención visoespacial ha sido intensamente investigada. El enfoque clásico de la neuropsicología, el estudio de lesiones, arrojaron las primeras luces acerca de los correlatos neuronales de los procesos de atención, por medio de la comparación de ubicaciones de los daños y los trastornos posteriores de atención visoespacial. De hecho, Brain (1941) publicó uno de los primeros trabajos que relacionó los síntomas de negligencia con lesiones parietales del hemisferio derecho. Más tarde, a principios de la década de 1990, las neuroimágenes permitieron observar las redes atencionales en acción y varias de las teorías que se desarrollaron antes pudieron ser parcialmente confirmadas y ampliadas.

En general, la mayoría de los estudios coinciden en que el lóbulo parietal derecho juega un papel crucial en la atención visoespacial (M. Corbetta, Miezin, Shulman, & Petersen, 1993; Heilman & Van Den Abell, 1980). Hoy en día, el lóbulo parietal es considerado sólo como una parte importante de una red neuronal, ampliamente distribuida, de áreas corticales y subcorticales.

La evidencia actual muestra que la red de atención visoespacial consiste en regiones distintas y distantes en el cerebro. Negligencia visual espacial se ha observado después de lesiones unilaterales en muy diferentes sitios en la corteza, incluyendo el lóbulo parietal posterior, su parte inferior, así como la unión temporo-parietal (Vallar & Perani, 1986), el lóbulo frontal (Damasio, Damasio, & Chui, 1980), el giro temporal superior (Karnath, Ferber, & Himmelbach, 2001) o el giro angular y el giro parahipocampal, derechos (Mort et al., 2003), complejizando el debate. Otros estudios, incluso, ponen en relieve la importancia de la integridad de la red fronto-parietal, mostrando cómo la interrupción de tractos de sustancia blanca, por ejemplo, mediante la estimulación eléctrica intraoperatoria (Thiebaut de Schotten et al., 2005) puede provocar síntomas como negligencia (Ver **Figura 7**).

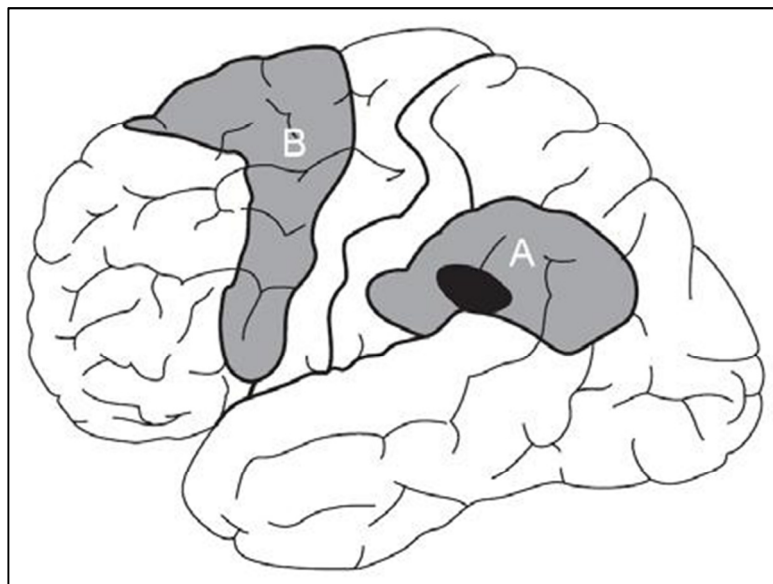


Figura 7: Zonas corticales relacionadas con la negligencia. En la mayoría de los pacientes la lesión ocurre en lóbulo parietal inferior derecho en el giro supra-marginal (A) y particularmente en la unión temporo-parietal (de negro). Pero también ocurre por lesiones de la corteza pre-motora frontal, regiones más dorsales y mediales de la corteza pre-motora y giro temporal superior (B) (Tomado de (Kandel, Schwartz, & Jessell, 2001).

Por ejemplo, Corbetta, Miezin, Shulman, y Petersen (1993) detectaron que el lóbulo parietal superior derecho codifica el hemicampo visual, pero no participa tanto la dirección en que se desplaza la atención. Esto está en línea con la mayor prevalencia de síntomas de negligencia después de lesiones parietales del hemisferio derecho en comparación con daños al hemisferio izquierdo. Se asume que, en caso de este último, el lóbulo parietal derecho es capaz de sustituir funciones de atención dentro del hemicampo visual derecho, mientras que el lóbulo parietal izquierdo es incapaz de hacer lo mismo para las funciones atencionales respecto del hemicampo visual izquierdo. Este mismo estudio detectó activaciones frontales superiores, que atribuyen a aspectos motores de la atención. Esto no es de extrañar, pues, el área frontal y la corteza parietal están unidas por proyecciones parieto-prefrontales y ambos están conectados por eferencias con el córtex cingulado anterior y áreas subcorticales (Goldman-Rakic, 1988) y lesiones en estas áreas puede dar

lugar a síntomas similares a los de negligencia después de las lesiones parietales (Fimm et al., 2001). Otro estudio, para la atención encubierta y guiado por este modelo de la red de orientación de atención visoespacial (Gitelman et al., 1999) encontró activaciones parietales distintas cerca del surco intraparietal y el lóbulo parietal superior, en ambos hemisferios, sin embargo más pronunciada en el hemisferio derecho. Activaciones adicionales se detectaron bilateralmente en la corteza premotora, en los campos oculares frontales (lo que supone superposición de la red atencional y la red oculomotora) y el en el córtex cingulado anterior. Activaciones subcorticales se encontraron en el tálamo derecho y de forma bilateral en los ganglios basales.

Un enfoque algo diferente en el estudio de los correlatos neurales de la atención visoespacial fue realizado por el equipo de Posner (Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, & Posner, 2005), quienes estudiaron la anatomía de red atencional. Encontraron activaciones de lóbulo parietal superior, así como activaciones cerca de los campos oculares frontales. Por otra parte, otros investigadores (Rosen et al., 1999) registraron activaciones adicionales en la corteza prefrontal dorsolateral, que indican que los procesos de la memoria de trabajo podrían estar empleados en turnos de voluntarios de orientación encubierta.

Es decir, los estudios recién descritos indican una amplia red de orientación atencional visoespacial con componentes frontales, parietales y subcorticales. Además, se confirma la dominancia del hemisferio derecho dentro de esta red, con activaciones más elevadas que su par del hemisferio izquierdo. Este dominio se expresa en personas normales por un fenómeno llamado pseudonegligencia, que implica una asimetría atencional: la tendencia a sobre atender a los estímulos dentro del hemicampo visual izquierdo. Sobre esto profundizaremos en el siguiente apartado.

1.1.4.3 Sesgos en la distribución de la atención visoespacial

La atención, por otra parte, no es una función sistemática y homogénea, sino que está sometida a limitaciones temporales y sesgos espaciales, de los cuales no somos conscientes. Aunque intuitivamente pudiera pensarse que la selección atencional ocurre de

igual forma en todos los instantes de tiempo y se ubica homogéneamente por todo el espacio, esto no es así. Existen limitaciones temporales, por ejemplo, “el parpadeo atencional” (*attentional blink*) (Arnell & Jolicœur, 1999; Ross & Jolicœur, 1999; Visser, Zuvic, Bischof, & Di Lollo, 1999) y sesgos espaciales que no resultan fácilmente detectables, a menos que se diseñen cuidadosamente experimentos que generen condiciones especiales en que las funciones de la atención se exigen.

Por ejemplo, aunque las personas normales piensan que su atención visoespacial está distribuida simétricamente en el espacio, el predominio del hemisferio cerebral derecho conduce a una pequeña, aunque estadísticamente significativa distorsión de la forma en que percibimos y reaccionamos en el espacio. Otra evidencia, más llamativa, que refleja la dominancia del hemisferio derecho en la atención visoespacial, es la severa alteración de ésta que se da, luego de lesiones en el hemisferio derecho. Ambos fenómenos, son llamados pseudonegligencia y negligencia, respectivamente, los cuales revisaremos a continuación.

1.1.4.3.1 Negligencia espacial

El síndrome negligencia o negligencia espacial unilateral es un trastorno neurológico que implica un déficit en percibir y responder a los estímulos localizados en el lado opuesto del espacio a la lesión cerebral focal que lo produce. El déficit no es atribuible a factores sensoriales o motores, puesto que las vías aferentes y la corteza visual primaria están intactas, al igual que las vías eferentes. Habitualmente aparece como consecuencia de un daño en el hemisferio derecho, afectando por tanto, a los eventos que ocurren en el hemicampo visual izquierdo. Es decir, pacientes después de daños en el hemisferio derecho muestran déficits en orientarse hacia estímulos en el hemicampo visual contralateral, es decir, el izquierdo. La negligencia espacial en el hemicampo visual derecho es poco frecuente, ya que la atención en el campo visual derecho se dirige tanto por los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho, mientras que en el hemisferio derecho es el dominante en el caso del campo visual izquierdo. Por ejemplo, pacientes después de lesiones en el hemisferio derecho (Vallar & Perani, 1986) copian sólo las imágenes presentadas a su diestra o detectan sólo estímulos derecho en tareas de búsqueda visual. En los casos graves,

los pacientes también sólo pueden afeitarse o maquillarse la mitad derecha de la cara, o dificultades como vestirse sólo un lado de su cuerpo, comer sólo un lado del plato, etc. Por otra parte, la negligencia también puede ocurrir multimodal y extenderse, por ejemplo, a estímulos táctiles o auditivos.

A diferencia del síndrome de “extinción visual contralateral” para que se manifiesten los síntomas no requiere que exista otro estímulo contralateral que genere competencia por la atención.

Las tareas más empleadas para el diagnóstico son: la “Tarea de cancelación” (ver **Figura 8**), donde se le pide al paciente tachar determinados elementos insertados dentro de un conjunto; la tarea de “Bisección de líneas”, en la cual se debe marcar el punto medio en rayas horizontales (McIntosh, Schindler, Birchall, & Milner, 2005); la “Percepción de figuras quiméricas”, donde se debe reportar lo observado en figuras compuestas por mitades con relativa incongruencia; la “Tarea de la escala de grises”, donde el sujeto debe decidir cuál de los extremos de dos barras con un determinado gradiente de luminosidad, es el más oscuro (las barras son un reflejo en espejo la una de la otra); la tarea de “Juicio de orden temporal” (JOT), donde el sujeto debe escoger qué estímulo se presentó primero en una serie; entre otras. Incluso, se han desarrollado baterías específicas para poder evaluar estos déficits y éstos muestran la validez requerida (Azouvi et al., 2006).

Se han investigado otras numerosas características cognitivas de la negligencia espacial. Por ejemplo, los pacientes que la sufren, son menos eficientes, en tareas de imaginación, en explorar el lado izquierdo de las escenas imaginadas (Bartolomeo, Bachoud-Lévi, Azouvi, & Chokron, 2005). Los afectados por este déficit muestran, además del sesgo de orientación espacial, problemas en la estimación de magnitudes (Mennemeier et al., 2005). Por otra parte, se ha descrito como los movimientos pueden cambiar el efecto en los sesgos de atención debido a la negligencia (Frassinetti et al., 2001), especialmente los manuales (Robertson et al., 1994).

Finalmente, se han descrito pérdida de capacidades no lateralizadas (amplitud de memoria corto plazo, habilidad de detectar movimiento aparente, entre otras), que hacen el síndrome aún más inhabilitante.

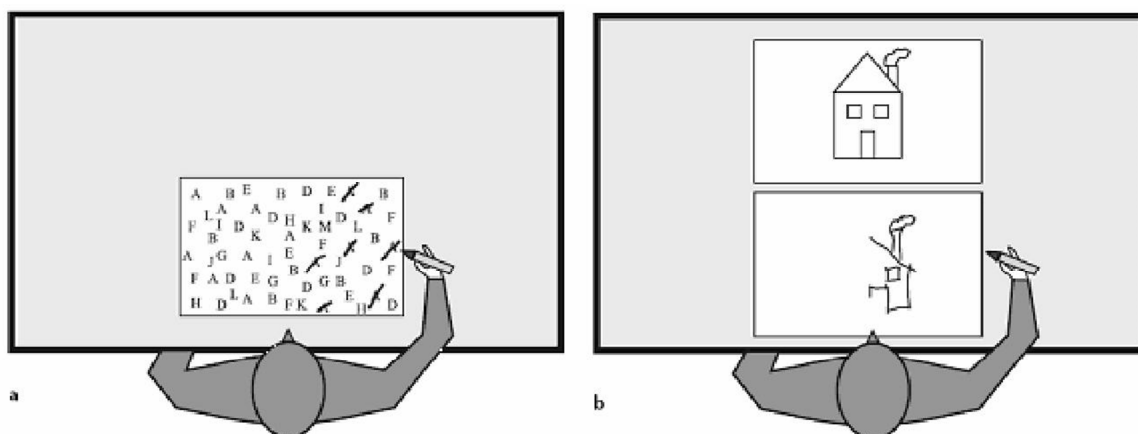


Figura 8: Esquema de un paciente con negligencia enfrentando una tarea de cancelación de letras (a) y tratando de copiar un dibujo (b) (Tomado de (Gazzaniga, 2004).

1.1.4.3.2 Pseudonegligencia

El término pseudonegligencia se refiere a la tendencia a distribuir de modo asimétrico la atención visoespacial, en personas sanas. El término fue acuñado originalmente por Bowers y Heilman (1980) y se asume que es la expresión, en sujetos normales, de la dominancia del hemisferio derecho que se propone en las funciones atencionales. Los sujetos normales tienden a sobreatender el lado izquierdo del espacio, por ejemplo, desplazándose hacia la derecha en las tareas de bisección línea, o cometiendo errores hacia la izquierda en juicios de brillo y numerosidad (M. E. R. Nicholls, Bradshaw, & Mattingley, 1999). La pseudonegligencia, así, es un sesgo de dirección opuesta al que ocurre en la negligencia patológica. El tamaño de este sesgo ha sido estimado, por medio de la metodología del “Tamaño del efecto” (*effect size*), en tareas de bisección de líneas, entre 0.37 and 0.44 (Jewell & McCourt, 2000), lo que debe ser interpretado, en el ámbito de las ciencias sociales, como un tamaño moderado (Cohen, 1992).

La manera más usada para medir la pseudonegligencia ha sido la bisección de líneas. En un meta-análisis de esta tareas (Jewell & McCourt, 2000), se halló que la tarea efectivamente mostraba un sesgo hacia la derecha (prueba de la sobreatención al hemicampo izquierdo) en personas sanas, y que éste efecto estaba modulado (aumentado o contrarrestado) por varios factores:

- Edad.
- Género.
- Dominancia manual.
- Mano usada al ejecutar la bisección.
- Ojo usado en la tarea.
- Dirección de la inspección visual (*scanning*).
- Dirección del movimiento (cuando el estímulo se presenta de esa manera).
- Claves lateralizadas.
- Prominencia de la línea.
- Localización espacial.
- Dirección de la mirada.
- Longitud de la línea.
- Presentación vertical o radial de la línea.
- Diferencias individuales.
- Otros factores.

La pseudonegligencia también ha sido observada a través de juicios de luminosidad y tamaño (M. E. R. Nicholls et al., 1999), orientación de un objeto (Pia, Neppi-Modona, & Folegatti, 2010), juicios de distancia (Krupp, Robinson, & Elias, 2010), bisección no manual, sino con voz o silbatos (Lavanchy, Mayer, & Hauert, 2004) y se verifica no sólo en percepciones, sino también en representaciones mentales de líneas (M. E. R. Nicholls & Loftus, 2007) y recuerdo de escenas familiares (McGeorge, Beschin, Colnaghi, Rusconi, & Della Sala, 2007).

Junto con estos estudios iniciales en esta línea de investigación, se ha tratado de esclarecer el rol de diferentes variables en el fenómeno de la pseudonegligencia, ya sea con el paradigma de la lateralización de colisiones como con otras tareas, como bisección de líneas, asimetrías perceptuales, etc. A saber: el género (Hausmann, Ergun, Yazgan, & Güntürkün, 2002; Stancey & Turner, 2010); la edad (Failla et al., 2003); la esquizofrenia (Barnett, 2006; Michel et al., 2007), trastorno bipolar (Rao, Arasappa, Reddy, Venkatasubramanian, & Gangadhar, 2010), sesgos laterales y verticales (Charras &

Lupiáñez, 2010; Drago, Foster, Webster, Crucian, & Heilman, 2007; Josev, Forte, & Nicholls, 2011), consumo de etanol (Leone & McCourt, 2010), claves perceptuales sonoras (Niemeier, Singh, Keough, & Akbar, 2008), la formación musical (Patston, Corballis, Hogg, & Tippett, 2006), mantenimiento en la memoria operativa (Sala, Darling, & Logie, 2010), representación de números y letras (Loftus, Nicholls, Mattingley, Chapman, & Bradshaw, 2009; M. E. R. Nicholls, Kamer, & Loftus, 2008), líneas numéricas (M. E. R. Nicholls & McIlroy, 2010), acciones motoras (Cattaneo, Fantino, Silvanto, Vallar, & Vecchi, 2011; Hughes, Bates, & Aimola Davies, 2004), claves espaciales de cercanía y lejanía (M. E. R. Nicholls et al., 2011; M. E. R. Nicholls & McIlroy, 2010), estado de alerta (Dufour, Touzalin, & Candas, 2007), espacio personal (Heber, 2010; M. E. R. Nicholls et al., 2010; Szpak et al., 2014), tipo de línea a bisectar (Lee et al., 2004), entre muchos otros.

Uno de los aspectos más interesantes en las expresiones de la pseudonegligencia tiene que ver con el seguimiento de trayectorias y rutas. Esta idea comenzó a gestarse a partir del estudio de Turnbull and McGeorge (1998), quienes le preguntaron a 383 personas que recordaran a qué lado habían colisionado más. De hecho, efectivamente los sujetos recordaron más choques por el costado derecho al caminar o desplazarse. Este estudio relacionó, por primera vez, el concepto de colisión y el concepto de sesgo atencional en pacientes con negligencia unilateral. En la misma línea, otra investigación halló evidencia de sesgos atencionales en el uso de silla de ruedas: Los pacientes con negligencia espacial chocan más objetos a la izquierda (Webster et al., 1994).

En un par de estudios muy importantes para la presente tesis, el investigador australiano Michael Nicholls y su equipo de trabajo (M. E. R. Nicholls, Loftus, Mayer, & Mattingley, 2007; M. E. R. Nicholls et al., 2008) quisieron examinar si este reporte se relacionaba con evidencias conductuales, en una tarea que involucrara el desplazamiento a través del espacio, en las condiciones controladas de laboratorio. Para ello, le pidieron a los sujetos experimentales que cruzaran una puerta estrecha y ajustable, la cual era solo levemente más ancha que cada participante que la cruzaba (ver **Figura 9**). Ellos supusieron, conforme a la hipótesis de “Activación-Orientación” que: a) habría más colisiones a la derecha (por el efecto de la sobreatención del hemisferio visual izquierdo); b) este sesgo se

vería aumentado si el sujeto realizaba una tarea unimanual con la mano izquierda (en este caso apretar un aparato); c) y se vería reducido si la tarea unimanual se realizaba con la mano derecha. Esto ocurriría por sobrecarga del hemisferio derecho, en el primer caso, lo que sería anulado en el segundo caso.

Al contar el número de colisiones hacia la derecha, se halló que efectivamente había un sesgo estadísticamente significativo a colisionar hacia el costado derecho, que aumentaba con la actividad de la mano izquierda y se contrarrestaba con el uso de la mano derecha. Para los autores, esta asimetría podría explicarse debido a un vector atencional más fuerte dirigido al hemiespacio derecho, el cual aumentaba la prominencia lado izquierdo de la puerta estrecha, lo que genera mayores choques con el costado derecho.

Estos resultados concuerdan con los hallados por otros estudios que usaron el paradigma de la bisección de líneas (Failla et al., 2003). Por ejemplo, Hausmann et al. (2002), encontraron que completar una tarea bisección línea con la mano derecha en realidad reduce el sesgo. Otro estudio analizó los efectos del *tapping* (una tarea motora con los dedos) sobre un fenómeno llamado bisección de números (Cattaneo et al., 2011). Los resultados indican que hay una relación entre ambas variables. El *tapping* en el lado izquierdo del espacio aumenta el sesgo en dirección izquierda en la bisección de números, mientras que el *tapping* a la derecha lo reduce. El *tapping* no direccionado no afecta el sesgo.

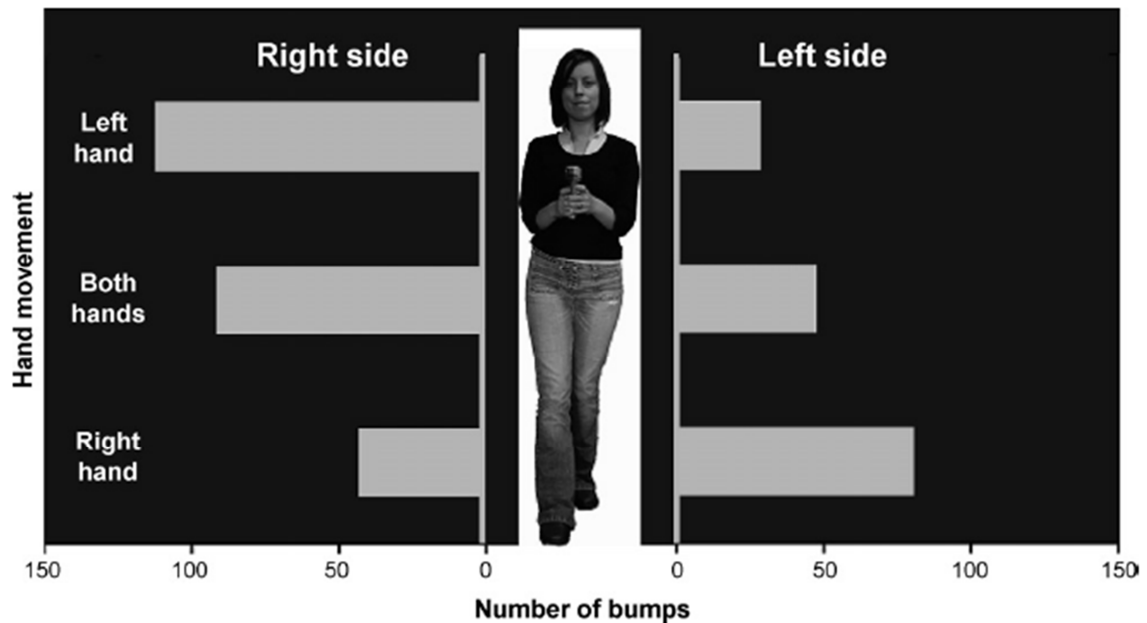


Figura 9: Resultados y esquema de las condiciones experimentales del estudio de (M. E. R. Nicholls et al., 2007).

Por otra parte, Thomas y colaboradores (2009), por otra parte, verificaron el mismo sesgo espacial en una tarea de seguimiento de ruta, a través de un juego de computador (Ver **Figura 10**): los sujetos tienden a chocar más a la derecha. Ellos hallaron que los sujetos tienden, en un ambiente virtual, en una tarea de seguimiento de ruta, a colisionar más hacia la derecha. Para explicar este fenómeno, acudieron a la Hipótesis de Activación-Orientación, ya mencionada.

Estos antecedentes, nos lleva a plantearnos varias interrogantes: ¿se expresaría el sesgo atencional en una tarea de seguimiento de ruta, en la cual hubieran exigencias de procesamiento mayor (atencionales y de memoria)? Ese sesgo ¿llevaría a tener más desviaciones o colisiones, a la derecha, dado la mayor atención prestada al hemisferio visual izquierdo? Si fuera así ¿sería modulado por los factores conocidos de actividad unilateral, como la actividad unimanual?; ¿existirían otros factores incidentes, como por ejemplo la carga de la memoria?; ¿se darían los resultados predicho por el Modelo de Activación-Orientación?

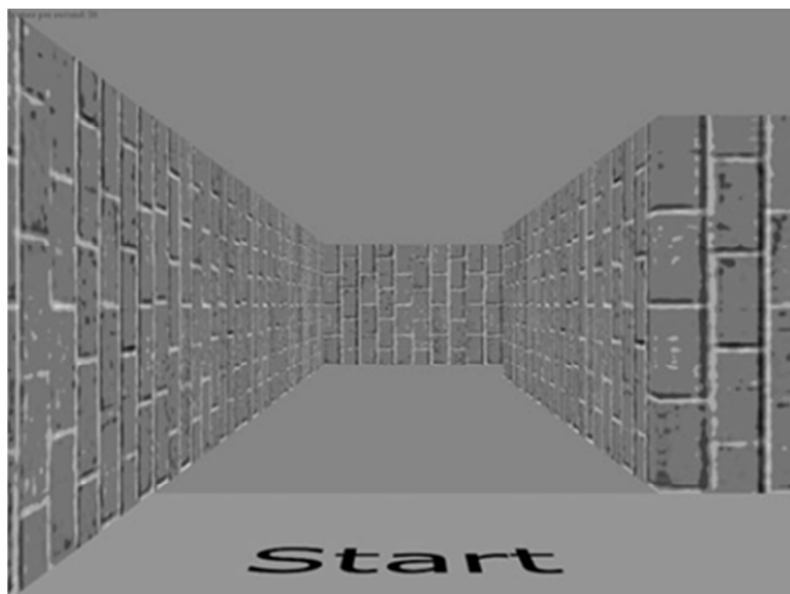


Figura 10: Captura de pantalla del videojuego de (Thomas et al., 2009)

1.2 Lateralidad, especialización hemisférica y dominancia manual

1.2.1 Lateralidad

Podemos definir la lateralidad como la dominancia hemisférica cerebral en correspondencia con el hemicuerpo contralateral, de una o varias partes simétricas del cuerpo. La lateralidad, es consecuencia de la distribución asimétrica de funciones que se establece entre los dos hemisferios cerebrales. De dicha distribución depende la utilización preferente de un lado o el otro del cuerpo (derecho o izquierdo) para ejecutar determinadas respuestas o acciones.

Las consecuencias que tiene para el sujeto la posible dominancia hemisférica en el procesamiento de la información, la etapa del desarrollo donde las funciones se lateralizan, su uso como indicador de alteraciones y trastornos, la relación entre los diferentes tipos de lateralidades, entre otros, son temas interés de este campo de estudios (Guardado, 2013).

La lateralidad se expresa con preferencias en el uso de miembros (mano, brazo, pierna) y de órganos sensoriales (ojo, oído). Por ejemplo, una persona puede ser diestra en

la percepción visual (usar preferentemente el ojo derecho) y motriz (usar de modo preferente la mano derecha), y eso revela un predominio del hemisferio izquierdo.

Normalmente se diferencian cuatro tipos de preferencia o dominancia (Guardado, 2013):

Dominancia Manual: Preferencia o mayor facilidad para utilizar una de las manos (derecha o izquierda) para ejecutar acciones como coger objetos o escribir.

Dominancia Podal: Nos indica el pie dominante para efectuar acciones como patear una pelota, mantenerse en pie con sólo una pierna, etc.

Dominancia Ocular: Aunque los dos ojos son necesarios para configurar una imagen correcta, hay uno que se prefiere para mirar por un catalejo o apuntar con una carabina, se trata del ojo dominante.

Dominancia Auditiva: Se refiere a la preferencia o tendencia a escuchar más por un oído que por el otro, por ejemplo, al coger un auricular, un teléfono móvil.

Hablamos de lateralidad homogénea cuando mano, pie, ojo y oído ofrecen una dominancia en el mismo lado ya sea en el lado derecho (diestro) o izquierdo (zurdo).

Estamos ante una lateralidad cruzada cuando existe una lateralidad distinta de la manual para pies, ojos u oídos (por ejemplo mano derecha dominante con dominio del ojo izquierdo). En estos casos también se habla de “asimetría funcional”.

Hay también otras posibilidades como la denominada lateralidad mixta que se utiliza para designar a aquellos individuos que presentan heterogeneidad en alguna o todas las lateralidades (verbigracias, algunas actividades se realizan con una mano y otras con la contraria), también el ambidextrismo que señala a aquellos sujetos que son igualmente hábiles con cualquiera de las dos partes del cuerpo (derecha-izquierda) para efectuar algunas actividades.

Las pruebas más empleadas para evaluar estos aspectos son “The Lateral Dominance Examination” de la Batería Neuropsicológica de Halstead-Reitan, test de escucha dicótica, presentación taquitoscópica de imágenes visuales, test de estimulación dicóptica o autoinformes de preferencia lateral, y el Programa integrado de exploración Neuropsicológica, Test Barcelona (Guardia Olmos, Jarne Esparcia, & Peña-Casanova, 1991; Peña-Casanova, 1991; Peña-Casanova, Jarne Esparcia, & Guardia Olmos, 1991).

Asimismo, es fundamental considerar el control contralateral del movimiento. Desde el descubrimiento del cirujano Petit en el siglo XVIII, de los cruces de vías nerviosas motoras y, por ende, del control contralateral de funciones cognitivas, se ha asumido tradicionalmente que la dominancia lateral izquierda de los movimientos se asocia al hemisferio derecho y la dominancia lateral derecha al hemisferio izquierdo.

1.2.2 Especialización hemisférica

Un fenómeno relacionado, pero no exactamente igual es la especialización hemisférica (o lateralización cortical). Por especialización hemisférica entendemos la actividad diferencial de los hemisferios cerebrales, izquierdo y derecho, respecto de una función cognitiva. El ejemplo más clásico en esta materia es la lateralización de la función lingüística, descrita en el siglo XIX por Paul Broca y Carl Wernicke. Se ha relacionado el hemisferio izquierdo con la actividad racional, la planificación. Se ha descrito que el hemisferio izquierdo es dominante para el procesamiento matemático y lógico, así como para el procesamiento y análisis de atributos locales; como también el procesamiento atencional temporal. El hemisferio derecho, en cambio está más relacionado con el reconocimiento de formas, el procesamiento global, emocional y musical, y las funciones artísticas; así como con la vigilancia y el *arousal* (Gazzaniga, 2005). Además, en las páginas precedentes hablamos de la especialización hemisférica derecha respecto de la función atencional, aspecto clave en la presente investigación.

La asociación lateralidad-especialización hemisférica sigue siendo muy controvertida debido a que, si bien, la sensibilidad corporal y la motricidad de las partes derecha e izquierda del cuerpo están directamente relacionadas con el hemisferio contralateral (el izquierdo controla la parte derecha del cuerpo y el derecho la parte izquierda corporal), no sucede lo mismo con la visión y la audición donde cada receptor envía información simultánea a ambos hemisferios. Además hay que contar con el cuerpo calloso que sirve de vía de conexión interhemisférica y, por tanto, facilita la comunicación entre ambos.

Por otra parte, el cerebro trabaja unificadamente. Se ha difundido el malentendido que hemisferio izquierdo y derecho procesan de manera independiente la información, cuando en realidad el intercambio de información es parte consustancial de la manera de actuar de los hemisferios cerebrales, por ejemplo a través de mecanismos inter-hemisféricos como la inhibición callosa, la competencia interhemisférica y la división de procesamiento en tareas complejas con múltiples subcomponentes

Por otra parte, otras especies de vertebrados también presentan asimetrías. Ello nos lleva a pensar que la especialización tiene un valor evolutivo.

Las asimetrías también se expresan con notables diferencias individuales. Los sujetos con dominancia manual izquierda o derecha presentan diferencias frente al efecto Stroop y para el procesamiento global-local en dependencia de sí. La lateralización en hombres y mujeres genera diferencias funcionales y anatómicas.

1.2.3 Dominancia manual

Entre los muchos fenómenos donde se ha verificado la supremacía funcional de un hemisferio sobre otro, y el predominio o dominancia de un lado del cuerpo, la lateralidad de la mano, es decir, la dominancia manual, ha sido una de las más estudiadas.

Dentro de la población, se da una evidente especialización en el uso de las manos, de forma que una gran mayoría de la población (cerca del 90%) emplea la mano derecha para trabajos que requieren de cierta habilidad y reservan la izquierda para las tareas en las que lo importante es la capacidad de sujeción, mientras el restante porcentaje lo hace a la inversa (Corballis, 2003).

Para evaluar la preferencia manual la prueba más empleada es el “Edinburgh Handedness Inventory” (EHI) o Cuestionario de Preferencia Manual de Edimburgo de Oldfield (1971), de la que hablaremos más adelante.

1.3 Memoria operativa y la tarea de amplitud de dígitos

1.3.1 Memoria operativa

La memoria de trabajo es el sistema cognitivo que nos permite mantener activa una cantidad limitada de información (Wilson & Keil, 2001). Este proceso ha sido uno de los principales temas de investigación, teorización y controversia (Baddeley, 2012), desde la llamada “revolución cognitiva” en la década de los años 50 (Gardner, 1985). En los primeros años, los investigadores se refirieron a ella, a partir del modelo de Atkinson y Shiffrin (1968), como “Memoria a corto plazo”, pensando en ella con dos funciones: almacenar material que sería recuperado pocos segundos después y ser una entrada a la memoria de largo plazo. Mientras los científicos cognitivos continuaron atribuyéndole el simple propósito de almacenar, la segunda función fue prontamente cuestionada, dado que se hallaron pacientes neuropsicológicos quienes aún con alteraciones de las tareas de corto plazo, podían realizar actividades relativas a la memoria de largo plazo con normalidad.

Desde sus inicios, fue caracterizada como un espacio de capacidad limitada, específicamente 7 ± 2 unidades de información o chunks, según el clásico artículo de George Miller (1956) y de duración breve, aproximadamente 20 segundos (Peterson & Peterson, 1959).

Los procesos de control de la Memoria operativa serían dos: a) la repetición y b) el agrupamiento (*chunking*). La repetición es la estrategia de control más simple que, al reintroducir la información por su repetición fonética, permite mantenerla por sobre el tiempo de degradación. El agrupamiento es una estrategia más compleja. En ella, la información se organiza permitiendo aumentar la amplitud del espacio operativo. La transformación del *chunk* “atómico” en una unidad “molecular” permite aumentar la capacidad de procesamiento en el espacio operativo. Así, la amplitud del espacio operativo puede ampliarse, en la medida que la unidad de información utilizada se agrupe en unidades superiores a las unidades que la componen. Por ejemplo, letras en palabras, o palabras en frases. Es arbitrario si se desea trabajar con fonemas, morfemas o palabras, o con cifras de

una o varios dígitos. Una vez decidida la unidad la amplitud queda, sin embargo, limitada a 7 ± 2 unidades.

Sin embargo, a partir del trabajo de Baddeley y Hitch (1974) y Baddeley (Baddeley, 1992), los científicos cognitivos asumen que la función principal del sistema en cuestión es almacenar temporalmente los resultados de cálculos intermedios en medio de la resolución de un problema. Teniendo en cuenta este papel, el sistema en cuestión ha pasado a denominarse "Memoria de Trabajo" u "Operativa", y se considera fundamental no sólo para el análisis de la memoria misma, pero para comprender el funcionamiento del sistema cognitivo en general. Estos autores proponen un modelo en el que, reconociendo y enfatizando la naturaleza activa de la MCP, ésta se analiza explícitamente en términos de una memoria "operativa" o "de trabajo" (*Working Memory*) dentro del funcionamiento cognitivo general; en concreto, se concibe como la capacidad que permite manipular y mantener temporalmente la información que se va necesitando durante la realización de cualquier tarea cognitiva. La visión de una memoria de carácter general es remplazada por, un modelo de almacén con tres procesos: un "ejecutivo central" (*central executive*) y dos sistemas esclavos: el que procesa la información en un formato lingüístico/fonético (lo que Baddeley denominó *phonological loop* o "lazo articulatorio) y el que usa imágenes (la agenda viso-espacial o *visuospatial sketchpad*) (Ver **Figura 11**). En formulaciones posteriores incluyó el "almacén episódico" (*episodic buffer*) (Baddeley, 2000, 2002).

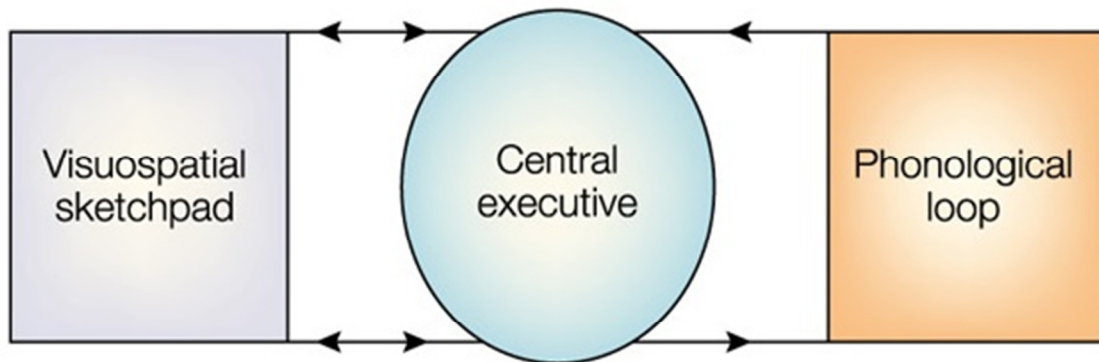


Figura 11: Modelo de Baddeley. (Tomado de (Baddeley, 2003).

Este sistema tripartito de memoria no se concibe solamente como un depósito temporal de tres formatos diferentes de almacenamiento, sino como un proceso que controla y transforma la información. El ejecutivo central no solamente es el encargado de controlar y coordinar a los otros dos procesos, sino también de llevar a cabo los procesos de implicados en la codificación, recuperación de la información y transferencia a la memoria a largo plazo, así como los procesos atencionales y la manipulación del material mantenido en los sistemas dependiente.

1.3.2 Las tareas de amplitud de dígitos (*digit span task*)

La tarea de amplitud de dígitos es una medida experimental de memoria, que consiste en solicitar a un sujeto a memorizar la más larga lista de unidades de información que pueda repetir de nuevo en el orden correcto inmediatamente después de la presentación. Se asume que para que sea exitosa el sujeto debe responder correctamente, al menos, el 50% de los ensayos. Los materiales a memorizar pueden incluir palabras, números o letras. La tarea se conoce como retención de dígitos, específicamente cuando se utilizan números. “Digit span task” mide fundamentalmente el mantenimiento de la información en la memoria a corto plazo, y es una de las pruebas más utilizadas en psicología cognitiva, neurociencia, neuropsicología clínica y experimental. Por otra parte también es un componente de las pruebas de habilidad cognitiva, como WAIS de Wechsler. Existen otras variantes, como la capacidad de recordar los elementos en orden inverso, o recuerdo libre de dígitos (sin orden exacto).

El *Digit span task* es un valioso instrumento para evaluar e investigar sobre funciones neurocognitivas. Por ejemplo, se ha descrito que es una buena herramienta para distinguir personas con daño cerebral real de fingido (Heinly, Greve, Bianchini, Love, & Brennan, 2005; Sterne, 1969). Un artículo de revisión confirmó su validez para evaluar aspectos de pacientes con accidente vascular, trastornos de memoria graves, retardo mental, funcionamiento intelectual limítrofe e inglés como segunda lengua (Schroeder, Twumasi-Ankrah, Baade, & Marshall, 2012)

Estudios de imágenes funcionales han sugerido un papel de la corteza prefrontal dorsolateral derecha (córtex prefrontal dorsolateral) en el rendimiento de retención de dígitos. No queda claro, sin embargo, si la activación de esta zona es crítica para el desempeño de tareas. Usando estimulación magnética transcraneal repetitiva (EMTr) sobre el córtex prefrontal dorsolateral derecha en un diseño controlado por simulación, se ha probado la hipótesis de la implicación del córtex prefrontal dorsolateral derecha en la ejecución de tareas retención de dígitos. Se observó una alteración significativa de rendimiento retención de dígitos en sujetos sanos en la condición de EMTr real como en comparación con la condición simulada. Este efecto de la estimulación magnética transcraneal repetitiva no difirió entre los dígitos hacia adelante y hacia atrás dígitos (Aleman & van't Wout, 2008).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Preguntas de investigación

El sesgo de orientación visoespacial debido a pseudonegligencia: ¿se expresa en una tarea de seguimiento de ruta?

La hipótesis de Activación-Orientación: ¿explica y predice el sesgo de orientación espacial debido a pseudonegligencia en una tarea de seguimiento de ruta?

¿Hay factores moduladores, semejantes o diferentes de los descritos en la literatura, que inciden en el sesgo de orientación espacial debido a pseudonegligencia en las tareas de seguimiento de ruta?

2.2 Objetivos del estudio

2.2.1 Objetivo general

Investigar las condiciones de modulación del sesgo de orientación espacial debido a pseudonegligencia, en una tarea de seguimiento de ruta, por medio de un videojuego de conducción de automóviles.

2.2.2 Objetivos específicos

- Confirmar la relación entre pseudonegligencia y lateralización de desviaciones del eje central, en una tarea de seguimiento de ruta, por medio de un videojuego de conducción de automóviles.

- Confirmar la relación entre desviaciones del eje central y actividad unimanual, en una tarea de seguimiento de ruta, por medio de un videojuego de conducción de automóviles.
- Establecer la relación entre carga de la memoria operativa y lateralización de desviaciones del eje central, en una tarea de seguimiento de ruta, por medio de un videojuego de conducción de automóviles.

2.3 Hipótesis del estudio

- H_1 : En una tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, los individuos se desviarán del centro, de manera significativa, hacia la derecha.
- H_{01} : En una tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, los individuos no se desviarán del centro, de manera significativa, hacia la derecha.
- H_2 : Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas se acentuarán al usar la mano izquierda en la tarea de ingresar dígitos.
- H_{02} : Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas no se acentuarán al usar la mano izquierda en la tarea de ingresar dígitos.

- H₃: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas disminuirán al usar la mano derecha en la tarea de ingresar dígitos.

- H₀₃: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas no disminuirán al usar la mano derecha en la tarea de ingresar dígitos.

- H₄: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la carga de la memoria operativa, de manera que éstas aumentarán significativamente al realizar concurrentemente una tarea de memoria operativa con alta carga o *span*.

- H₀₄: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la carga de la memoria operativa, de manera que éstas no aumentarán significativamente al realizar una tarea con alta carga o *span* de memoria.

- H₅: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la interacción de las variables “actividad unimanual” y “carga de la memoria operativa”, de manera que éstas aumentarán con la interacción de ambas variables.

- H₀₅: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la interacción de las variables “actividad unimanual” y “carga de la memoria operativa”, de manera que éstas no aumentarán con la interacción de ambas variables.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Participantes y tipo de muestreo

En el estudio participaron 101 estudiantes universitario, provenientes todos ellos de la Universidad de Valparaíso, Chile.

El tipo de muestreo se efectuó de manera no probabilística, específicamente por el procedimiento de sujetos voluntarios (Kerlinger et al., 2002). Como resguardo metodológico se cuidó que la muestra proviniera de, al menos, dos carreras diferentes de la Universidad: Psicología y Pedagogía en Matemáticas.

Operaron como criterios de exclusión cualquiera de las siguientes características:

- Sujetos con déficits sensoriales.
- Individuos con alteraciones de la función atencional.
- Individuos con diagnóstico de enfermedad neurológica.
- Sujetos con diagnóstico de trastorno psiquiátrico.

Ninguno de los voluntarios fue eliminado de la muestra, pues no cumplían con ninguna de estas características.

3.2 Definición de variables

3.2.1 Variables Independientes

➤ Variable n°1: Actividad unimanual

Definición conceptual: Operación diferencial de una mano (derecha o izquierda) en una tarea. Según diversas investigaciones (McCourt et al., 2001; McCourt, Shpaner, Javitt, & Foxe, 2008) la actividad unimanual es procesada de manera contralateral por los hemisferios cerebrales, de manera que la actividad unimanual izquierda implica una mayor activación del hemisferio derecho y la actividad unimanual derecha implica una mayor activación del hemisferio izquierdo.

Definición operacional: Uso de la mano derecha o izquierda para realizar la tarea de ingresar dígitos en una teclera.

Niveles de la variable: Los niveles de la variable son tres: actividad unimanual de mano derecha, actividad unimanual de mano izquierda y la condición control, es decir, sin actividad unimanual.

➤ Variable n°2:Carga de la Memoria operativa

Definición conceptual: Grado en que, en una tarea, es usada la amplitud de la memoria operativa para retener y codificar información simultáneamente. Según el clásico artículo de George Miller (1956), es de 7 ± 2 elementos, es decir, puede almacenar entre 5 y 9 de ellos, durante un breve período de tiempo que no superaría los 18 segundos (Peterson & Peterson, 1959).

Definición operacional: Cantidad de dígitos retenidos por el sujeto durante un máximo de 18 segundos.

Niveles de la variable: Los valores de esta variable se categorizaron según el límite de la memoria operativa establecidos en la literatura, en dos niveles o rangos: bajo el límite (5 dígitos) y sobre el límite de la capacidad de retención (10 dígitos).

3.2.2 Variable dependiente: Desviación del eje central de la ruta

Definición conceptual: Desvío sistemático en la elección de un punto medio en una tarea espacial. Según una gran cantidad de investigaciones (Jewell & McCourt, 2000), esto es debido a un sesgo de atención espacial, el cual implica la lateralización de la inclinación consistentemente hacia la derecha.

Definición operacional: Diferencia entre la trayectoria del automóvil guiado por el sujeto en el videojuego, y la línea media de una porción del trayecto, expresada en dirección (derecha-izquierda, donde la desviación a la derecha se expresa en números negativos y la desviación a la izquierda en números positivos); y magnitud (medida en píxeles, en un rango entre 150 y -150).

2.2.3 Covariables

A continuación nos referiremos a una serie de covariables, las cuales no fueron controladas ni aleatorizadas en el grupo de individuos que participaron de la investigación, por lo cual no serán parte del modelo de análisis del diseño factorial de medidas repetidas. No obstante, nos parece necesario realizar una descripción de ellas para preparar un posterior análisis exploratorio.

➤ Dominancia Manual

Cabe señalar que la variable “Dominancia manual”, es decir, la mano preferente usada por una persona, para realizar las actividades manuales (con dos valores zurdo o diestros), a pesar de su indiscutible importancia en el área en la que se enmarca ese estudio, no fue tratada como variable independiente. Esto, por cuanto no pudo ser controlada, ya que la desigual cantidad de sujetos diestros ($n=91$; 90,1%) y zurdos ($n=10$; 9,9%), si bien corresponde aproximadamente a lo hallado por otros estudios neuropsicológicos y antropométricos en la población internacional (Johnston, Nicholls, Shah, & Shields, 2009) y chilena (Capraro, A., Martínez, San Martín, & Álvarez, 1992; Cárcamo, Almagia, & Atilio, 2000), hacía que los resultados obtenidos pudieran ser cuestionados por la diferencia del tamaño de la muestra. Sin embargo, sí fue considerada como una de las covariables que fue analizada.

Para operacionalizarlos valores de esta covariable, esto es, para distinguir entre zurdos y diestros, se utilizó el "Edinburgh Handedness Inventory" (EHI) (Oldfield, 1971), el cual se presentó en forma de un cuestionario en pantalla que debía ser respondido por los sujetos, sin límite de tiempo (ver **Anexo 1**). El EHI es un breve cuestionario que evalúa, a través de diez actividades, la dominancia manual. Los sujetos de estudio deben indicar frente a cada una de las 10 actividades si la mano que usan habitual y preferentemente es la derecha, la izquierda o si le es indiferente qué mano usar. Las alternativas de respuesta son tres: la primera, si existe una mano que utilice de modo preferente (preferencia); la segunda si hay una mano muy preferente y además le resultará imposible o muy difícil hacerlo con la otra mano (exclusividad); la tercera, si puede hacer la actividad tan bien tanto con una

mano como con la otra (indiferencia). A partir de estas alternativas, se asignó un puntaje a cada actividad en cuestión, de la manera siguiente: se le asignan 5 puntos si señaló exclusividad para la mano izquierda; 4 puntos si mostró preferencia de la mano izquierda; 3 puntos para la indiferencia en la mano usada; 2 puntos para preferencia de mano derecha y 1 punto para la exclusividad en mano derecha. Asignar los puntajes de esta manera nos arroja dos polos: "Consistentemente zurdo": 50 puntos (máximo puntaje); y "Consistentemente diestro": 10 puntos (Mínimo). Eso definió naturalmente un punto intermedio, de 30 puntos, el que operó como puntaje de corte para dividir a la muestra en dos categorías: diestros y zurdos.

No obstante, se ha puesto en relevancia que: a) en primer lugar se trata de una variable continua por lo que cualquier punto de corte entre zurdos, diestros y ambidiestros puede ser arbitrario; b) las personas pueden usar una mano preferente para todas o casi todas las actividades manuales (diestros o zurdos consistentes), mientras que algunas otras usan la mano no dominante para al menos algunas actividades (zurdos y diestros inconsistentes) y eso hace que una medida unidimensional de dominancia manual tal vez sea inadecuada (Hardie & Wright, 2014) y; c) se ha comprobado que los ítems de los cuestionarios de dominancia manual no tienen un estructura factorial única donde los reactivos carguen de manera similar en un único factor (Bryden, 1977; Richardson, 1978).

Por lo anterior, en calidad de covariable se mantuvieron dos variables relacionados: el puntaje del EHI y la calificación de zurdo-diestro en base a dicho cuestionario, de manera de no perder información valiosa que podría dejarse fuera en base a "dicotomizar" la variable.

➤ Otras covariables registradas

Las otras variables registradas caracterizan a la muestra desde tres áreas:

- a) Covariables relacionadas con características demográficas: Edad, Género, Carrera.
- b) Covariables relacionadas con características biométricas: Talla, Peso, Ancho de muñeca izquierda y Ancho de muñeca derecha.
- c) Covariables relacionadas con la tarea: Horas semanales dedicadas a videojuegos, Años de experiencia en conducción de automóviles.

3.3Diseño metodológico

El diseño utilizado en esta investigación, fue un diseño experimental factorial, de medidas repetidas, univariado y con ensayos repetidos. A continuación se describen las características de este diseño.

3.3.1 Diseño Factorial

Un diseño factorial es una estructura de investigación en la cual se combinan dos o más variables independientes para estudiar sus efectos independientes e interactivos sobre una variable dependiente. Es decir, en un diseño factorial, dos o más variables independientes se yuxtaponen para estudiar sus efectos independientes e interactivos sobre una variable dependiente. Por ello, es un diseño que permite analizar no solamente el efecto que sobre una variable dependiente tiene la manipulación de más de una variable independiente, sino, además, de su posible efecto combinado o de interacción (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014).

Un diseño factorial es completo cuando se usan todas las combinaciones posibles de los valores seleccionados. Su forma más simple es el diseños 2x2, pero se pueden complejizar en la medida que se agregan más factores (cada nivel de la variable independiente implica un múltiplo adicional al diseño).

Las ventajas de un diseño factorial se ha expuesto en la literatura (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Kerlinger et al., 2002). Por una parte, se pueden manipular y controlar más de una variable, lo que es especialmente útil cuando los modelos teóricos sugieren que son varios los factores que están afectando al variable dependiente. En segundo lugar, el diseño factorial puede permitir análisis donde se puede determinar no solamente la influencia de cada variable independiente sobre la variable dependiente, sino, además, de la interacción de ambas sobre aquella. Además, estos análisis son más precisos que los análisis de un factor, entregando información que permite una interpretación más detallada y aislando las fuentes de varianza del error de manera más clara.

El diseño de la presente investigación es 3x2, es decir, se identifican dos variables independientes, una de ellas con tres niveles y la otra con dos niveles, de la siguiente manera:

- Variable Independiente 1: Actividad unimanual
 - Primer valor: Sin actividad unimanual (condición control).
 - Segundo valor: Actividad unimanual, mano derecha.
 - Tercer Valor: Actividad unimanual, mano izquierda.

- Variable Independiente 2: Carga de la memoria operativa
 - Primer valor: Carga bajo el límite de la capacidad.
 - Segundo Valor: Carga sobre el límite de la capacidad.

- Variable Dependiente: Desviación del eje central de la ruta
 - Magnitud de la desviación (en pixeles).
 - Direccionalidad (izquierda-derecha).

Así, el diseño factorial, por tratarse de dos variables independientes o factores, una con 3 niveles y la otra con dos niveles, es de 3x2, dando lugar a seis combinaciones posibles e implicó, por tanto, seis condiciones experimentales o tratamientos a las que fueron sometidos los sujetos:

- Tratamiento 1: Tarea sin actividad unimanual y con baja carga de la memoria operativa.
- Tratamiento 2: Tarea sin actividad unimanual y con alta carga de la memoria operativa.
- Tratamiento 3: Tarea con actividad unimanual de mano derecha y con baja carga de la memoria operativa.
- Tratamiento 4: Tarea con actividad unimanual de mano izquierda y con alta carga de la memoria operativa.

- Tratamiento 5: Tarea con actividad unimanual de mano izquierda y con baja carga de la memoria operativa.
- Tratamiento 6: Tarea con actividad unimanual de mano izquierda y con alta carga de la memoria operativa.

En la **Tabla 1** se esquematiza resumen de este diseño experimental.

Tabla 1: Diseño factorial del experimento

		Variable independiente 1: Actividad unimanual		
		<i>Sin actividad unimanual</i>	<i>Actividad unimanual, mano derecha</i>	<i>Actividad unimanual, mano izquierda</i>
		<i>Condición control</i>	<i>Condición Experimental</i>	<i>Condición Experimental</i>
Variable Independiente 2: Carga de la memoria operativa	<i>Carga bajo el límite</i>	1	3	5
	<i>Carga sobre el límite</i>	2	4	6

Operacionalmente, los seis tratamientos tomaron la forma de dos tareas concurrentes: una, la de retener dígitos en la memoria, y la segunda, de ingresar los dígitos almacenados en una teclera, ya sea con la mano derecha o la izquierda. Ambas tareas se realizan mientras el sujeto escoge el eje central de una ruta, en un videojuego de conducción de automóvil. Es decir, los seis tratamientos se operacionalizaron (ver **Tabla 2**) en seis tipos de combinaciones de dos tareas concurrentes, los cuales las identificamos con el siguiente código:

SM: Sin ingreso de manual de dígitos.

MD: Ingreso de dígitos con mano derecha.

MI: Ingreso de dígitos con mano izquierda.

D5: Tarea de retención de 5 dígitos

D10: Tarea de retención de 10 dígitos

Tabla 2: Operacionalización del diseño factorial del experimento

		Variable independiente 1: Ingreso de dígitos		
		<i>Sin ingreso manual de dígitos</i>	<i>Ingreso de dígitos, con mano derecha</i>	<i>Ingreso de dígitos, con mano izquierda</i>
Variable Independiente 2: Tarea de memoria	<i>Tarea de retención de 5 dígitos</i>	SM-D5	MD-D5	MI-D5
	<i>Tarea de retención de 10 dígitos</i>	SM-D10	MD-D10	MI-D10

Las condiciones experimentales, por ende, implicaron las siguientes tareas:

- Retener 5 dígitos, sin ingresarlos manualmente en la teclera, mientras se escogía el eje central de la ruta en un videojuego.
- Retener 10 dígitos, sin ingresarlos manualmente en la teclera, mientras se escogía el eje central de la ruta en un videojuego.
- Retener 5 dígitos, para luego ingresarlos en una teclera con la mano derecha, mientras se escoge el eje central de la ruta en un videojuego.
- Retener 10 dígitos, para luego ingresarlos en una teclera con la mano derecha, mientras se escoge el eje central de la ruta en un videojuego.
- Retener 5 dígitos, para luego ingresarlos en una teclera con la mano izquierda, mientras se escoge el eje central de la ruta en un videojuego.
- Retener 10 dígitos, para luego ingresarlos en una teclera con la mano izquierda, mientras se escoge el eje central de la ruta en un videojuego.

Como se explicará más adelante, se cuidó que (más allá de las variables independientes manipuladas) las condiciones de retención y de ingreso de dígitos fueran las mismas en cada tarea.

3.3.2 Medidas repetidas

Este diseño es, a su vez, de tipo factorial intrasujeto, también llamado de medidas repetidas, dado que se sometió a los individuos a todas las condiciones experimentales (o sea, en este tipo de diseño recibe todos los tratamientos), siendo ellos, por ende, control de sí mismos (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002). En un diseño de medidas repetidas el investigador registra dos o más medidas de la variable dependiente para cada sujeto o unidad experimental, puesto que se trabaja con un solo grupo de sujetos. Esta es la razón por la que reciben el nombre de diseños intrasujeto o intragrupo. Es decir, los mismos sujetos son sometidos a todas las condiciones experimentales, variando las variables una a la vez.

En un experimento de psicología cognitiva, este tipo de diseño es especialmente útil. Como señala Riba (1990), no suele ser usual realizar una estimación de los parámetros asociados al factor sujeto, ya que por regla general el investigador no se interesa por conocer los efectos individualizados de los sujetos. Efectivamente, en el contexto de la psicología experimental básica la variabilidad asociada a las diferencias individuales se tiende a considerar como varianza de error, dado que lo que le interesa al investigador básico es detectar leyes o reglas generales de conducta. No obstante, desde una óptica diferencialista sería igualmente legítimo el uso de este tipo de diseños, en cuyo caso lo más importante sería interpretar el factor sujetos y sus posibles interacciones con los tratamientos (Pascual i Llobell, Frías Navarro, & García Pérez, 1996).

Estos diseños presentan dos claras ventajas (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002). Se obtendrá más información de cada sujeto, puesto que cada uno de ellos nos aportará como mínimo dos medidas. Así, el número de sujetos que se necesitará en un diseño de medidas repetidas, para alcanzar un determinado nivel de potencia estadística, será inferior al número de sujetos que se necesitará en un diseño de grupos. Por otra parte,

los diseños de medidas repetidas presentan la ventaja de reduce la varianza de error. Puesto que las comparaciones en este tipo de diseño se realizan intra-sujeto, la variabilidad provocada por las diferencias individuales se minimiza al máximo. Así, en este tipo de diseños, el sujeto actúa como su propio control, reduciendo una parte de la varianza de error provocada por variables extrañas de efectos aleatorios.

Dentro de las desventajas (Maxwell & Delaney, 2004), de este diseño está el que no se puede usar cuando el efecto del tratamiento es irreversible. En el caso de este diseño, esto no se cumple, puesto que una tarea cognitiva como la que se presenta no tiene, en modo alguno, efectos permanentes en las tareas cognitivas que se realizan posteriormente.

La segunda desventaja es que no puede ser utilizado cuando los tratamientos tienen efectos residuales, es decir, hay una secuela que se prolonga en el tiempo. En el caso del presente estudio, el efecto residual se controla en la medida que cada tarea implica la estimación de un nuevo punto medio. Hay dos procedimientos específicamente diseñados para que ello ocurra: En la ruta que el sujeto recorre, y de la cual debe escoger el eje central, se implementó un "estrechamiento de la ruta principal", de manera de forzar al sujeto a escoger durante el trayecto por ese paso estrecho la elección del punto medio. La ubicación del "paso estrecho" está aleatorizada y por ende la estimación del punto medio en cada nueva tarea es impredecible. Por otra parte, para la tarea de memoria siempre se presenta un nuevo número a memorizar compuesto por 5 o 10 dígitos diferentes, según corresponda. La literatura indica que en esas condiciones la memoria de trabajo no retendrá el número anterior.

En tercer lugar, los diseños de medidas repetidas son sensibles a lo que se denomina el efecto "orden del tratamiento", donde la secuencia de éstos afectan el resultado. Para evitar este efecto, los tratamientos se han contrabalanceado, por medio de dos procedimientos:

a) En primer lugar, dado que cada condición experimental se le presentó a los sujetos en varias repeticiones, se alternaron los tratamientos en una secuencia. En esta secuencia fue diseñada por el programador del videojuego, de manera que, en la tarea de seguimiento de ruta, se presentaron alternadamente los tipos de condiciones experimentales, según se iban presentando las repeticiones de ensayos. Es decir, se presentó

el primer ensayo del primer tratamiento, luego el primer ensayo del segundo tratamiento, etc., hasta completar las seis condiciones. Una vez terminado este proceso, se iniciaba un nuevo ciclo, donde se repetía la secuencia. Las secuencias para cada condición experimental fueron diez. Por ejemplo, en la primera tarea, el sujeto se enfrentó a una tarea de memoria con 5 dígitos, luego la de 10 dígitos y así, sucesivamente. Con esto se logra contrabalancear perfectamente cualquier efecto de orden para la variable “Carga de la memoria operativa”.

b) Por otra parte, también se contrabalanceó en la muestra la mano de inicio de la tarea experimental, para evitar los eventuales efectos de la secuencia para la variable “Actividad unimanual”. Así, la mitad de la muestra comenzó los trayectos programados en el videojuego con la mano derecha (el 50,4%; n=51), mientras la otra mitad de la muestra con la mano izquierda (el 49,6%; n=50). Es decir, a la mitad de sujetos se les pidió que, durante la primera mitad del seguimiento de ruta –y cuando fuera pertinente–, usaran la mano derecha para realizar las tareas de tipo unimanual, mientras que durante la segunda mitad del trayecto las hicieran usando la mano izquierda. A la segunda mitad de ellos, se les pidió lo contrario (que en la primera mitad del recorrido usaran la mano izquierda y que la segunda parte usaran la derecha). Por ende, el orden de los tratamientos que anteriormente fue presentado, no fue el mismo para todos los sujetos, pues la mitad de ellos realizó aquellas condiciones experimentales que implicaban actividad unimanual derecha en primer lugar, mientras que la otra mitad hizo lo contrario. Esto, además, se fundamentó en una ventaja práctica: como el video juego implicaba realizar una tarea unimanual (ingresar dígitos) aproximadamente cada 24 segundos, se hacía poco práctico pedirle a los sujetos que alternaran una mano y otra, especialmente porque implicaría cambiar de sitio la teclera con la que ingresaron los dígitos demasiadas veces, confundiendo a los sujetos experimentales. Con este contrabalanceo, se evitó un posible efecto de orden, puesto que en la primera mitad del trayecto el grupo total hubiese realizado todas las repeticiones de la tarea con la misma mano.

Con estos dos resguardos, la secuencia fue mezclando razonablemente los tratamientos, evitando así que alguno de ellos se concentrara al principio o final de la situación experimental. De esta manera, si eventualmente hubo una mejora en la manera de

seguir la ruta, fruto de la práctica, esta mejoría debió haber afectado a todas las condiciones experimentales por igual, o si hubo algún perjuicio debido a la fatiga, éste fue anulado por el contrabalanceo.

3.3.3 Ensayos repetidos

En el diseño de ensayos repetidos, a un grupo de sujetos se le aplican varias veces los tratamientos en diferentes momentos. Si se evitan los inconvenientes trazados en el apartado precedente, es un procedimiento muy informativo. Es especialmente útil este procedimiento en psicología cognitiva experimental, ya que muchas veces los sesgos, inclinaciones y orientaciones no se manifiestan en el desarrollo de un ensayo único, sino que solamente se manifiestan como una tendencia que es detectable a partir de un número mayor de tareas.

En el caso de la presente investigación, cada tarea, que representa a un tipo de condición experimental se le presentó al sujeto 10 veces, con lo que se buscó disminuir el error aleatorio al máximo, dentro de la factibilidad que un diseño como éste permitía.

3.3.4 Univariado

Por otra parte, existe únicamente una variable dependiente, la que fue registrada en todas las condiciones experimentales. Esta variable, tal como se señaló anteriormente es la "desviación" del eje central, en una tarea de seguimiento de ruta. Debido a su rol, en todas las condiciones experimentales se registró la dirección y magnitud de las desviaciones del eje central de la ruta en el videojuego registradas para cada sujeto.

3.4 Instrumento

El principal instrumento para la recogida de datos fue un videojuego diseñado especialmente para este experimento, con la ayuda de un colaborador especializado, de profesión Ingeniero Informático.

a) Ficha técnica:

El video juego fue programado en lenguaje *html5*, la biblioteca *jQuery* y *php5*. Para el desarrollo del juego mismo se usó el editor de juegos *Construct2*. Algunos archivos fueron desarrollados bajo *notepad++*.

b) Esquema básico del videojuego:

El esquema básico del videojuego es relativamente simple y se compone de algunos elementos fundamentales. Un automóvil, situado en la parte baja de la pantalla; una ruta principal por la que se desplaza el móvil; un estrechamiento de esa ruta principal, espacio fuera de la ruta, por donde no transita el automóvil; un espacio en la esquina inferior derecha donde se muestran los dígitos que el sujeto experimental va ingresando en la teclera y que sirve de retroalimentación; un campo en la esquina inferior izquierda, donde se entrega información a los participantes acerca del número de tareas realizadas; y finalmente, en la parte superior central, un número de 5 o 10 dígitos que aparece en un momento del recorrido.

En la **Figura 12**, se señala la distribución de los elementos señalados en un modelo de la pantalla. En la **Figura 13**, en tanto, se señalan esos mismos elementos en una captura de pantalla. Además, en el **Anexo 3** se muestran 6 capturas de pantalla, ilustrativas del desarrollo del videojuego:

- Captura de Pantalla 1 y 2: Muestra el inicio del juego, con un conteo regresivo de tres segundos para que el sujeto se disponga a atender a los estímulos y luego, el inicio del juego.
- Captura de Pantalla 3 y 4: Muestra dos momentos del videojuego, donde se expone el número que el sujeto debe memorizar (número de 5 y 10 dígitos cada pantalla).
- Captura de Pantalla 5 y 6: Muestra dos ejemplos de estrechamiento de la ruta, por donde el sujeto debería transitar, tratando de escoger el centro exacto de la vía.

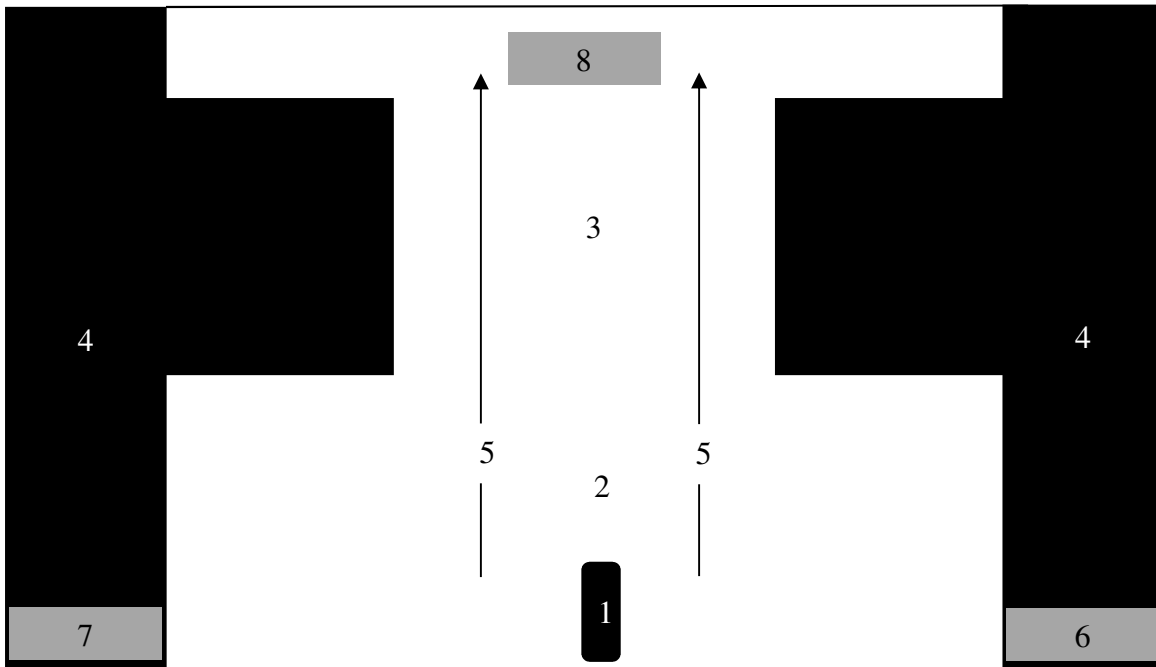


Figura 12: Esquema del videojuego

Simbología:

- 1: Automóvil.
- 2: Ruta principal.
- 3: Estrechamiento de la ruta principal.
- 4: Espacio fuera de la ruta.
- 5: Dirección del tránsito
- 6: Retroalimentación de dígitos ingresados
- 7: Retroalimentación de tareas realizadas
- 8: Dígito a memorizar

Tamaño de los elementos:

- Automóvil: El tamaño del auto es 40x70 píxeles.
- Ruta principal: El tamaño de la ruta es 716 píxeles de ancho por 670 de largo.
- Estrechamiento de la ruta: 300 píxeles de largo por 300 píxeles de ancho. Por ende, al transitar por este paso, horizontalmente se puede representar el eje central por el valor 0, las desviaciones a la izquierda por números positivos (hasta 150 píxeles) y

las desviaciones a la derecha por números negativos (hasta -150 píxeles).

Los tamaños se describen en píxeles, y no en centímetros, pues el tamaño final está en función del monitor en que se proyecte el juego. Para la pantalla utilizada en el experimento, se fijó una resolución estándar es 1024píxeles.

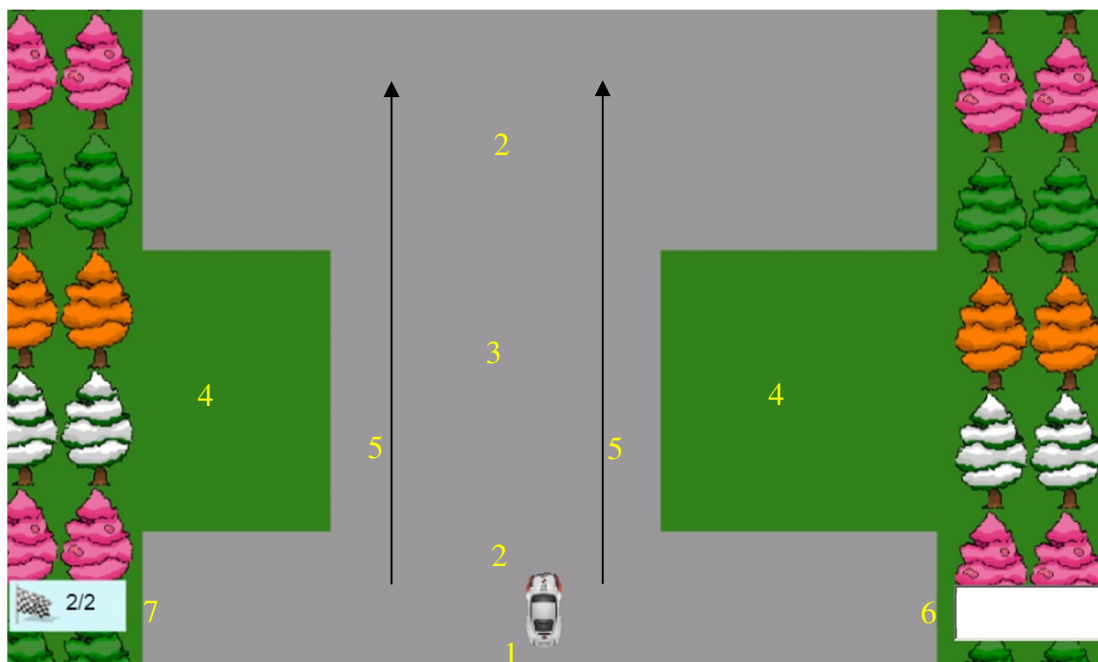


Figura 13: Esquema del video sobre una captura de pantalla

c) El objetivo del videojuego

El video juego consiste en un trazado en línea recta, con solo un coche en movimiento, sin coches competidores. El coche mantiene una velocidad constante, por lo que el jugador no puede acelerar ni frenar. Lo que el jugador hace es direccionar, a través de un volante, el movimiento en el eje horizontal del vehículo virtual.

Al sujeto se le dan las siguientes instrucciones:

"El siguiente video juego tiene como objetivo que transites con un automóvil por una calle recta. Cada cierto tramo, la calle se angostará y deberás pasar por ese paso

estrecho. Cuando ello suceda, trata de transitar por el centro exacto del estrecho, sin inclinarte a ningún costado.

En los trayectos, además, aparecerá un número en la pantalla. Te pediremos que lo memorices y, cuando suene una chicharra, lo ingreses en el teclado numérico que estará a un costado de la pantalla, sin dejar de conducir.

Deberás tener ambas manos sobre el volante todo el tiempo, excepto cuando ingreses los números.

Los trayectos son varios y el juego no tiene pausas, por lo que te pediremos que te concentres durante un rato prolongado

Al final de la tarea experimental saldrá un mensaje anunciando el fin de la tarea.

Gracias."

Es decir, el experimento consta de una triple tarea, siendo la primera de ellas concurrente con las otras dos. La primera es la conducción de un automóvil sin perder el eje central de la ruta. Esta ruta tiene un estrechamiento en algún momento del trayecto, el cual se extiende por breves momentos. El lugar exacto donde estará ubicado el paso

En segundo lugar, una tarea de memoria, donde el sujeto experimental debe retener 5 o 10 series de dígitos. Estos se muestran en pantalla durante breves segundos, y luego desaparece para que se almacenen en la memoria operativa. Se cuidó que el número se presentara centrado en la pantalla, para que la posición no se transformara en una variable interviniente.

En tercer lugar, el ingreso de esos dígitos que han sido almacenados por los sujetos en su memoria de trabajo, en una teclera, situada a su derecha o izquierda, una vez que suene una señal sonora. Este indicador auditivo no altera su capacidad de almacenamiento de la *Working Memory*, debido a que se trata de un formato auditivo (almacenado en el "lazo articulatorio") y no visual, que es donde se retienen los dígitos (o sea en la "agenda visoespacial"), según modelo de Baddeley y Hitch (1974).

En el momento en que el sujeto ha terminado el 50% de los trayectos, el programa suena una alarma para avisar que la teclera debe ser cambiada de lado, de manera de completar los tratamientos con la mano con la cual no se han ingresado dígitos.

d) Estructura de la programación

La programación se realizó considerando 4 trayectos tipo en total. Cada uno de ellos se repitió 10 veces. Los otros tratamientos se derivaron del cambio de lado de la teclera. El flujo del videojuego tiene una estructura relativamente fija y tiene como objetivos mantener constantes algunos rangos temporales, de manera que se transformen en variables controladas:

- Duración total de la tarea experimental: 24 segundos
- Tiempo de presentación del estímulo (dígito) de la tarea de memoria: 6 segundos.
- Tiempo de retención de la información (dígito) de la tarea de memoria: 10 segundos.
- Tiempo máximo de ingreso de la información: 8 segundos.

Trayectos SM-D5 y SM-D10: Los sujetos retienen los dígitos (5 y 10) y los ingresan a la teclera, posterior al cruce por el paso estrecho. El ingreso de los dígitos pasada la ventana temporal donde se registran datos, hace que se considere como un tratamiento sin actividad unimanual.

Segundo 0: Inicio

Segundo 2: Aparece número

(TIEMPO DE PRESENTACIÓN DE ESTÍMULO: 4 SEGUNDOS)

Segundo 6: Desaparece número

Segundo 12: Aparece estrechamiento de ruta

(TIEMPO DE RETENCIÓN POR PARTE DEL SUJETO: 10 SEGUNDOS)

Segundo 16: Aparece señal para ingresar número

(TIEMPO MÁXIMO DE INGRESO DE DÍGITOS: 8 SEGUNDOS)

Segundo 24: Fin del ciclo

Trayectos MD-D5, MD-D10, MI-D5 y MI-D10: Los sujetos retienen 5 y 10 dígitos respectivamente, y los ingresan a la teclera de manera concurrente al cruce por el estrechamiento de la ruta. En estos trayectos, el ingreso de los dígitos es simultáneo a la

ventana temporal donde se ingresan los datos. Dependiendo de la mano con que ingresen los dígitos es al tipo de tratamiento que corresponda.

Segundo 0: Inicio

Segundo 2: Aparece número

(TIEMPO DE PRESENTACIÓN DE ESTÍMULO: 4 SEGUNDOS)

Segundo 6: Desaparece número

Segundo 16: Aparece señal para ingresar número

(TIEMPO DE RETENCIÓN POR PARTE DEL SUJETO: 10 SEGUNDOS)

Segundo 20: Aparece estrechamiento de ruta

(TIEMPO MÁXIMO DE INGRESO DE DÍGITOS: 8 SEGUNDOS)

Segundo 24: Fin del ciclo.

e) Registro de datos del videojuego

Para la salida de datos, se realizó un programación especial (ver **Anexo 2**). Se registraron los siguientes datos:

- Cada vez que el automóvil ingresó por el estrechamiento de la ruta, el programa automáticamente midió 53 veces el coeficiente de desvío con respecto al centro del camino. El registro no se hace por segundo sino por ciclo del programa, por lo que la unidad de medida son *frames per second* (fps). Los “fps” varían dependiendo de la plataforma de construcción del juego. En el caso de este videojuego se midieron 53 fps por cada paso del automóvil por un estrechamiento de la ruta. La medición de la desviación, respecto del valor 0, es decir, el centro del paso estrecho, se hace en direccionalidad (izquierda, representada por números positivos, y derecha, representada por números negativos), y magnitud (número entre 150 y -150 pixeles)
- Se midieron colisiones, es decir el número de veces que el automóvil chocó contra las "paredes" del estrechamiento de la ruta y el momento en que sucede.
- También se registró el número que se expone a la tarea de memoria y el dígito que escribe el sujeto en la teclera.

En la **Tabla 3**, se resumen los principales aspectos de la metodología experimental utilizada.

Tabla 3: Resumen de términos metodológicos usados en el experimento

Concepto	Definición	Valores	Total en el experimento
Sujeto (unidad de medición)	Personas que participaron del experimento	Se recogieron las siguientes variables sociodemográficas: género, carrera, edad, talla, peso, experiencia en conducción, experiencia en videojuegos, ancho muñeca derecha, ancho muñeca izquierda.	101
Factor (variable independiente)	Variable independiente activa que se manipula en la condición experimental	Factor 1: Actividad unimanual (con tres valores o niveles) Factor 2: Carga de la memoria operativa (con tres valores o niveles)	2
Tratamiento (condición experimental)	Condición experimental, definida por una combinación única de factores	SM-D5: Sin actividad unimanual y carga bajo el límite SM-D10: Sin actividad unimanual y carga sobre el límite MD-D5: Actividad mano derecha y carga bajo el límite MD-D10: Actividad mano derecha y carga sobre el límite MI-D5: Actividad mano izquierda y carga bajo el límite MI-D10: Actividad mano izquierda y carga sobre el límite	6 (3 x 2 factores)
Ensayos (repeticiones)	Cantidad de repeticiones a las que un sujeto fue expuesto a un determinado tratamiento	10 repeticiones por sujeto, para cada tratamiento	60 (10 repeticiones por 6 tratamientos)
Desviación del eje central (variable dependiente)	Variable dependiente o respuesta del experimento	La variable tiene dos dimensiones: magnitud y dirección	1
Puntos de Trayectoria (datos)	Conjunto de puntos de la desviación	Se deben a 53 fps, según la programación del videojuego.	53 puntos por cada repetición

3.5 Procedimiento

A continuación describiremos someramente las etapas del procedimiento de este diseño metodológico:

✓ Primera etapa: Diseño de experimento

La primera etapa consistió en elaborar el diseño experimental, en términos de las variables medidas y el diseño metodológico. Para ello se hizo una revisión bibliográfica general y, posteriormente, el diseño propiamente tal.

✓ Segunda etapa: Diseño de instrumento de medición

La segunda etapa implicó el diseño del instrumento de medición utilizado para que el experimento se pueda llevar a cabo, es decir, el videojuego de seguimiento de ruta, por medio de conducción de automóviles. Para ello se contó con la asesoría de un Ingeniero informático, quien colaboró con el investigador, diseñando el videojuego de acuerdo a los requerimientos del diseño experimental.

✓ Tercera etapa: Muestreo

La tercera etapa consistió en el muestreo necesario para realizar el experimento. Por su característica de no probabilístico, no implicó ningún procedimiento de aleatorización y solamente requirió de la inscripción voluntaria de estudiantes de pregrado de las carreras de Psicología y Matemáticas.

✓ Cuarta etapa: Pilotaje del experimento.

A través de una muestra del 10% de la muestra definitiva (10 personas) se piloteó el experimento para mejorarlo, corregir errores y obtener resultados iniciales. De la etapa de pilotaje se extrajeron las siguientes conclusiones:

- Se ajustó la velocidad del automóvil, para permitir que la tarea no fuese demasiado fácil ni demasiado compleja.

- Se agregó un contador de tareas, de manera de retroalimentar al sujeto experimental con su avance.
- Se mejoraron las instrucciones de la tarea.

✓ Quinta etapa: Identificación de los participantes, registro de covariables y consentimiento informado

- La quinta etapa del procedimiento inició en el momento en que se recogieron datos de identificación de los participantes del experimento (Nombre y Rol único Nacional), a través de un formulario especialmente diseñado para la ocasión. Este cuestionario, además, recogió la información acerca de la muestra respecto de covariables que eventualmente puedan ser incidentes en los resultados (edad, talla, peso, experiencia en videojuegos, experiencia en manejo, etc.). En tercer lugar, este documento recogió una declaración simple de los sujetos respecto a no ser afectados por los criterios de exclusión (ver **Anexo 4**).
- Para completar el formulario recién señalado, se tomaron dos mediciones:
 - La primera fue una medición del ancho de las muñecas (derecha e izquierda) de los sujetos experimentales, de modo de usarlas como covariables y de indagar si esta medida correlacionaba con dominancia manual (lo que finalmente no se verificó).
 - La segunda fue la prueba de dominancia manual, a través del EHI, para categorizarlos como diestros o zurdos.
- Finalmente, se les dio a firmar a los sujetos experimentales una "Carta de consentimiento informado", para respetar los resguardos éticos del proyecto (ver **Anexo 5**).

✓ Sexta etapa: Realización del experimento

Los sujetos voluntarios realizaron el experimento que consiste en conducir un coche en un videojuego, a través de un circuito.

Para ello, se video juego se ejecutó en un computador de escritorio, con sistema operativo Windows XP (versión 2002, Service Pack 3), con procesador Intel Pentium (R)

Dual Core de 3,00 GHz, con 1,96 GB de RAM, con monitor de pantalla de 19 pulgadas, marca LG, más un teclado y mouse genéricos. El computador se dispuso en un escritorio.

Entre el sujeto experimental y la pantalla del computador, se ubicó una mesa, frente a la cual se puso la silla para que éste se acomodara. La distancia entre el sujeto y la pantalla fue de 80 centímetros. Las dimensiones de la mesa fueron las siguientes: largo: 90 cmts.; ancho: 47 cmts.; alto: 70 cmts. Encima de la mesa, y para operar el automóvil en el juego, se dispuso un volante Genius Speed Wheel 5 Pro USB. En la misma mesa se ubicó la teclera USB, genérica, de teclas, a 20 cmts. del borde de la mesa. En la condición experimental de tarea manual con mano derecha, el teclado numérico fue ubicado a 22,5 cmts. hacia la derecha del centro de la mesa y en el caso de la tarea manual con mano izquierda, se dispuso el teclado, a la misma distancia, hacia la izquierda del sujeto.

3.6 Protocolo ético: procedimiento y carta de consentimiento informado

El procedimiento metodológico fue diseñado con algunos resguardos éticos para velar por los derechos de los sujetos voluntarios del estudio.

En primer lugar, debido a la existencia de una relación docente-alumno entre el investigador principal y la muestra, se dio la posibilidad al estudiante de realizar un trabajo equivalente, en caso de no querer participar voluntariamente del estudio.

Además, se solicitó a un alumno-ayudante, estudiante que no participa en las cátedras en los que los estudiantes estén inscritos, servir de portavoz de los mensajes del docente investigador.

Tal como se explicó anteriormente, a todos los involucrados se les solicitó el consentimiento respecto de su participación en el experimento, a través de una carta firmada. No obstante, no se les informó de las hipótesis de trabajo, pues podría afectar los resultados.

4. RESULTADOS

4.1 Organización y limpieza de la base de datos

En primer término, los resultados recogidos según la "Programación de salida de datos", fueron organizados en una base de datos. De los indicadores que el software arrojó, se desecharon los datos de colisiones, pues se registraron en contadas ocasiones y no generó un corpus de datos suficientes para ser analizados. Por ende, los dos tipos de datos que se conservaron fueron: las desviaciones del eje central, y los dígitos que el sujeto ingresó como respuesta a la tarea de memoria.

En segundo lugar, se procedió a organizar la base de datos. Tal como se explicó en el apartado metodológico, como manera de contrabalancear las variables de orden incidentes, se mezclaron los tratamientos a través de diversos procedimientos. Por ende, la primera acción respecto de los resultados consistió en organizar la base de datos, de la siguiente manera: identificar a cada uno de los participantes con un número del 1 al 101. Posteriormente, incluir las covariables en la base de datos. Al respecto, cabe señalar que, las variables "Años de experiencia en conducción de automóviles" y "Horas semanales destinadas a videojuegos" se transformaron en dicotómicas, debido a la gran homogeneidad hallada en los valores recogidos en la muestra, ya que la mayoría de las personas dedicaban muy pocas horas a los videojuegos y no tenían experiencia alguna en conducción de automóviles. Se re-etiquetaron como "¿Ha conducido alguna vez? (Experiencia en conducción)" y "¿Dedica horas semanales a uso de video juegos? (Uso de videojuegos)".

Luego, se ordenaron los resultados para cada sujeto, de manera de asegurarse que correspondieran a la condición experimental correcta. Recuérdese que la mitad de la muestra comenzó con las tareas que implicaban actividad unimanual de la mano derecha, mientras que la otra mitad de la muestra inició el trayecto completando las condiciones experimentales que involucraban actividad unimanual de la mano izquierda, por lo que los resultados arrojados automáticamente debía organizarse previo a su uso.

En tercer lugar, los datos, por tratarse de la trayectoria de un móvil, presentan una estructura de datos dependientes, ya que la posición de cada punto del desplazamiento

depende del punto inmediatamente anterior. Si los datos no tuvieran la continuidad esperada, la descripción del recorrido o estaría incompleta o sería incoherente. En ese sentido, se presentaron datos extraños en la posición final de la tarea, puesto que registraban "saltos" en el trayecto, los que fueron eliminados de la base de datos por ser incongruentes. Ese error fue atribuido a alguna falla en la programación. A modo de ejemplo, en la **Figura 14** se muestra el primer voluntario del experimento y sus registros obtenidos en la primera condición experimental y sus diez repeticiones respectivas. En rojo se destacan los datos incoherentes con la trayectoria.

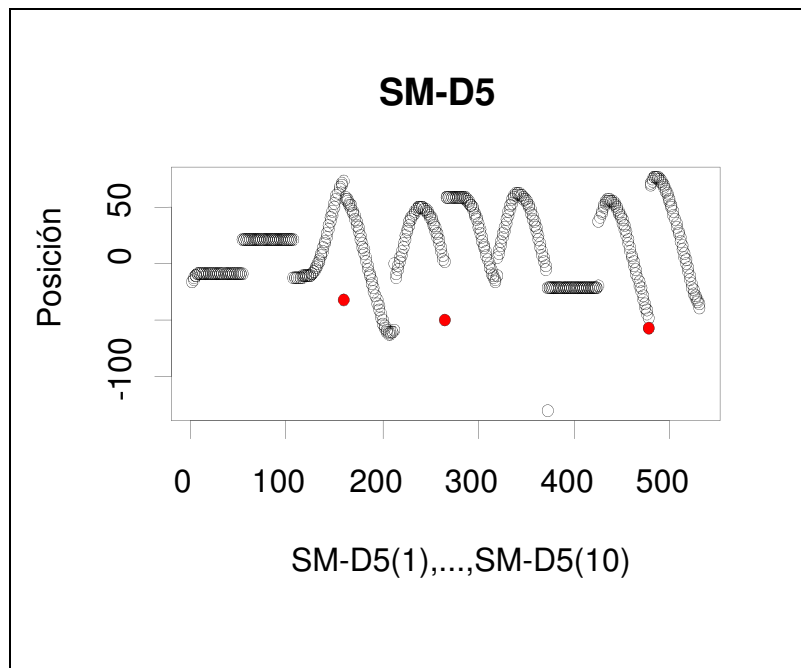


Figura 14: Datos de las posiciones del primer voluntario en la tarea SM-D5.

Para solucionar este inconveniente, se eliminó la última posición a todos los datos, de manera que, el análisis se realizó sobre la base de 52 posiciones. Luego de hacer la depuración de los datos, se observa que las trayectorias no tienen datos extraños (ver **Figura 15**).

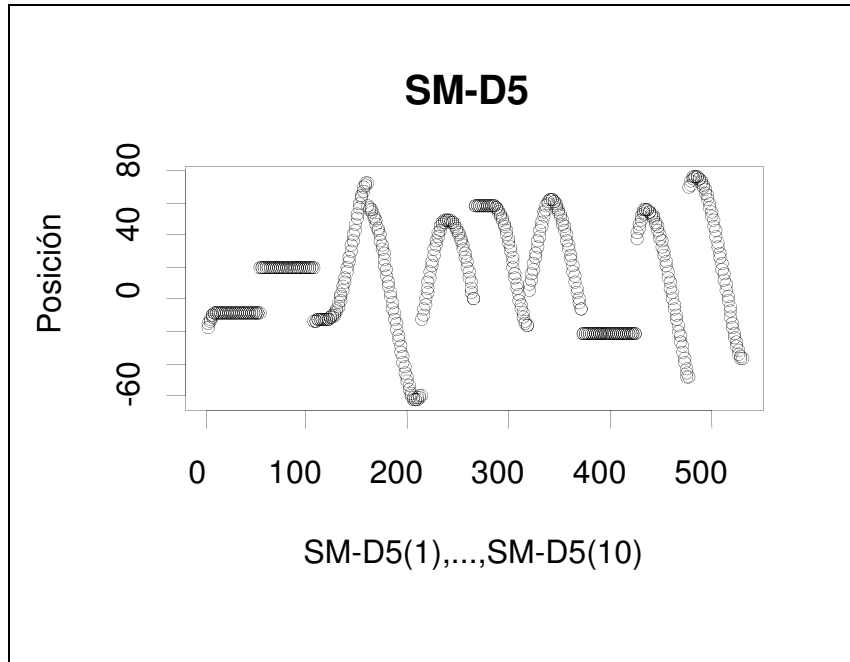


Figura 15: Datos de las posiciones del primer voluntario para la tarea SM-D5 con datos "depurados".

En cuarto lugar, se obtuvieron los desvíos promedio de cada una de las repeticiones y, posteriormente, los desvíos promedio para cada condición experimental, por sujeto. En una gran cantidad de datos como esos (más de 20.000), esperábamos que la media reflejara el sesgo en la desviación, más allá del error aleatorio que toda medición conlleva. De esa manera se organizó la base de datos final.

4.2 Análisis de resultados

4.2.1 Plan de análisis

El análisis de los resultados obtenidos se centra en cinco partes:

La primera es un análisis descriptivo de la muestra (que incluyen datos sociodemográficos, biométricos y de otras variables relacionadas con la tarea de los sujetos

participantes) y de los resultados de la variable dependiente según el tipo de condición experimental.

La segunda parte es un testeo de uno de los supuestos del diseño experimental: que las tareas del experimento (retención de dígitos, conducción e ingreso de dígitos) consumen los mismos recursos atencionales. De verificarse esta conjetura, tiene sentido relacionar las tareas con el sesgo atencional estudiado.

El tercer apartado es una clasificación y consiste en un análisis exploratorio del papel de las covariables en la explicación de los resultados. Por medio de la técnica de árboles de decisión, se pretendió determinar si alguna de las covariables podía explicar en algún sentido la varianza de la variable dependiente.

El cuarto análisis examina, a través de una Prueba T para una muestra, y considerando las características de la tarea, si hay un sesgo de lateralización de las desviaciones, específicamente hacia los números negativos, es decir, a la derecha. Este análisis nos permitirá responder la primera de las hipótesis.

La quinta y última parte es un análisis de varianza con dos factores ambos con medidas repetidas. Para evaluar el efecto de cada uno de los factores y el efecto conjunto, se utilizaron cuatro estadísticos multivariados. Luego, se realizó la prueba de esfericidad de Mauchly, para comprobar uno de los supuestos fundamentales del modelo. Finalmente, para cada factor por separado se realizó una prueba de comparaciones múltiples. Estos análisis nos permitirán responder la segunda, tercera, cuarta y quinta hipótesis.

4.2.2 Análisis descriptivo de la muestra y de los resultados

Descripción de la muestra: El tamaño de la muestra fue de 101 alumnos, de los cuales un 73,3% correspondió al género femenino, mientras que un 26,7% al masculino; un 86,1% pertenece a la carrera de Psicología (el porcentaje complementario -13,9%- corresponde a alumnos de la carrera de Matemática); un 90,1% tiene una dominancia manual diestra, mientras que 9,9% son zurdos; en tanto un 82,2% declara no haber conducido nunca un automóvil, frente a un 18,8% que sí lo ha hecho; finalmente un 63,4% no dedica horas semanales al uso de video juegos frente a un 36,6% (además, se debe considerar

especialmente que el 75% de ellos declara dedicar 5 horas semanales o menos, pues el percentil 75 corresponde a 5 horas). A continuación se presenta un resumen descriptivo de estas variables, en las **Tablas 4, 5, 6, 7 y 8, y los Gráficos 1, 2, 3, 4 y 5.**

Tabla 4: Frecuencias para la variable “Género”

Género					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Femenino	74	73,3	73,3	73,3
	Masculino	27	26,7	26,7	100,0
	Total	101	100,0	100,0	

Gráfico 1: Frecuencias relativas para la variable “Género” (en porcentaje)

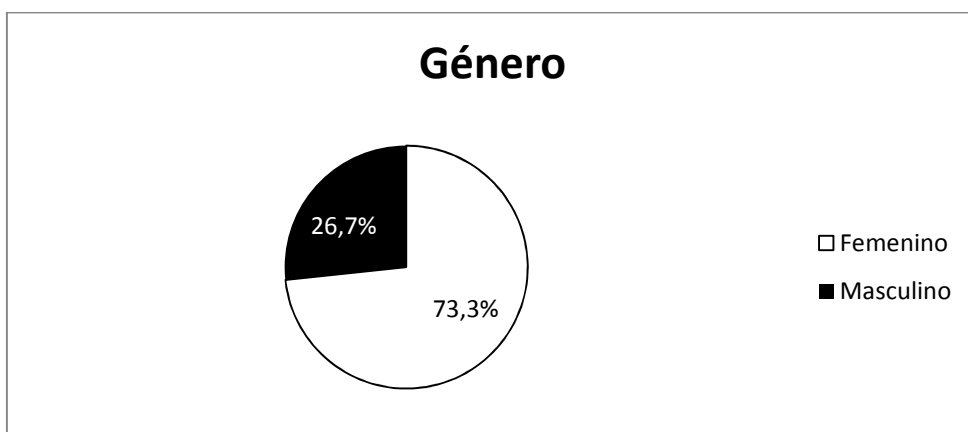
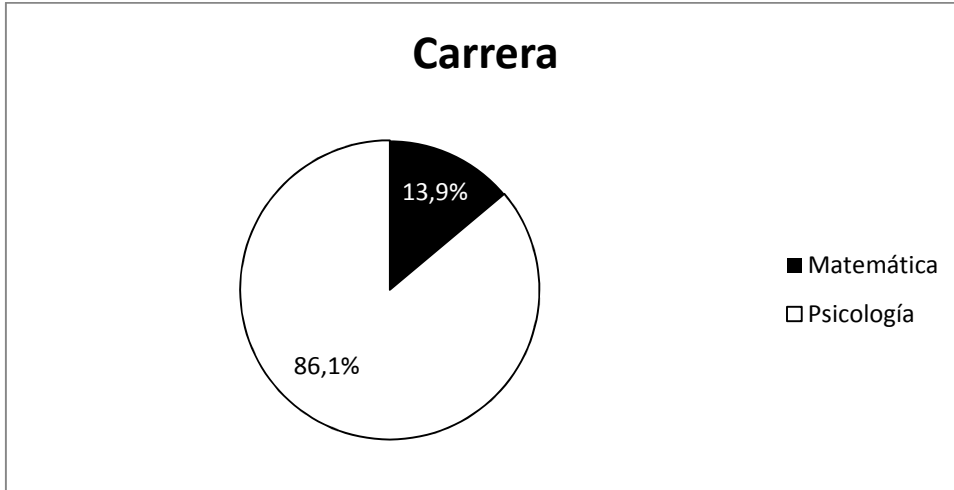


Tabla 5: Frecuencias para la variable “Carrera”

Carrera					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Matemática	14	13,9	13,9	13,9
	Psicología	87	86,1	86,1	100,0
	Total	101	100,0	100,0	

Gráfico 2: Frecuencias relativas para la variable “Carrera” (en porcentaje)**Tabla 6:** Frecuencias para la variable “Dominancia manual”

Dominancia manual					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Zurdo	10	9,9	9,9	9,9
	Diestro	91	90,1	90,1	100,0
	Total	101	100,0	100,0	

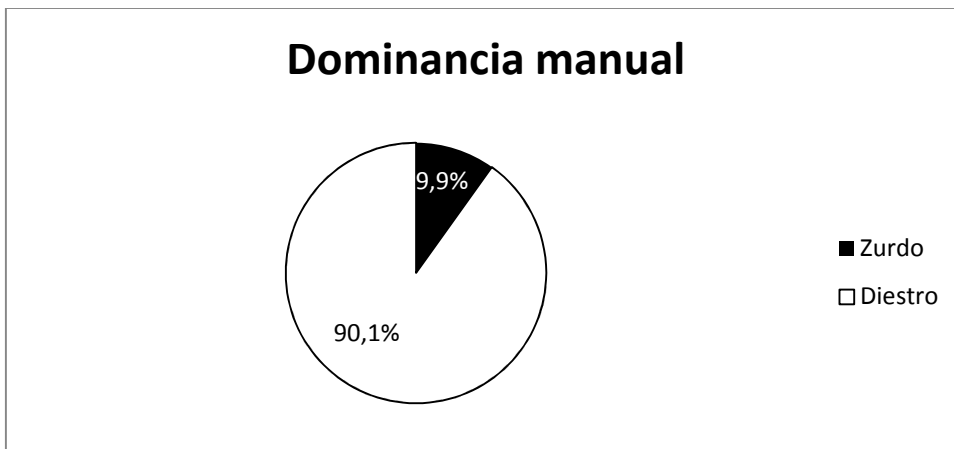
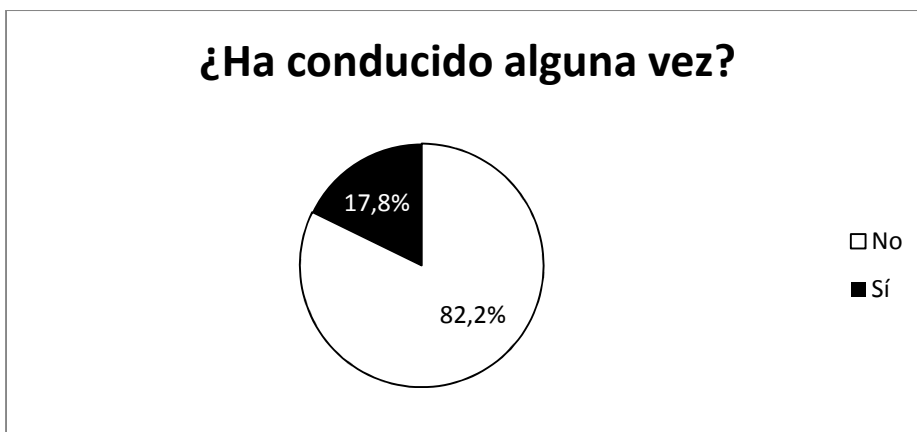
Gráfico 3: Frecuencias relativas para la variable “Dominancia manual” (en porcentaje)

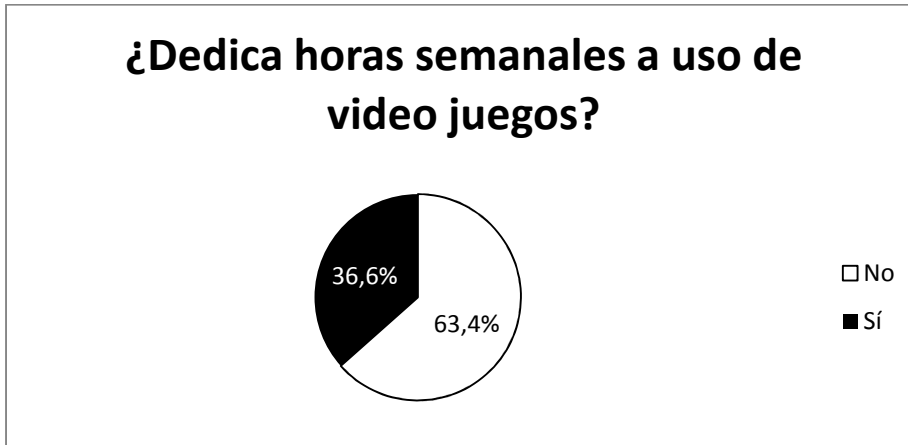
Tabla 7: Frecuencias para la variable “Experiencia en conducción”

¿Ha conducido alguna vez?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	No	83	82,2	82,2	82,2
	Sí	18	17,8	17,8	100,0
	Total	101	100,0	100,0	

Gráfico 4: Frecuencias relativas para la variable “Experiencia en conducción” (en porcentaje)**Tabla 8:** Frecuencias para la variable “Uso de videojuegos”

¿Dedica horas semanales a uso de video juegos?					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	No	64	63,4	63,4	63,4
	Sí	37	36,6	36,6	100,0
	Total	101	100,0	100,0	

Gráfico 5: Frecuencias relativas para la variable “Uso de videojuegos” (en porcentaje)



Descripción de otras covariables: Además de los parámetros que acabamos de describir, se midieron otros como la edad (años), talla (metros), peso (kilogramos), el perímetro de la muñeca derecha (centímetros), el de la muñeca izquierda (centímetros) y el puntaje de EHI.

Los datos indican que la muestra está constituida en su mayoría por jóvenes con una edad bastante homogénea (desviación estándar de 2,6 años) con en promedio en torno a los 22 años. La edad mínima es de 19 años y la máxima 33 años, siendo la mediana de 22 años.

La talla promedio aproximada es de 1,65 metros, y aunque el rango de esta variable fluctúa entre 1,48 y 1,83 metros, es también muy homogénea (la desviación estándar de 0,07 metros); el peso promedio es de 63 kilogramos, aunque es una variable un poco menos uniforme (desviación estándar de 13,1 kilos, con mínimo y máximo de 40 y 105 kilos, respectivamente).

El ancho promedio de la muñeca derecha fue de 15,5 centímetros, con una desviación estándar de 1,1 centímetros; y el de la derecha izquierda 15,6 centímetros, con una desviación estándar de 1,0 centímetros. Los valores extremos de las muñecas derecha e izquierda son muy cercanos (13,3 y 13,6 centímetros de mínimo, y 18,5 y 18,6 centímetros de máximo, respectivamente). Los puntajes de ambas variables son bastante similares, lo que es coherente con otras medidas biométricas, que suelen ser relativamente simétricas.

Por último, el puntaje medio de EHIs de 22,23 puntos, lo que indicaría una predominancia del uso de la mano derecha en actividades cotidianas, con una desviación de 6,7 puntos. El mínimo observado fue 10 (consistentemente diestro) y el máximo 45 (zurdo).

Los datos precedentes se resumen (junto con otros estadísticos descriptivos) en la **Tabla 9** y en los **Gráficos 6, 7, 8, 9, 10 y 11**.

Tabla 9: Resumen descriptivo de las covariables

Estadísticos							
		Edad	Talla	Peso	Muñeca derecha	Muñeca izquierda	Puntaje en EHI
N	Válidos	101	101	101	101	101	101
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		22,34	1,6459	63,13	15,561	15,616	22,23
Mediana		22,00	1,6300	60,00	15,400	15,500	21,00
Moda		21	1,60	55 ^a	15,0	14,6 ^a	21
Desv. típ.		2,624	,07813	13,189	1,1485	1,0822	6,708
Mínimo		19	1,48	40	13,3	13,6	10
Máximo		33	1,83	105	18,5	18,6	45
Percentiles	25	21,00	1,5900	54,00	14,700	14,800	18,50
	50	22,00	1,6300	60,00	15,400	15,500	21,00
	75	23,00	1,7000	71,50	16,100	16,200	24,00
a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.							

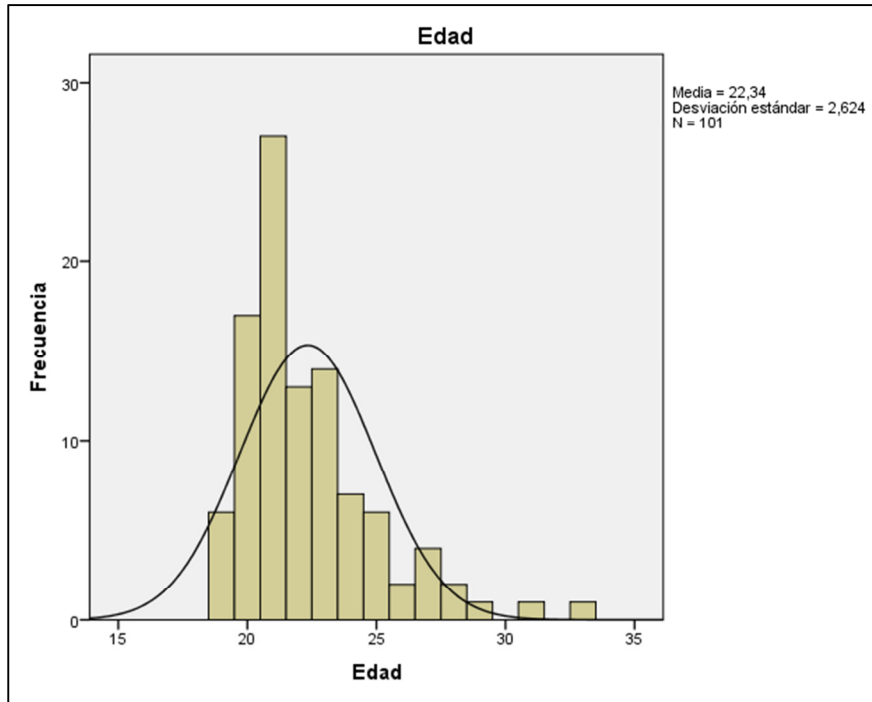
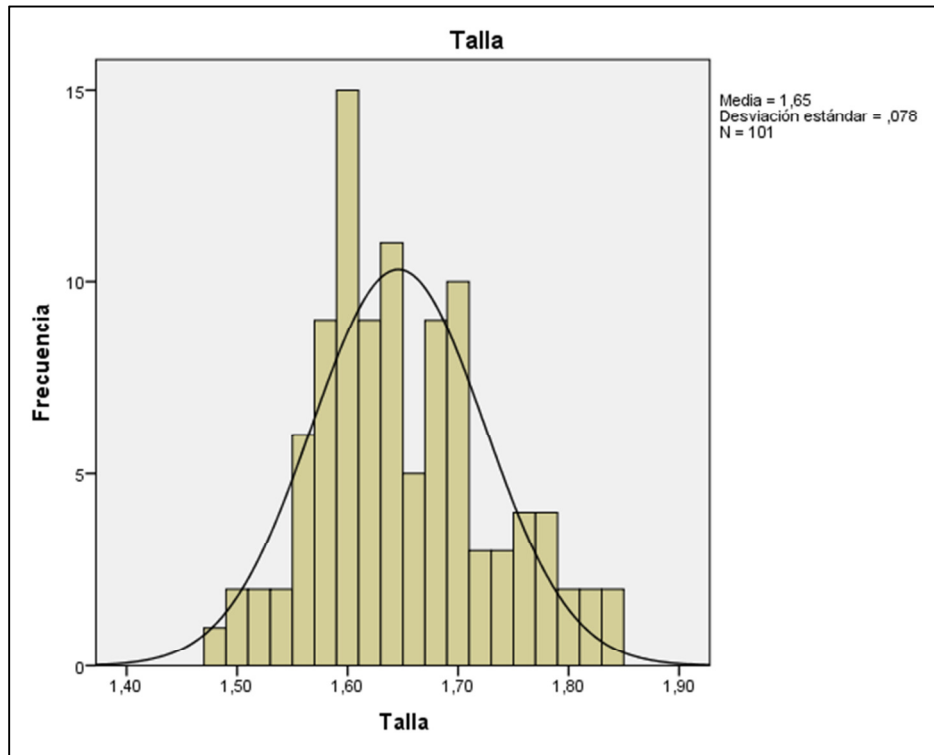
Gráfico 6: Histograma de la variable Edad**Gráfico 7:** Histograma de la variable Talla

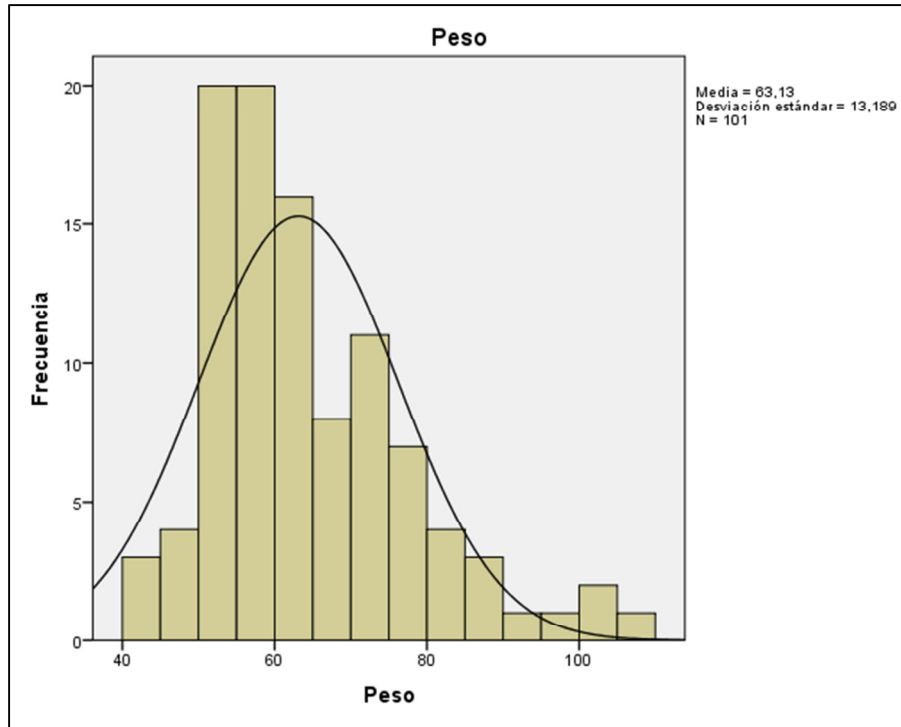
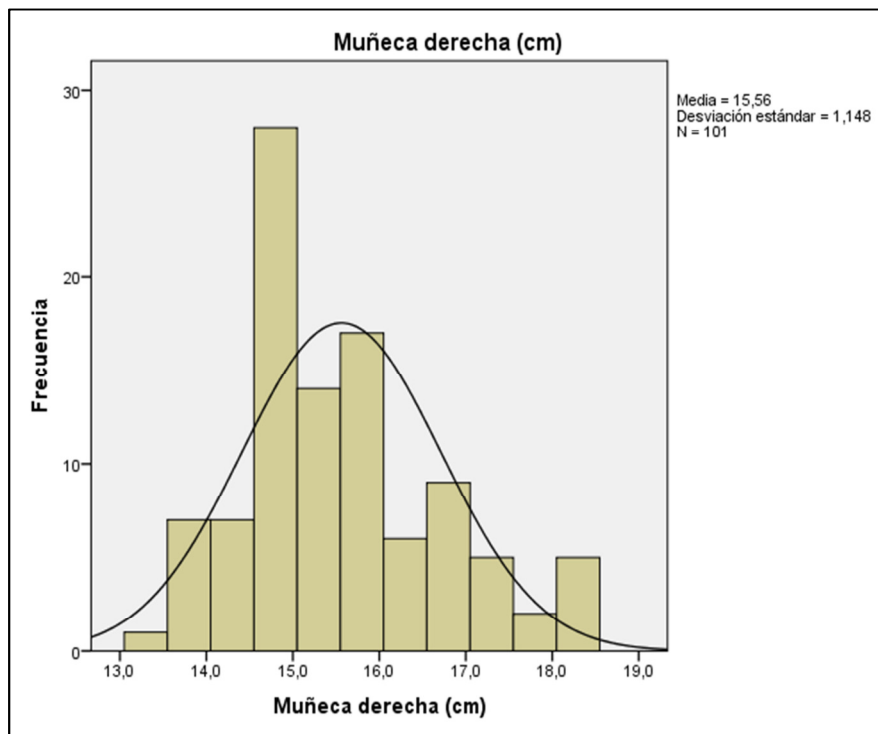
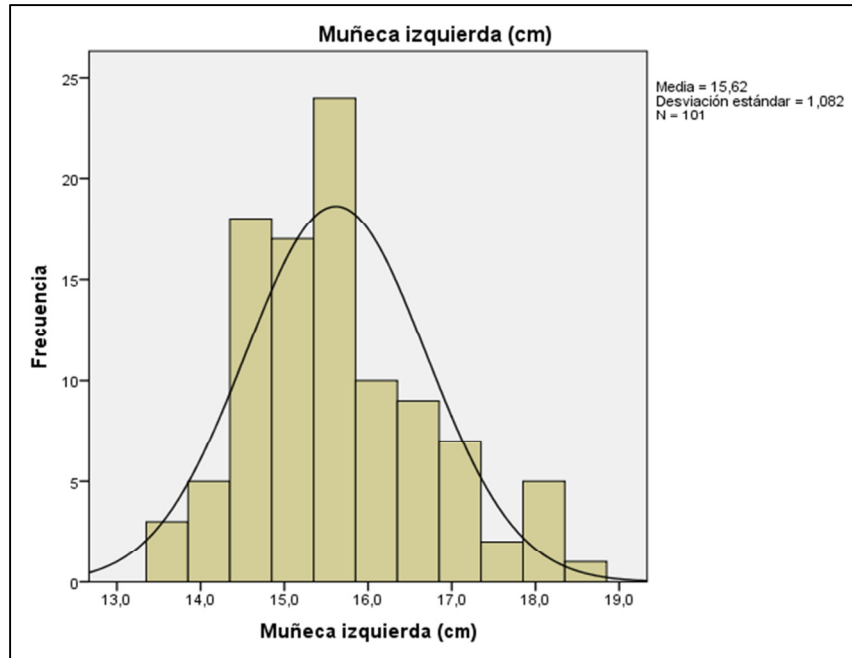
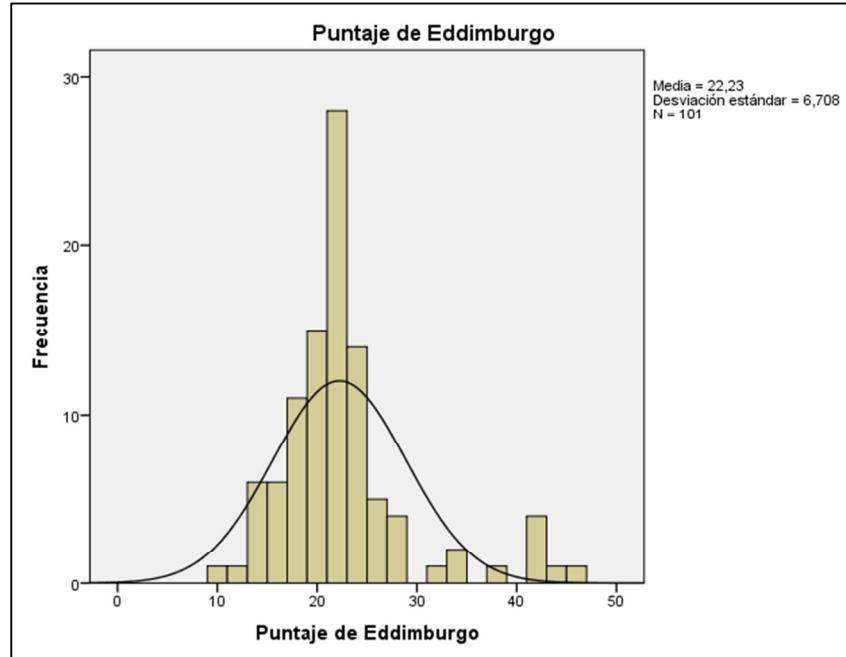
Gráfico 8: Histograma de la variable Peso**Gráfico 9:** Histograma de la variable Ancho de muñeca derecha

Gráfico 10: Histograma de la variable Ancho de muñeca izquierda**Gráfico 11:** Histograma de la variable Puntaje Edinburgh Handedness Inventory

Descripción de los puntajes de la variable en cada una de las condiciones experimentales: A continuación se presenta un análisis descriptivo de la variable dependiente (desviación del

eje central de la ruta), para cada una de las 6 condiciones experimentales, detallando estadísticos de tendencia central, de dispersión y de posición.

En la condición de baja carga de la memoria operativa y sin actividad unimanual (SM-D5), el desvío promedio en la desviación es de -3,7981 píxeles (es decir, desviados a la derecha del eje central), con una mediana de -3,2656 y una desviación estándar de 14,18443 píxeles. La desviación hacia la derecha máxima fue de -54,05 y hacia la izquierda fue de 22,10 píxeles. En la condición de alta carga de la memoria operativa y sin actividad unimanual (SM-D10), el desvío promedio aumenta a -6,9955 píxeles, con una mediana también mayor, de -5,1982 y una desviación estándar de 15,60257 píxeles. La máxima desviación hacia la derecha fue de -65,58 y hacia la izquierda fue de 38,39 píxeles.

Además, si los individuos son expuestos a una actividad de la mano derecha y una carga de la memoria operativa bajo el límite (MD-D5), el valor promedio del desvío vuelve a aumentar hacia la derecha, con un valor de -13,7568 píxeles, una mediana similar a la de la condición experimental anterior, de -11,3729 y una desviación estándar mayor que las anteriores: 21,98887 píxeles. El valor de las desviaciones hacia la derecha en esta condición experimental tuvo un *peak* de -78,88 y hacia la izquierda de 45,43 píxeles.

En la condición experimental donde la mano derecha tiene actividad y la carga de la memoria es sobre el límite (MD-D10), el desvío aumenta a -16,8719 píxeles. La mediana registrada fue de -17,6222 y la desviación estándar es mayor que la de la condición anterior: 27,49336 píxeles. La desviación hacia la máxima derecha fue de -93,23 y hacia la izquierda fue de 85,62 píxeles.

En la condición MI-D5, es decir, con actividad unimanual de la mano izquierda y baja carga de la memoria operativa el desvío promedio es de -15,7279 píxeles, con una mediana de -16,5950 y una desviación estándar de 24,19886 píxeles. El máximo desvío del eje central fue de -71,55 y hacia la izquierda fue de 86,46 píxeles.

Por último, los mayores desvíos promedios se obtienen cuando el individuo es expuesto a una actividad de la mano izquierda y una alta carga de la memoria operativa (MI-D10). El promedio fue de -20,7827, con una mediana de -18,2955 y una desviación estándar de 27,87404 píxeles. El máximo desvío del eje central, a la derecha fue de -106,98 y hacia la izquierda fue de 34,09 píxeles.

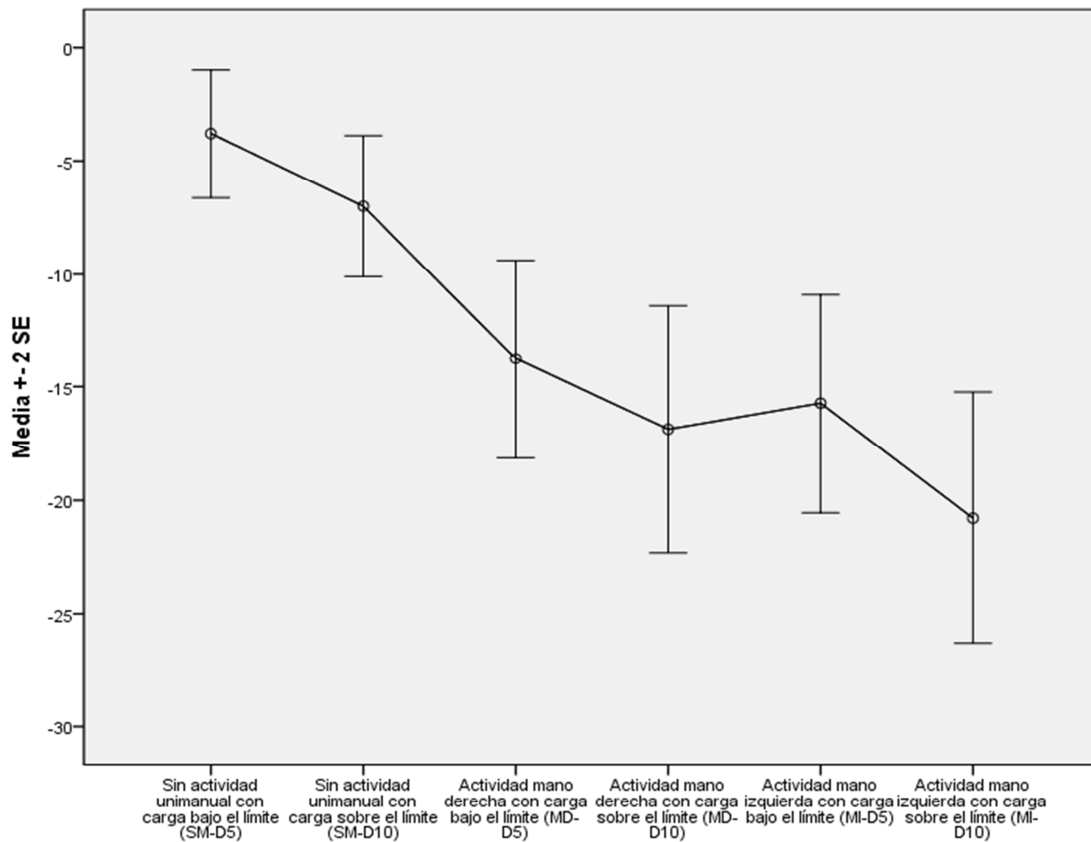
Lo descrito en los párrafos precedentes se resume detalladamente en la **Tabla10**.

Tabla 10: Resumen descriptivo para cada una de las condiciones experimentales que se indican

Estadísticos							
		Sin actividad unimanual con carga bajo el límite (SM-D5)	Sin actividad unimanual con carga sobre el límite (SM-D10)	Actividad mano derecha con carga bajo el límite (MD-D5)	Actividad mano derecha con carga sobre el límite (MD-D10)	Actividad mano izquierda con carga bajo el límite (MI-D5)	Actividad mano izquierda con carga sobre el límite (MI-D10)
N	Válidos	101	101	101	101	101	101
	Perdidos	0	0	0	0	0	0
Media		-3,7981	-6,9955	-13,7568	-16,8719	-15,7279	-20,7827
Mediana		-3,2656	-5,1982	-11,3729	-17,6222	-16,5950	-18,2955
Moda		-54,05 ^a	-65,58 ^a	-78,88 ^a	-93,23 ^a	-71,55 ^a	-106,98 ^a
Desv. típ.		14,18443	15,60257	21,98887	27,49336	24,19886	27,87404
Varianza		201,198	243,440	483,510	755,885	585,585	776,962
Asimetría		-,673	-,566	-,419	,236	,272	-,541
Error típ. de asimetría		,240	,240	,240	,240	,240	,240
Curtosis		1,111	1,604	,853	1,486	2,176	,424
Error típ. de curtosis		,476	,476	,476	,476	,476	,476
Mínimo		-54,05	-65,58	-78,88	-93,23	-71,55	-106,98
Máximo		22,10	38,39	45,43	85,62	86,46	34,09
Percentiles	25	-12,4399	-16,4391	-25,8541	-32,5095	-28,8335	-40,7178
	50	-3,2656	-5,1982	-11,3729	-17,6222	-16,5950	-18,2955
	75	6,2985	2,4548	-,7416	,7528	1,3470	-3,1558
a. Existen varias modas. Se mostrará el menor de los valores.							

Para ilustrar de mejor manera estos datos, el **Gráfico 12** muestra un diagrama comparativo de los valores promedios (representados por círculos) de la desviación de la ruta y el rango comprendido por dos veces el error estándar (representado por líneas), por sobre y por debajo de la media. En este diagrama se observa claramente las observaciones extraídas desde la Tabla 10.

Gráfico12: Diagrama de líneas de la desviación media por tratamiento, más dos veces el error estándar.



Como se puede observar en el diagrama, la desviación promedio corresponde siempre a valores negativos, es decir, hacia la derecha. También se nota que la actividad manual y la carga de la memoria operativa son variables relacionadas con estas variables, puesto que hay una tendencia de aumento de la desviación en la magnitud de la desviación, en el orden dado a la presentación de los tratamientos.

4.2.3 Testeo de supuesto del diseño experimental

El siguiente resultado se aboca a confirmar uno de los supuestos del diseño experimental: las dos situaciones del experimento, que implican tareas concurrentes, consumen los mismos recursos atencionales, y entran en competencia por dichos recursos. Las situaciones de doble tarea que mencionamos son:

- Primera tarea concurrente: retención de dígitos; segunda tarea: conducción del automóvil por el eje central de la ruta.
- Segunda tarea concurrente: ingreso de dígitos almacenados en la memoria y conducción del automóvil por el eje central de la ruta.

En condiciones de gran consumo atencional (como se espera en la situación de alta carga de la memoria operativa, es decir, con la tarea de retención de 10 dígitos y al conducir por un estrechamiento de la ruta) debería producirse el deterioro de al menos de una de las tareas, tal como consta ampliamente en la literatura (Kahneman, 1973).

Para confirmar esto, se recogió una segunda variable respuesta: la proporción de aciertos de los participantes en la tarea de memoria. Específicamente, se comparó la eficacia de los individuos en la tarea de alta carga de la memoria operativa (porcentaje de recuerdo al ingresar 10 dígitos), tanto con tarea unimanual como sin ella, con su grado de aciertos en la tarea de baja carga de la memoria operativa (5 dígitos), también en condiciones de tarea unimanual y sin ella. Es decir, se agruparon las condiciones experimentales en 4:

- Condición experimental sin actividad unimanual y con carga de memoria bajo el límite (SM-D5).
- Condición experimental con actividad unimanual (derecha o izquierda) y con carga de memoria bajo el límite (MD/MI-D5).
- Condición experimental sin actividad unimanual y con carga de memoria sobre el límite (SM-D10)
- Condición experimental con actividad unimanual (derecha o izquierda) y con carga de memoria bajo el límite (MD/MI-D10).

En primer lugar, describiremos los resultados descriptivos de las estadísticas de tendencia central, desviación y posición promedios para estos 4 grupos. Para mayor facilidad interpretativa comentaremos estos resultados como porcentajes. Posteriormente aplicaremos la Prueba T para muestras relacionadas, comparando los 4 grupos, a través de las 6 combinaciones posibles que resultan de cruzar los 4 grupos.

En la condición SM-D5, la proporción de aciertos es bastante alta: 0,8733, es decir los individuos acertaron en recordar el número de 5 dígitos en promedio en un 87,3% de las tareas, con una mediana y una moda de 90%. La desviación estándar fue de 11,6%. Es notable que el percentil 75 es de 100%, por lo que al menos el 25% de los sujetos acertó todas las tareas y que el mínimo rendimiento en la tarea fue de 50% de aciertos. El máximo fue un 100% de aciertos.

En la condición MD/MI-D5, la proporción de aciertos es también alta. El promedio de aciertos en la tarea de memoria de los participantes fue de un 79,8%, con una mediana de 80% y una moda de 90% de aciertos. La desviación estándar fue de 16,5%. Es percentil 75 es de 90%, por lo que al menos el 25% de los sujetos acertó 9 de 10 tareas. El mínimo rendimiento en la tarea fue de 30% de aciertos y el máximo fue un 100%.

Una realidad muy diferente se da en las condiciones que implicaron una tarea de memoria con carga sobre el límite de procesamiento, es decir, con un número de 10 dígitos. El porcentaje de aciertos baja dramáticamente. En la condición SM-D10, la media fue de solamente un 1,1%, con desviación estándar de 3% del total. Es muy decidor que el puntaje máximo fue de 10%, y que tanto el mínimo, el percentil 25, la mediana y el percentil 75 corresponden a 0% por lo que la gran mayoría de los sujetos no acertó casi ninguna tarea.

En la condición MD/MI-D10, la proporción de aciertos es también bajísima. El promedio de aciertos en la tarea de memoria de los participantes fue de un 1,7%, una desviación estándar de 5% y todos los cuartiles, más el mínimo fueron iguales a 0%. El porcentaje máximo fue un 30%, puntaje excepcional que explica la pequeña diferencia registrada en la media respecto a la tarea anterior.

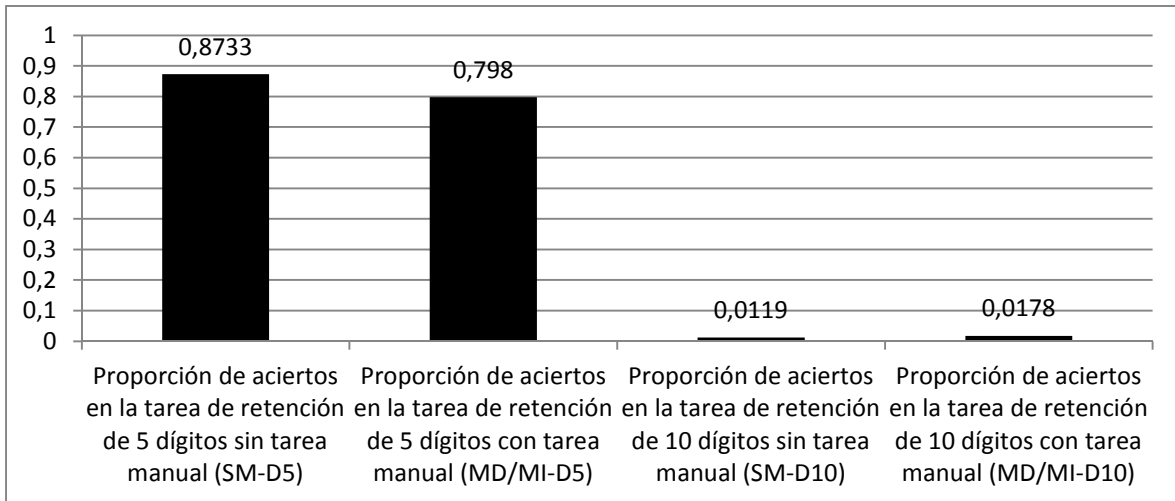
En otras palabras, el porcentaje de tareas acertadas, es decir, aquellas en las cuales los participantes del estudio recordaron el número asignado en la tarea de memoria, muestra una gran diferencia entre las condiciones experimentales que implican una tarea de 5

dígitos en comparación con una tarea de 10 dígitos, puesto que en los primeros casos los aciertos superan el 80%, mientras que en los segundos la media no llega al 2% y en su gran mayoría los sujetos respondieron equivocadamente la tarea.

Un resumen de lo expuesto se puede observar en la **Tabla 11** y en el **Gráfico 13**.

Tabla 11: Estadísticos descriptivos de los pares de los grupos de tratamientos

		Estadísticos			
		Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual
N	Válidos	101	101	101	101
	Perdidos	0	0	0	0
Media		,8733	,7980	,0119	,0178
Mediana		,9000	,8000	,0000	,0000
Moda		,90	,90	,00	,00
Desv. típ.		,11653	,16552	,03252	,05176
Asimetría		-,852	-,791	2,392	3,318
Error típ. de asimetría		,240	,240	,240	,240
Curtosis		,311	,328	3,796	11,795
Error típ. de curtosis		,476	,476	,476	,476
Mínimo		,50	,30	,00	,00
Máximo		1,00	1,00	,10	,30
Percentiles	25	,8000	,7000	,0000	,0000
	50	,9000	,8000	,0000	,0000
	75	1,0000	,9000	,0000	,0000

Gráfico 13: Proporción de aciertos en tarea de retención de dígitos por grupos de tratamientos

Para realizar la comparación de medias, más un análisis de correlación, en la proporción de aciertos en la tarea de memoria, ambos con un nivel de significancia del 5%, agrupamos de manera exhaustiva las 4 condiciones experimentales, resultando 6 parejas:

- SM-D5 versus MD/MI-D5.
- SM-D5 versus SM-D10.
- SM-D5 versus MD/MI-D10.
- MD/MI-D5 versus SM-D10.
- MD/MI-D5 versus MD/MI-D10.
- SM-D10 versus MD/MI-D10

Los resultados nos muestran que solamente hay correlación entre las condiciones experimentales que involucraron un mismo *span* de dígitos. Eso indica que los sujetos se comportaron de manera similar en las tareas de memoria de un *span* igual a 5 dígitos, mientras que lo propio ocurrió con al comparar las tareas con un *span* de 10 dígitos. Es decir, el puntaje medio de los aciertos en la tarea de memoria en SM-D5 correlaciona de manera significativa con MD/MI-D5 ($p=0,020$) y con ninguna tarea que involucre recordar 10 dígitos; mientras que el puntaje medio de los aciertos en la tarea de memoria en SM-D10 correlaciona de manera significativa con MD/MI-D10 ($p=0,021$) y con ninguna tarea que involucre recordar 5 dígitos (ver **Tabla 12**).

La Prueba T de muestras relacionadas, por otra parte arrojó interesantes resultados. Las 6 parejas resultaron con diferencias significativas en la comparación de medias (Sig.=0,000), con excepción del par entre SM-D10 y MD/MI-D10, donde el valor-p fue igual a 0,274. Es decir, casi todas las medias de los tratamientos cruzados y contrastados resultaron con medias diferentes, subrayando el hecho que la tarea con *span* de 5 y aquella con *span* de 10 dígitos tuvieron porcentajes de acierto radicalmente diferentes. Además, se puede apreciar la actividad unimanual tuvo efecto al comparar SM-D5 y SM-D10 en estas variables, de manera tal que la actividad unimanual perjudicó el rendimiento en la tarea con un número de 5 dígitos. Lo que no podemos afirmar es que la actividad unimanual perjudicó la eficacia de la tarea de 10 dígitos, pues ya sin ella resultó casi inaccesible para los sujetos experimentales. Ver las **Tablas 13 y 14** para especificar los parámetros de la Prueba T.

Tabla 12: Correlación entre los pares de grupos de tratamientos

Correlaciones de muestras relacionadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual y Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual	101	,231	,020
Par 2	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual y Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	101	-,021	,836
Par 3	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual y Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	101	-,003	,975
Par 4	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual y Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	101	,079	,434
Par 5	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual y Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	101	,039	,697
Par 6	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual y Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	101	,229	,021

Tabla 13: Medias de los pares de los grupos de tratamientos

Estadísticos de muestras relacionadas					
		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual	,8733	101	,11653	,01159
	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual	,7980	101	,16552	,01647
Par 2	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual	,8733	101	,11653	,01159
	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	,0119	101	,03252	,00324
Par 3	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual	,8733	101	,11653	,01159
	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	,0178	101	,05176	,00515
Par 4	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual	,7980	101	,16552	,01647
	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	,0119	101	,03252	,00324
Par 5	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual	,7980	101	,16552	,01647
	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	,0178	101	,05176	,00515
Par 6	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	,0119	101	,03252	,00324
	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	,0178	101	,05176	,00515

Tabla 14: Prueba T para los pares de grupos de tratamientos

Prueba de muestras relacionadas									
		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual - Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual	,07525	,17911	,01782	,03989	,11061	4,222	100	,000
Par 2	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual - Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	,86139	,12163	,01210	,83737	,88540	71,173	100	,000
Par 3	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos sin tarea manual - Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	,85545	,12765	,01270	,83025	,88065	67,348	100	,000
Par 4	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual - Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual	,78614	,16615	,01653	,75334	,81894	47,551	100	,000
Par 5	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 5 dígitos con tarea manual - Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	,78020	,17148	,01706	,74635	,81405	45,726	100	,000
Par 6	Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos sin tarea manual - Proporción de aciertos en la tarea de retención de 10 dígitos con tarea manual	-,00594	,05445	,00542	-,01669	,00481	-1,097	100	,275

4.2.4 Análisis exploratorio de la incidencia de las covariables

Para tratar las co-variables recogidas en el estudio, al menos una de las cuales es muy importante en la literatura, como es la dominancia manual (diestros y zurdos) usaremos la técnica exploratorio-descriptiva CHAID (*Chi-square Automatic Interaction Detection*). Con ello buscamos determinar si alguna de ellas resulta importante para interpretar los resultados obtenidos, de manera de incorporar al modelo y a la interpretación esta covariable, si fuera el caso.

Los árboles de decisión o clasificación son una técnica de minería de datos (*Data Mining*), un área que se enfoca en preparar y explorar datos para sacar la información oculta en ellos. Se aboca especialmente a la solución de problemas de predicción, clasificación y segmentación de datos. Las técnicas de la minería de datos tienen su origen en la Inteligencia Artificial y la Estadística. Las técnicas más representativas son: redes neuronales, regresión lineal, árboles de decisión, modelos estadísticos, agrupamiento o *clustering* y reglas de asociación.

Los árboles de clasificación se utilizan para la predicción son útiles en la exploración de grandes cantidades de datos y cuándo existe incertidumbre sobre la manera en que las variables explicativas deberían introducirse en el modelo, donde pueden revelar formas complejas en la estructuras que no se pueden detectar con métodos convencionales de regresión. Es una técnica útil en aquellas situaciones en las que el objetivo es dividir una población en distintos segmentos basándose en algún criterio de decisión. Es decir, los árboles de decisión son un conjunto de técnicas que permiten definir y validar modelos, de manera que se pueda determinar qué variables predictoras inciden o explican los cambios de una variable dependiente. Su nombre proviene de la forma que adopta el modelo, parecido a un árbol. Son técnica estadísticas explicativas de la familia de la regresión o el análisis discriminante, pero tienen la ventaja de que tanto la variable criterio como las predictoras pueden ser de cualquier tipo (cuantitativas o cualitativa) (Orallo, Quintana, & Ramírez, 2004).

Los diagramas de decisión se interpretan a partir de un "tronco de árbol" con particiones progresivas en "ramas más pequeñas". El "tronco de árbol" o "nodo raíz" está

constituido por todos los participantes en el estudio. Las variables predictoras conducen a una discriminación estadísticamente significativa, el "más significativo" define la primera partición de la muestra, o la primera ramificación del árbol, resultando ser el mejor predictor, entonces cada uno de los nuevos grupos formados, son particionados por otra de las variables predictoras, y así sucesivamente. El resultado al final del proceso es un árbol que presenta una serie de grupos con diferencias máximas sobre la variable dependiente.

La técnica CHAID fue propuesta por Kass (1980), CHAID es capaz de combinar a través de un conjunto de variables independientes y sucesivamente particionando los datos en subgrupos de tal forma de mejorar la predicción o clasificación de una variable objetivo (respuesta). Ésta es una técnica valiosa cuando deseamos construir modelos con gran cantidad de variables independientes o con poca teoría previa que sirva de guía. Cuando se tiene éxito, el árbol que resulta indica qué variables independientes están relacionadas con mayor fuerza con la variable de respuesta. Utiliza la prueba chi-cuadrada de independencia en diferentes fases del proceso. CHAID, es una técnica para variables nominales, ordinales, categóricas, discretas y continuas. Divide a la población en dos o más grupos distintos basados en categorías del mejor predictor de una variable dependiente. Luego divide cada uno de estos grupos más pequeños basados en variables de otros predictores. CHAID fusiona las categorías de una variable predictora cuando no son significativamente diferentes. Este procedimiento de fusión combinado con el algoritmo de división, asegura que los casos en el mismo segmento sean homogéneos con respecto al criterio de segmentación, mientras que los casos en diferentes segmentos tienden a ser heterogéneos.

CHAID, solamente para las predicciones con valores estadísticamente significativos, divide el grupo en la predicción que tenga el valor-p más bajo. Cada una de las categorías fusionadas de la predicción se convierte en un nuevo subgrupo del grupo principal. Si ninguna predicción tiene un valor-p significativo, no divide el grupo. El análisis se detiene cuando haya analizado todos los subgrupos. Es decir, en cada etapa del análisis, CHAID divide al árbol con la variable independiente que tenga el valor de probabilidad más bajo, siempre y cuando el valor-p sea menor que el valor de significancia (0,05 es el valor por omisión). El valor de significancia representa la probabilidad observada entre el predictor y la variable dependiente que se presentaría si fueran

estadísticamente independientes. Por ejemplo, un valor $p=0.05$, significa que la relación observada entre el predictor y la variable dependiente se presentaría solamente 5% del tiempo, si las variables fueran independientes. Para cualquier predicción, CHAID computa un valor de significancia sin ajustar y un valor ajustado de Bonferroni.

La técnica CHAID, la usaremos en el presente estudio, en base a pruebas de significación ajustada (pruebas de Bonferroni) y con un intervalo de confianza del 95% ($p<0,05$). Como variable de clasificación (respuesta) se considerara a la desviación del eje central de la ruta, tomando al grupal total para cada una de las condiciones experimentales en las cuales fueron expuestos los alumnos y como variables independientes se consideran las covariables medidas en este estudio (edad, género, carrera, dominancia manual, peso, talla, experiencia en conducción y videojuegos, ancho de muñeca derecha e izquierda, puntaje en EHI).

Cuando los individuos son expuestos a la condición sin actividad unimanual con carga bajo el límite (SM-DS) de todas las covariables consideradas, sólo la “conducción” y el “género” influyen en la desviación. Si no consideran las covariables, el valor promedio es de -3,798 el cual llega a un valor de -5,101 (o sea, aumenta la desviación) si el alumno no ha conducido alguna vez ($n=83$) y aumenta a 2,211 si ha conducido ($n=18$). Es decir, existe una diferencia significativa en la desviación promedio de los alumnos que han conducido en comparación a los que no han conducido nunca ($F=4,051$; $\text{valor-}p=0,047$). Además, si se consideran sólo los alumnos que han conducido alguna vez, existe una diferencia significativa ($F=14,670$; $\text{valor-}p=0,001$), en la desviación promedio de los hombres ($n=7$) en comparación a las mujeres ($n=11$), de manera tal que las mujeres mantienen desviaciones negativas, o sea, a la derecha (-4364), mientras que los varones tienen en promedio desviaciones a la izquierda (12,544). Es importante considerar que mientras más particiones tienen un árbol de decisión, menos sujetos son los agrupados y, por ende, siendo la muestra es más pequeña, pudiera ser menos representativa (Ver **Figura 16**).

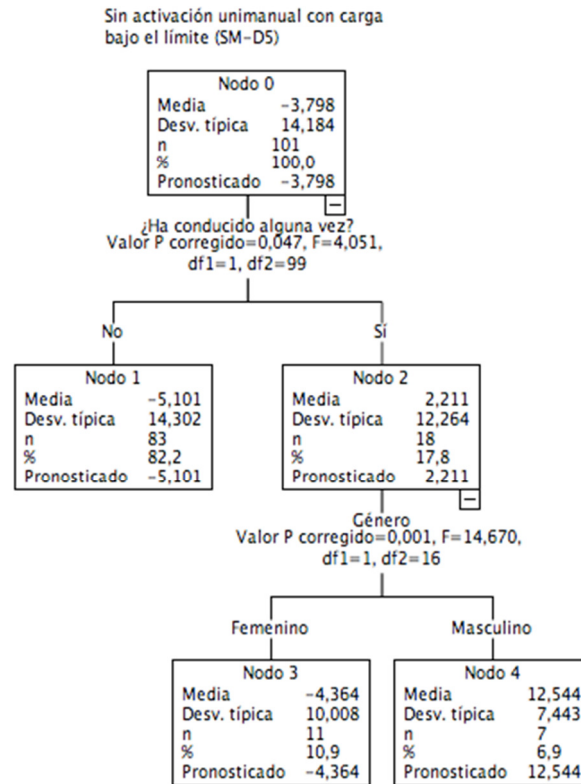


Figura 16: Árbol de clasificación para la condición sin actividad unimanual con carga bajo el límite (SM-D5).

Para la condición sin actividad unimanual con carga sobre el límite (SM-D10), el árbol de clasificación muestra que de todas las covariables consideradas, sólo la “talla” y la “experiencia en conducción” influyen en la desviación. Aquellas personas de la muestra con talla sobre 1,59 metros ($n=73$) difieren significativamente ($F=9,882$; $\text{valor-p}=0,002$) de los de talla inferior o igual a ese valor ($n=28$), con respecto a la variable de interés. Si el alumno tiene una talla inferior a 1,59 metros, su desviación se eleva a -14,548, mientras el grupo sobre esa talla promedia solamente -4,099. Si tomamos solamente a esta última agrupación de sujetos, existirían diferencias significativas, igualmente, dependiendo si ha conducido o no, alguna vez ($F=5,630$; $\text{valor-p}=0,020$), de manera que los que no han conducido ($n=59$) mantienen una desviación a la derecha de -5,957, mientras que los que sí tienen experiencia en conducción ($n=14$) tienen una media de la desviación de 3,734, es decir, a la izquierda. El Árbol de clasificación se ve en la **Figura 17**.

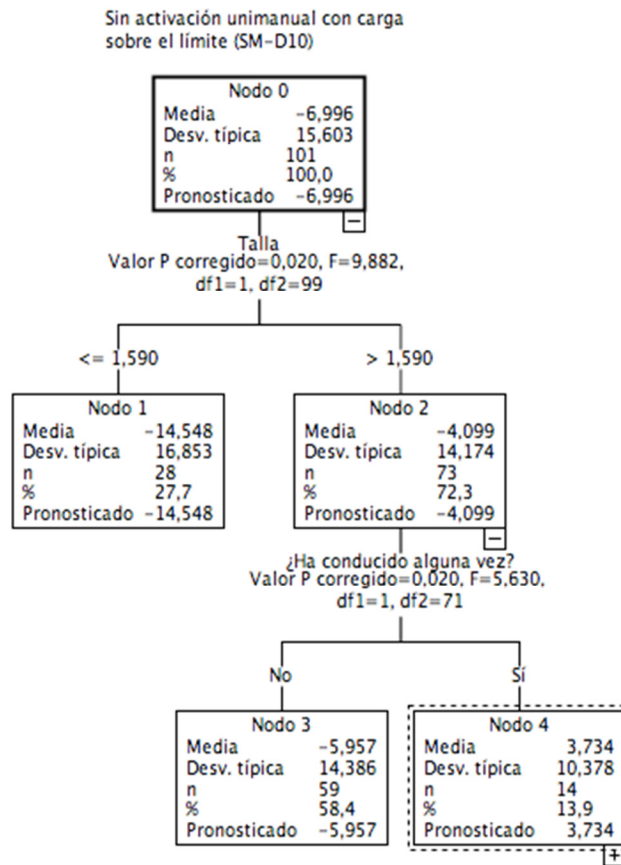


Figura 17: Árbol de clasificación para la condición sin actividad unimanual con carga sobre el límite (SM-D10).

Para el caso de los alumnos expuestos a la condición con actividad mano derecha con carga bajo el límite (MD-D5), no se identifican variables que influyan significativamente, aunque entre todas las covariables, las que tienen una mayor asociación son nuevamente dos ya mencionadas: “experiencia en conducción” y “peso”.

Para la condición experimental MD-D10, es decir, actividad unimanual de mano derecha y carga sobre la memoria operativa, solo una covariable incide en la desviación, la “experiencia en conducción”. Los sujetos experimentales que declaran tener experiencia en conducción de automóviles (n=18), difieren significativamente (F=11,708; valor-p=0,001) de los alumnos que declaran no haber conducido nunca (n=83). Los primeros muestran una desviación claramente sesgada hacia la derecha, con -21,015, mientras los segundos se acercan al centro, con 2,232. El detalle del Árbol de decisión se grafican en la **Figura 18**.

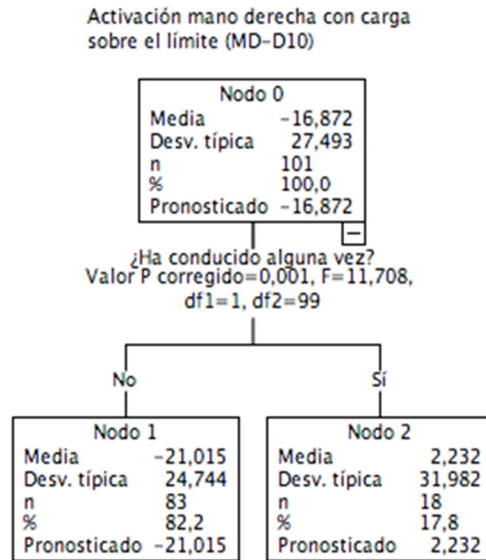


Figura 18: Árbol de clasificación para la condición con actividad mano derecha con carga sobre el límite (MD-D10).

Con respecto a las condiciones actividad unimanual de mano izquierda y con carga bajo el límite (MI-D5) y actividad unimanual con mano izquierda y con carga sobre el límite (MI-D10), no se identificaron variables que los influyan significativamente.

4.2.5 Comparación de medias de las condiciones experimentales, respecto del valor de la trayectoria sin desviación

A continuación, analizaremos si, en los diferentes tratamientos diseñados, existe una desviación significativa de la respuesta esperada si no existiera sesgo, es decir, el valor sin desvío alguno, es decir, cero (0). Asumimos lo siguiente: si no existiera un sesgo atencional visoespacial, la elección del punto central de la ruta sería acertada o se le acercaría, es decir, los puntajes de la variable dependiente tenderían a cero, sin inclinarse ni a derecha (valores negativos) ni a izquierda (valores positivos). En un gran número de observaciones como éste, las eventuales observaciones debidas a factores aleatorias debieran anularse entre sí, y la media debiera, teóricamente no ser objeto de grandes valores de desviación. Pensamos que esto no se cumplirá, y para testear esa idea (y por ende,

conformar el fenómeno de desviaciones del eje central debidas a la pseudonegligencia y su sesgo atencional) realizaremos una Prueba T para una muestra, con cada una de las condiciones experimentales, contrastándolas con el valor esperado si la muestra estuviera libre de sesgo (valor de prueba=0). Para efectos de la toma de decisiones, se usará un nivel de significancia del 5%. Este análisis nos permitirá responder la primera de las hipótesis de este estudio.

En la **Tabla 15** se resumen los resultados de este análisis. Para el tratamiento sin activación unimanual y carga bajo el límite (SM-D5), se puede afirmar que hay una diferencia de medias con el valor de prueba, puesto que el valor-p es menor que el nivel de significancia establecido (Sig.=0,008). Es decir, el promedio -3,79811 es significativamente diferente (en este caso inferior, es decir, desviado a la derecha) que el valor teórico esperado cero (0).

Lo propio ocurre con la condición sin activación unimanual y carga sobre el límite (SM-D10), pero con un valor-p mínimo (Sig.=0,000). Su media de -6,99551 está significativamente desviada a la derecha, y es una tendencia que no es simple fruto del azar.

Para la condición experimental de activación unimanual de mano derecha y carga bajo el límite (MD-D5), la media es más elevada (-13,75680) y resulta igualmente significativa su diferencia con el valor de prueba (Sig.=0,000).

El mismo valor-p se obtiene al comparar la media del tratamiento “Actividad mano derecha con carga sobre el límite” (MD-D10). La media de -16,87191 está muy desviada a la derecha, y resulta una clara muestra del sesgo investigado.

Algo similar puede decirse de la condición experimental “Actividad mano izquierda con carga bajo el límite” (MI-D5), que tiene una media levemente inferior al valor anterior (-15,72789), pero de igual significancia (p=0,000).

Finalmente el tratamiento MI-D10, es decir, aquel en el cual los participantes se les asignó una tarea de memoria con carga sobre el límite, con actividad unimanual de mano izquierda, mostró la media más desviada del eje central (p=-20,78273) y la diferencia de medias fue claramente significativa respecto de valor de prueba (Sig.=0,000).

Tabla 15: Comparación de medias de las condiciones experimentales respecto del valor sin desviación

Prueba para una muestra						
	Valor de prueba = 0					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Inferior	Superior
Sin actividad unimanual con carga bajo el límite (SM-D5)	-2,691	100	,008	-3,79811	-6,5983	-,9979
Sin actividad unimanual con carga sobre el límite (SM-D10)	-4,506	100	,000	-6,99551	-10,0757	-3,9154
Actividad mano derecha con carga bajo el límite (MD-D5)	-6,287	100	,000	-13,75680	-18,0977	-9,4159
Actividad mano derecha con carga sobre el límite (MD-D10)	-6,167	100	,000	-16,87191	-22,2994	-11,4444
Actividad mano izquierda con carga bajo el límite (MI-D5)	-6,532	100	,000	-15,72789	-20,5050	-10,9507
Actividad mano izquierda con carga sobre el límite (MI-D10)	-7,493	100	,000	-20,78273	-26,2854	-15,2800

4.2.6 Análisis de varianza con dos factores ambos con medidas repetidas

El plan de tratamiento de los datos supone, a continuación, realizar un análisis factorial de la varianza. En el análisis factorial de la varianza, dos o más variables independientes (o factores) varían de manera independiente o interactúan entre sí para generar una variación en una variable dependiente (o respuesta). Es decir, es el método estadístico que analiza los efectos independientes e interactivos de dos o más variables independientes sobre una variable dependiente (Kerlinger et al., 2002).

Una de las mayores utilidades de este tipo de análisis es que se pueden observar los efectos simultáneos de dos o más variables, y, por ende, no limitarse a estudiar las simples diferencias de dos grupos con diferentes condiciones experimentales (o tratamientos). Con un análisis de este tipo, podemos clarificar el “efecto diferencial” de las variables, lo cual es especialmente útil cuando se dispone de variables con más de dos niveles (o valores). Por interacción se entiende la acción conjunta de dos variables independientes en su influencia sobre una variable dependiente. Siendo más precisos, interacción significa que la influencia de un factor sobre la variable respuesta depende del nivel del otro factor. Es decir, la interacción ocurre cuando una variable independiente tiene diferentes efectos sobre la variable dependiente, en función de los distintos niveles de otra variable independiente. Este tipo de efectos no presupone, ni anula los “efectos principales” de las variables por separado. Cuando se trata de dos factores, se habla de una “interacción de primer orden” (Kerlinger et al., 2002).

De esta manera, los escenarios posibles en análisis factorial de la varianza para dos factores son de cuatro tipos:

- a) Efecto principal para una variable independiente y ningún efecto por interacción.
- b) Efecto principal para ambas variables independientes y ningún efecto por interacción.
- c) Efecto diferencial o por interacción "ordinal" (es decir, la influencia de un factor es significativo en sólo uno de los niveles del segundo factor).

- d) Efecto diferencial o por interacción “disordinal” o cruzado (es decir, la influencia del primer factor es significativo sólo en uno de los niveles del segundo factor; y el otro nivel del primer factor es significativo para el segundo nivel del segundo factor).

En el caso del presente estudio, por tratarse de un estudio experimental factorial, con dos variables independientes (con tres y dos niveles, respectivamente), con características de tareas concurrentes, se adapta plenamente a los propósitos de este tipo de análisis. Así, lo que se intentó analizar fue tanto el “efecto principal” de la actividad unimanual y de la carga de la memoria operativa, sobre la lateralización de desviaciones, como el “efecto diferencial” de ambos factores en la respuesta. Por lo tanto, y tal como dijimos anteriormente, para los análisis de la presente investigación, para evaluar el efecto de cada uno de los factores y el efecto conjunto, se utilizarán varios estadísticos para poner a prueba la hipótesis nula referida al efecto de los factores: traza de Pillai, lambda de Wilks, traza de Hotelling y raíz mayor de Roy. Para una descripción de estos estadísticos puede consultarse Bock (1975) o Tabachnik y Fidell (1983). En los modelos de medidas repetidas es necesario suponer que las varianzas de las diferencias entre cada nivel del factor son iguales. En el modelo, suponemos que las varianzas de las posibles combinaciones de variables son iguales. Este supuesto equivale a afirmar que la matriz de varianzas-covarianzas es circular o esférica. Para una aclaración de este supuesto, ver Kirk (1982) o Winer, Brown y Michels (1991). Para utilizar este contraste se utilizará la prueba de esfericidad de Mauchly (1940). Adicionalmente, se realizarán los gráficos de perfil y contrastes polinomiales, sugeridos para mayor claridad explicativa (Departamento Sociología Universidad Católica del Maule, s/f).

A continuación se presentan cuatro estadísticos multivariados para poner a prueba cuatro de las cinco hipótesis nulas de este diseño (efecto del factor “actividad unimanual”, efecto del factor “carga de la memoria operativa” y efecto de la interacción de estos dos factores). En todos estos análisis, el intervalo de confianza utilizado será el 95%, por ende,

el nivel de significancia será fijado en $p < 0,05$. Este análisis nos permitirá responder la segunda, tercera y cuarta hipótesis de este estudio.

En primer lugar, el efecto del factor “actividad unimanual” fue analizado usando los cuatro estadísticos multivariados ya mencionados, arrojando éstos un valor-p significativo (Sig.=0,000). Por ende, se puede rechazar la hipótesis nula de igualdad de medias referida a ese factor y concluir que la “desviación” no es la misma en los tres niveles considerados (sin actividad unimanual, con actividad mano derecha y con actividad mano izquierda). Por lo tanto, la variable independiente “actividad unimanual” tiene efectos, estadísticamente significativos, en la variable dependiente “desviación del eje central”. Lo que falta por determinar es en qué sentido esos niveles de la variable son distintos entre sí.

En segundo lugar, el efecto del factor “carga de la memoria operativa” fue testeado, contrastando la hipótesis nula de la igualdad de medias en los valores de la variable respuesta obtenida en el diseño. Los resultados muestra un valor $p = 0,017$, lo que nos permite rechazar la hipótesis y concluir que la “direccionalidad” no es la misma en los dos niveles considerados (bajo el límite de carga y sobre el límite de carga). Por lo tanto, la variable independiente “carga de la memoria operativa” tiene un efecto significativo en la variable dependiente “desviación”. Al mirar las medias, sabemos que una alta carga de la memoria operativa afecta el sesgo de manera significativa, en comparación a las condiciones de carga bajo el límite.

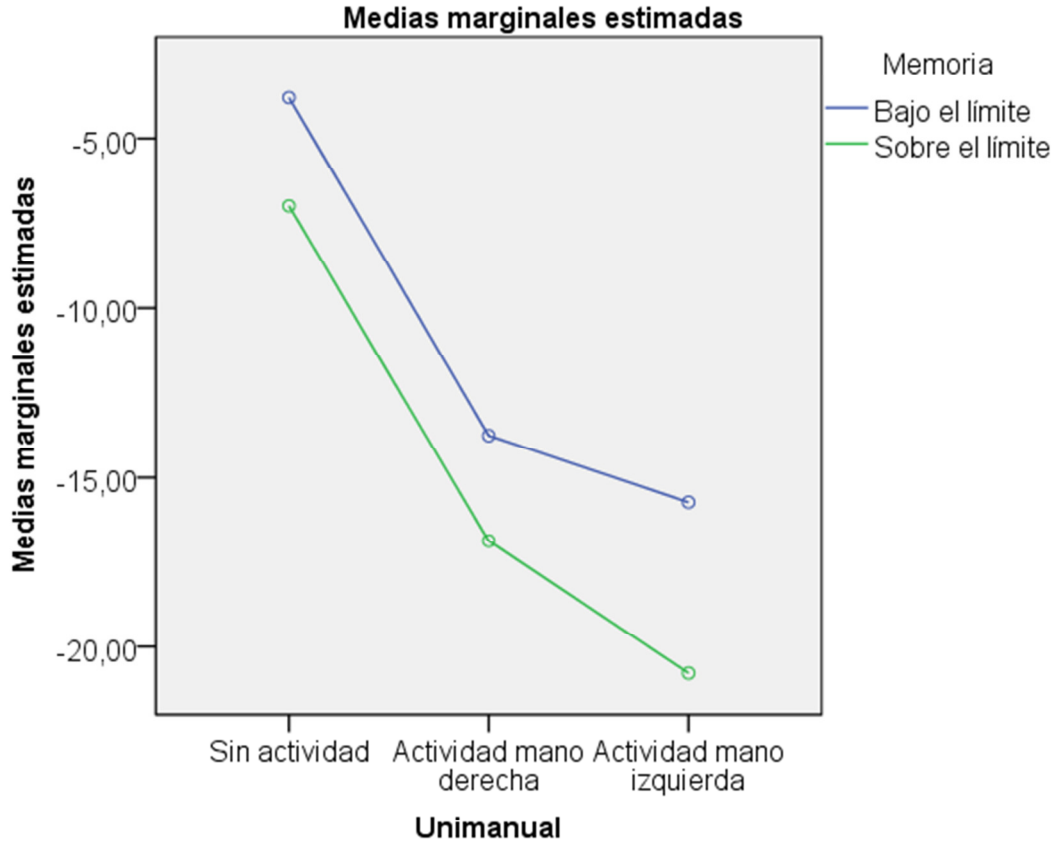
En tercer y último lugar, se examinó el efecto de la interacción de las dos variables independientes, “actividad unimanual” y “carga de la memoria operativa”, en la variable dependiente. Dado el valor-p no es menor a 0,05 (Sig.=0,826), no podemos rechazar la hipótesis nula de la igualdad de medias, y debemos concluir que no se ha comprobado que no existe un efecto significativo de la interacción de ambos factores.

Para un resumen y detalle de estos resultados, revisar la **Tabla 16**.

Tabla 16: Resultados de los contrastes multivariados para evaluar el efecto individual y de interacción de los factores.

Pruebas multivariante ^a						
Efecto		Valor	F	Gl de hipótesis	gl de error	Sig.
Unimanual	Traza de Pillai	.338	25.315 ^b	2.000	99.000	.000
	Lambda de Wilks	.662	25.315 ^b	2.000	99.000	.000
	Traza de Hotelling	.511	25.315 ^b	2.000	99.000	.000
	Raíz mayor de Roy	.511	25.315 ^b	2.000	99.000	.000
Memoria	Traza de Pillai	.056	5.915 ^b	1.000	100.000	.017
	Lambda de Wilks	.944	5.915 ^b	1.000	100.000	.017
	Traza de Hotelling	.059	5.915 ^b	1.000	100.000	.017
	Raíz mayor de Roy	.059	5.915 ^b	1.000	100.000	.017
Unimanual * Memoria	Traza de Pillai	.004	.192 ^b	2.000	99.000	.826
	Lambda de Wilks	.996	.192 ^b	2.000	99.000	.826
	Traza de Hotelling	.004	.192 ^b	2.000	99.000	.826
	Raíz mayor de Roy	.004	.192 ^b	2.000	99.000	.826
a. Diseño : Interceptación						
Diseño dentro de sujetos: Unimanual + Memoria + Unimanual * Memoria						
b. Estadístico exacto						

Lo desplegado en la Tabla 16 se puede visualizar en un Gráfico de perfil, que se presenta en el **Gráfico 14**. Se destaca en el gráfico de perfil que ambas líneas (que representan a los factores) poseen una pendiente, lo que indica una relación entre las variables independientes con la dependiente, lo que ya ha quedado demostrado con los estadísticos multivariados. Sin embargo, el gráfico además nos muestra que las líneas no se entrecruzan y por tanto se puede visualizar que no existe un efecto interactivo de ambas variables, pues en ese caso las líneas se cruzarían, mientras que en el gráfico están separadas.

Gráfico14: Gráfico de perfil para los factores actividad unimanual y carga de la memoria

Para complementar los análisis precedentes, debe probarse que se cumplen sus supuestos. En los modelos de medidas repetidas es necesario suponer que las varianzas de las diferencias entre cada par de niveles del factor de medidas repetidas sean iguales. Este supuesto equivale a afirmar que la matriz de varianzas y covarianzas es “circular o esférica”. Para contrastar esta hipótesis, se utiliza la “prueba de esfericidad de Mauchly”, que se presenta en la **Tabla 17**. Puesto que, el valor-p (Sig.=0,092) asociado con el estadístico W de Mauchly para el factor “Actividad unimanual” es superior a 0,05, entonces no podemos rechazar (con un intervalo de confianza del 95%) la hipótesis de esfericidad. La significación referida al factor “Carga de la memoria operativa” no aparece porque con dos niveles no tiene sentido hablar de esfericidad. En el caso de la interacción solo se cumpliría el supuesto de esfericidad si se asume un nivel de significación igual a 0,01.

Tabla 17: Resultados de la prueba de esfericidad de W de Mauchly.

Prueba de esfericidad de Mauchly ^a							
Medida: MEASURE_1							
Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon ^b		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Unimanual	.953	4.762	2	.092	.955	.973	.500
Memoria	1.000	.000	0	.	1.000	1.000	1.000
Unimanual * Memoria	.932	6.961	2	.031	.936	.954	.500
Prueba la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.							
a. Diseño : Interceptación Diseño dentro de sujetos: Unimanual + Memoria + Unimanual * Memoria							
b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos dentro de sujetos.							

Como en los puntos anteriores se ha concluido que existe un efecto significativo atribuible a cada uno de los factores por separado y no existe un efecto significativo atribuible a la interacción de los factores, se procederá a realizar las comparaciones múltiples. A continuación se presentan las comparaciones múltiples para el factor “Actividad unimanual” y “Carga de la memoria operativa”.

La carga de memoria operativa tiene solo dos niveles y ya se concluyó que la direccionalidad media difiere significativamente entre ellos dos (carga baja y alta de la memoria operativa). Se consideró que el valor promedio del desvío, cuando los sujetos son tratados con una carga de memoria baja es de -11,094, y cuando es alta aumenta la desviación hacia la derecha hasta -14,883. La comparación de medias arroja una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,017$) para la diferencia de medias. Para mayor detalle ver **Tabla 18 y la 19**.

Tabla 18: Medias de los niveles de la variable “Carga de la memoria operativa”.

Estimaciones				
Medida: MEASURE_1				
Memoria	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	-11.094	1.562	-14.193	-7.996
2	-14.883	1.821	-18.496	-11.271

Tabla 19: Resultados de las comparaciones múltiples para el factor “Carga de la memoria operativa”.

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
(I) Memoria a	(J) Memoria a	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	3.789 [*]	1.558	.017	.698	6.880
2	1	-3.789 [*]	1.558	.017	-6.880	-.698
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel						
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

Las **Tablas 20 y 21**, en tanto muestran las comparaciones por pares entre los niveles del factor “Actividad unimanual”. El resultado de las comparaciones indica que la desviación media en el nivel 1 (sin actividad unimanual) es significativamente menor (valor-p = < 0,05) que en el resto de niveles (-5,397). Por otra parte, la desviación media en el nivel “actividad unimanual de mano derecha” (media de -15,314), no difiere significativamente (valor p=0,467) del nivel “actividad mano izquierda” (con una media de -18,255). Los intervalos de confianza permiten llegar a la misma conclusión.

Tabla 20: Medias de los niveles de la variable “Actividad unimanual”.

Estimaciones				
Medida: MEASURE_1				
Unimanual	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	-5.397	1.306	-7.988	-2.806
2	-15.314	2.034	-19.349	-11.280
3	-18.255	2.186	-22.591	-13.919

Tabla 21: Resultados de las comparaciones múltiples para el factor “Actividad unimanual”.

Comparaciones por parejas						
Medida: MEASURE_1						
(I) Unimanua 1	(J) Unimanual	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. ^b	95% de intervalo de confianza para diferencia ^b	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	9.918 [*]	1.726	.000	5.714	14.121
	3	12.859 [*]	2.051	.000	7.865	17.852
2	1	-9.918 [*]	1.726	.000	-14.121	-5.714
	3	2.941	2.056	.467	-2.066	7.948
3	1	-12.859 [*]	2.051	.000	-17.852	-7.865
	2	-2.941	2.056	.467	-7.948	2.066
Se basa en medias marginales estimadas						
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel						
b. Ajuste para varias comparaciones: Bonferroni.						

4.3 Contraste de hipótesis

A continuación resumiremos los resultados obtenidos en relación a las hipótesis planteadas al inicio de la investigación, explicitando si estas conjeturas fueron confirmadas o no:

- H_1 : En una tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, los individuos se desviarán del centro, de manera significativa, hacia la derecha.
- H_{01} : En una tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, los individuos no se desviarán del centro, de manera significativa, hacia la derecha.
- Resultado: La hipótesis H_1 resulta confirmada.

- H_2 : Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas se acentuarán al usar la mano izquierda en la tarea de ingresar dígitos.
- H_{02} : Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas no se acentuarán al usar la mano izquierda en la tarea de ingresar dígitos.
- Resultado: La hipótesis H_2 resulta confirmada.

- H₃: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas disminuirán al usar la mano derecha en la tarea de ingresar dígitos.
- H₀₃: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la actividad unimanual, de manera que éstas no disminuirán al usar la mano derecha en la tarea de ingresar dígitos.
- Resultado: La hipótesis H₃ no resulta confirmada.

- H₄: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la carga de la memoria operativa, de manera que éstas aumentarán significativamente al realizar concurrentemente una tarea de memoria operativa con alta carga o *span*.
- H₀₄: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la carga de la memoria operativa, de manera que éstas no aumentarán significativamente al realizar una tarea con alta carga o *span* de memoria.
- Resultado: La hipótesis H₄ resulta confirmada

- H₅: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, están moduladas por la interacción de las variables “actividad unimanual” y “carga de la memoria operativa”, de manera que éstas aumentarán con la interacción de ambas variables.
- H₀₅: Las desviaciones hacia la derecha en la tarea de seguimiento de ruta, a través de un videojuego de conducción de automóviles, no están moduladas por la interacción de las variables “actividad unimanual” y “carga de la memoria operativa”, de manera que éstas no aumentarán con la interacción de ambas variables.
- Resultado: La hipótesis H₅ no resulta confirmada

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1 Conclusiones

La presente investigación pretendió determinar si la pseudonegligencia, un sesgo de la atencional visoespacial, se expresaba en una tarea de seguimiento de ruta y, además, determinar cuáles son los factores moduladores de este sesgo. Nos interesaban dos variables en particular: la actividad unimanual y la carga de la memoria operativa, puesto que eran factores que podían activar los hemisferios cerebrales y aumentar las demandas de capacidad de las redes atencionales involucradas. Se buscaba, además, saber si la hipótesis de Activación-Orientación explicaba y predecía los resultados que surgirían de manipular experimentalmente las variables anteriormente nombradas.

Los resultados arrojan una conclusión muy clara: tal como lo plantea nuestra primera hipótesis, la pseudonegligencia se expresa en una tarea de conducción de automóviles, por medio de un videojuego, es decir, de seguimiento de ruta, confirmando los hallazgos de investigaciones previas sobre tareas de navegación, en general (Fujikake et al., 2011; M. E. R. Nicholls et al., 2010; M. E. R. Nicholls, Loetscher, & Rademacher, 2010; M. E. R. Nicholls et al., 2007; M. E. R. Nicholls et al., 2008) y actividades de seguimiento de ruta, en particular (Thomas et al., 2009). El sesgo se apreció claramente (la media total de todas las trayectorias fue de un decidor -12,988, o sea, casi 13 píxeles), puesto que en las seis condiciones experimentales las medias de las trayectorias de los sujetos fueron significativamente diferentes de la hipotética trayectoria libre de sesgo (valor 0, es decir, el transitar por el centro de la ruta). La desviación media representa el 4,33% de desvío respecto del ancho total del estrechamiento de la ruta (300 píxeles), por donde transitaban los participantes del experimento, lo que es concordante con lo señalado en la literatura. Era de esperar que, si el sesgo no existiera, y la varianza fuera debida al error aleatorio y no al sistemático, las medias de las rutas tendieran a cero, especialmente considerando la gran cantidad de mediciones tomadas. En otras palabras, si la tendencia de la atención visoespacial no existiera, las desviaciones a la derecha y a la izquierda debieron haber sido similares. Esto es especialmente interesante, considerando que la mayor parte de las

investigaciones se han centrado en tareas perceptuales simples (bisección de líneas, escalas de gris, etc.), representaciones (números, recuerdos), tareas usando claves, entre otras, y mucho menos en actividades en las cuales están implicadas variables cinéticas.

En segundo lugar, los resultados permitieron confirmar solamente una conjetura relacionada con la actividad unimanual, pero no así la otra. Según la hipótesis de Activación-Orientación, la actividad unimanual izquierda acentuaría el sesgo. Esa predicción –la segunda conjetura de la investigación– se cumplió a cabalidad, puesto que la media de los trayectos se apartó, de manera estadísticamente significativa, del centro de la ruta (0). De hecho, la media de los trayectos en que los sujetos tuvieron actividad unimanual siniestra fue de -18,255 píxeles, lo que representa un desvío del 6,08% respecto del ancho total del estrechamiento de la ruta. Asimismo, se comprobó que la media de las trayectorias que consideran este factor (uso de mano izquierda), es significativamente mayor que el promedio de los trayectos sin actividad unimanual alguna. Es decir, realizar actividad con la mano izquierda acentuó el sesgo a la derecha que se pudo comprobar en los trayectos sin actividad unimanual. Este resultado es concordante con las investigaciones previas (McCourt et al., 2001; McCourt et al., 2008) y es una evidencia que respalda el modelo de la lateralización de la atención visoespacial y el modelo de Kinsbourne (1993).

Sin embargo, y en tercer lugar, los resultados no permitieron confirmar la otra hipótesis relacionada con la actividad unimanual y, aún más, la contradicen. Según nuestra tercera hipótesis, la actividad unimanual derecha contrarrestaría el sesgo, puesto que activaría diferencialmente el hemisferio izquierdo, lo que implicaría un factor que equilibraría la tendencia normal de prestar más atención al hemicampo izquierdo. De hecho, la media de los trayectos se apartó, de manera estadísticamente significativa, del centro de la ruta (0) de manera inesperada. La media de los trayectos en que los sujetos tuvieron actividad unimanual derecha fue de -15,314 píxeles, lo que representa un desvío del 5,10% respecto del ancho total del estrechamiento de la ruta. Incluso, se comprobó que la media de las trayectorias que consideran el uso de mano derecha, es significativamente mayor que la media de los trayectos sin actividad unimanual. Es decir, los resultados de los tratamientos en que se determinó la presencia de actividad manual derecha, no difieren de

los resultados obtenidos en los tratamientos en que hubo actividad manual izquierda. Este resultado cuestiona la hipótesis de Activación-Orientación.

En cuarto lugar, el rol de la carga de la memoria operativa ha quedado bastante claro. Una carga por sobre el límite de la memoria operativa se vincula a un aumento del sesgo atencional, conclusión respaldada por una inferencia estadística significativa. Es decir, la cuarta hipótesis se ve respaldada, puesto que el promedio de desviaciones presentado en condiciones de baja carga de la memoria (-11,094 pixeles) es significativamente menor que la media en condiciones de carga sobre el límite de procesamiento (-14,883 pixeles). Este resultado es, desde la perspectiva teórica, el más interesante, pues no se registran en la literatura más accesible y conocida ejemplos de experimentos que manipulen el *span* de dígitos y carguen la memoria operativa.

Finalmente, los resultados no confirmaron la quinta y última hipótesis esperada respecto a la interacción del efecto de las dos variables independientes en la variable dependiente. De hecho, el diseño mismo del experimento implicaba una situación de tarea dividida o concurrente, por lo que correspondía realizar un análisis conjunto de los efectos de las dos variables independientes. A pesar de ello, y contra lo esperado, una mayor carga de la memoria operativa, junto con actividad unimanual izquierda, no afectaron de manera decisiva la desviación, como era de esperar. Incluso más, la interacción y posterior “sobrecarga” era de esperarse, por cuanto está documentado que la tarea de amplitud de dígitos se procesa, justamente, en el hemisferio derecho (Aleman & van't Wout, 2008). Es decir, si la hipótesis de Activación-Orientación fuera correcta, entonces la alta carga de la memoria operativa (lo que resultó demostrado por el deterioro en la eficacia de la tarea de memoria), más la actividad unimanual debiera haber sumado sus efectos. Cabe la posibilidad, no obstante, que la tarea de memoria con 10 dígitos de amplitud haya resultado tan compleja, que los sujetos la hayan abandonado y, por ende, eso implicó que no se potenciaran ambas cargas de procesamiento. La bajísima proporción de aciertos en esa tarea (menos de 2%), no ayuda a despejar la incógnita, más aún considerando que hubo una diferencia entre el porcentaje de aciertos entre SM-D5 y MI/MD-D5, lo que indica algún tipo de interacción entre las dos variables, al menos para el valor “bajo el límite” de la variable “carga de la memoria operativa”.

Por otra parte, sería conveniente controlar, en futuros diseños, algunas variables que son importantes para el tema. Por ejemplo, la dominancia manual no fue posible controlarla debido a la desigual distribución de las dos categorías principales (zurdos versus diestros) en la población. El tema se vuelve más complejo si consideramos que esta variable no parece ser unidimensional y que instrumentos como el EHI parecen ser insuficientes. En ese sentido, valdría la pena observar nuevas herramientas, más adecuadas para evaluar esta variable (M. E. Nicholls, Thomas, Loetscher, & Grimshaw, 2013).

En la misma línea, un aspecto que también fue difícil de controlar y que eventualmente pudo incidir en los resultados es la habilidad motriz de los sujetos para realizar la tarea de navegación que implica conducir automóviles en un videojuego. Una manera de controlar esta variable interviniente, fue acudir a una muestra relativamente homogénea en los dos aspectos de este factor: la experiencia en videojuegos y la experiencia en conducción de vehículos. El análisis descriptivo mostró que, efectivamente, los individuos tenían poca variabilidad en estos dos factores, de acuerdo al siguiente perfil: muy poca actividad semanal en videojuegos y casi nula experiencia en conducción. No obstante, el análisis por medio de los árboles de decisión reveló que ésta podía ser una variable incidente en los resultados para 3 de las 6 condiciones experimentales. Por ende, sería deseable controlar de manera más estricta este aspecto, para reducir la varianza relacionada con esta variable.

Asimismo, en dos de los tres tratamiento se reveló significativa la variable género para clasificar los resultados. En estricto rigor, fueron género, talla y peso, pero sabemos que esos factores están altamente correlacionados, en general, y en esta muestra, en particular. De hecho, en este estudio:

- “Género” correlaciona con “Peso”, significativamente ($p > 0,01$), $r = 0,583$.
- “Género” correlaciona con “Talla”, significativamente ($p > 0,01$), $r = 0,696$.
- “Talla” correlaciona con “Peso”, significativamente ($p > 0,01$), $r = 0,715$.

Eso va en la línea de otras investigaciones (Hausmann et al., 2002; Okubo, 2010; Stancey & Turner, 2010) que han detectado diferencias de género en temas de asimetrías atencionales.

5.2 Discusión

La reflexión acerca de las conclusiones nos deja abiertas muchas interrogantes. En particular, y a pesar de que en los resultados se aprecia de manera clara el sesgo atencional hacia la izquierda, que deriva en desviaciones hacia la derecha, no está del todo claro que la explicación estándar (la teoría de las redes atencionales, el modelo de la dominancia del hemisferio derecho en la atención visoespacial y la hipótesis de Activación-Orientación) sea la más adecuada, puesto que no se confirmaron dos de las cinco hipótesis, justamente las más estrechamente vinculadas a la idea de la “compensación de la sobrecarga” del hemisferio derecho al usar la mano derecha. Es tal vez necesario buscar otras explicaciones.

Por ejemplo, en un artículo que reseña dos experimentos (Hatin, Sykes Tottenham, & Oriet, 2012) sus autores hallaron resultados que cuestionan que en tareas de navegación o que implicaran un desplazamiento, las colisiones o desvíos expresen un sesgo debido a pseudonegligencia y que opere el modelo de “Activación-Orientación”. Por ejemplo, este estudio manipuló claves de orientación en una tarea similar a la de Nicholls et al. (2007) y no hallaron que aumentaran las colisiones a la derecha, es más, hallaron colisiones a la izquierda. En el segundo experimento, incluso fueron más allá y hallaron un sesgo a la izquierda, incluso sin tarea unimanual realizada por los sujetos experimentales. La explicación de estos autores apunta a que la pseudonegligencia no es responsable de los sesgos atencionales en esta tarea, sino a lo que llaman la “Hipótesis de la elevación atencional”. En esta conjetura, se critica un supuesto básico de los diseños experimentales que relacionaron colisiones y pseudonegligencia: la asunción que el sujeto navega por una región espacial inatendida. En lugar de ello se postula que en este tipo de tareas los individuos se dirigen a un lugar donde su atención ya ha sido dispuesta (independientemente de una posterior señalización). Esta hipótesis es concordante con el conocido “Efecto Simon” que indica que atender a un estímulo en un campo visual conduce una activación automática del córtex premotor contralateral al estímulo, aún cuando la localización del estímulo sea irrelevante. La explicación de Hatin y colaboradores nota que en la serie de experimentos de Nicholls citados más arriba, la puerta estrecha y ajustable tenía los bordes poco definidos, lo que impidió el proceso de fijación atencional, lo que sí

se produjo en el experimento de estos autores. Es decir, los sesgos a la derecha o izquierda ocurren no debido a diferencias individuales en el direccionamiento de la atención, sino más bien son una consecuencia de variables situacionales que influyen en cómo se direcciona ésta. En el caso del actual experimento, los campos de “Retroalimentación de dígitos ingresados” y de “Retroalimentación de tareas realizadas” (objeto 6 y 7 de la Figura 12) pueden haber jugado un rol en este sesgo, pues podrían haber direccionado la atención de manera permanente, a la izquierda y a la derecha, según el momento de la tarea.

Otra explicación posible es la variable “Altura del campo visual”. Se sabe que ésta influye en el sesgo atencional, pues la asociación campo visual alto-activación del campo visual izquierdo y campo visual bajo-activación del campo visual derecho está documentada (Hatin et al., 2012; Thomas et al., 2009). En el caso de este experimento, el automóvil estaba en movimiento constante en un lugar de la pantalla relativamente bajo. Ello pudo haber implicado una activación del campo visual derecho no controlada.

Otra explicación es la llamada “Hipótesis del procesamiento espacial peri o extra personal”. Se sabe que el sesgo atencional no es equivalente si manipulamos la distancia personal atendida, respecto al estímulo o la tarea (Heber, 2010; M. E. R. Nicholls et al., 2011; M. E. R. Nicholls et al., 2010), lo que se ha denominado “espacio peri-personal” (cercano) o “extra-personal” (lejano). En el caso de este experimento la pantalla estaba situada a 80 centímetros del sujeto, por lo que podemos suponer que se trata de una distancia peri-personal. En la literatura, las tareas de espacio “peri-personal” ha tendido a mostrar sesgos en dirección a la izquierda, lo que podría igualmente explicar algunos resultados.

Además, el tipo de línea que se bisecta, influye en el sesgo (Charras & Lupiáñez, 2010; Josev et al., 2011; Lee et al., 2004; Loftus et al., 2009; Lourenco & Longo, 2009; M. E. R. Nicholls & Loftus, 2007). En este caso, la línea era virtual, la distancia estimada entre ambos bordes de una ruta, por lo que la incidencia de este factor es incierto.

Por otra parte, algunos estudios recientes (Benwell, Harvey, & Thut, 2014; Benwell, Thut, Learmonth, & Harvey, 2013) han puesto en duda la universalidad de la direccionalidad del sesgo, mostrando cómo manipulando ciertas condiciones, el sesgo puede cambiar de sentido.

En suma, al parecer el Modelo de Kinbourne es una simplificación excesiva de los factores que modulan el sesgo de la pseudonegligencia (el que, no obstante, estar sólidamente documentado) y no sería cierto que la sobrecarga de un hemisferio es la única variable para explicar todas las tareas, en relación a todos los factores intervinientes.

Al parecer, las interacciones entre la orientación espacial (procesada fundamentalmente por la red atencional posterior) y otras redes, resulta decisiva en la modulación del sesgo. Por ejemplo, la relación entre la red atencional alerta y la de orientación ha sido estudiada con claros resultados. Se ha demostrado que la fluctuación de la carga atencional provoca sesgos espaciales. Tanto en sujetos sanos como en pacientes se ha comprobado que cuando se realizan dos tareas simultáneas se produce una tendencia a atender hacia la derecha (Peers, Cusack, & Duncan, 2006). También ocurre una tendencia atencional hacia la derecha con la reducción del nivel de alerta (mediante la privación de sueño o la fatiga por ejecución continua de una tarea). La fatiga y la falta de sueño probablemente disminuyan los recursos atencionales disponibles y hagan más susceptibles al individuo a la carga atencional (Manly, Dobler, Dodds, & George, 2005). Pérez Fernández (2008), por su parte, a través del paradigma de estudio con JOT, demostró que hay una clara y replicable distorsión de la simetría espacial de la atención (a la derecha) en poblaciones de adultos cuando las condiciones de carga atencional son altas. Es decir, estos estudios sugieren que la simetría lateral de la distribución de la atención en el espacio se altera en sujetos normales cuando hay condiciones de baja atención, causadas éstas por fatiga, bajos niveles de vigilancia y alta carga perceptual. Sin embargo, aunque relacionados, la vigilancia y la atención selectiva dependen de redes atencionales distintas.

En el caso de nuestra investigación, es indudable que se puede relacionar la tarea de memoria operativa con la actividad de la red atencional anterior. Es sabido que la memoria operativa se vincula a las zonas prefrontales (Baddeley, 2012) y, por ende, a la red atencional de control. Por otra parte, la tarea experimental exigía del sujeto una constante actividad de la red atencional de orientación o anterior. Por ende, en el actual experimento hemos apreciado las interacciones entre ambas redes, lo que nos sugiere que los modelos y los sesgos descritos en situaciones de activación solamente de la red de orientación pudieran ser insuficientes. Sin perjuicio de lo anterior, el experimento descrito constituye

un aporte al corpus teórico sobre pseudonegligencia pues, de manera novedosa, en un diseño experimental, usó la carga en la memoria operativa como variable independiente, en una tarea de atención visoespacial. Esta variable ya había sido usada en otras investigaciones (Heber, 2010; Pérez Fernández, 2008), pero en ellas el tipo de tarea no involucraba una tarea de navegación ni usaba las colisiones o desviaciones como medida dependiente.

Para futuros estudios sería interesante:

- Usar técnicas de neurociencia cognitiva como neuroimagen o EER, de manera de estudiar el fenómeno no solo con una medida conductual, sino con herramientas de mayor “resolución temporal” y “resolución espacial”, que nos permitieran identificar las redes neuronales específicas que se activan en las tareas propuestas.
- Estudiar el fenómeno de la pseudonegligencia, a través del *digit span test*, en diseños unifactoriales, para mayor claridad en la interpretación de resultados. Asimismo se pueden usar diferente cantidad de dígitos para no dicotomizar la variable.
- Controlar de mejor manera variables relacionadas: dominancia manual (por ejemplo a través de un muestreo estratificado); experiencia en conducción (estableciendo criterio de exclusión la experiencia o no experiencia); género (por medio de considerarla una variable independiente de selección grupal).
- Uso de un simulador de conducción, para hacer más real la experiencia de “navegación”.
- Uso de paradigmas atencionales tradicionales (JOT, Paradigma de Posner, etc) con estas variable de interés para obtener resultados que puedan dialogar de manera más fluida con el resto de las investigaciones.

La atención, finalmente, es un proceso tripartito, multimodal, interactivo, guiado por datos y expectativas, así como por los datos y los sentidos, sesgado y limitado, complejo y tal vez emergente, vinculado a la memoria permanente y a la conciencia fugaz, con recursos limitados y con capacidad de focalizar, que puede manejar su intensidad y su selectividad, voluntario e involuntario, automático y controlado, consciente e inconsciente. Es tal vez por aquello que un modelo unitario y completo de la atención sea difícil de construir. No obstante, seguiremos tratando de definirla, ya que es una de las capacidades de nuestra mente que más apreciamos, pues como dijo William James en el siglo antepasado:

“Everyone knows what attention is.(...) The eyes are fixed on vacancy, the sounds of the world melt into confused unity, the attention is dispersed so that the whole body is felt, as it were, at once, and the foreground of consciousness is filled, if by anything, by a sort of solemn sense of surrender to the empty passing of time.”

“Todo el mundo sabe lo que es la atención. (...) Los ojos están fijos en el vacío, los sonidos del mundo se mezclan en una confusa unidad, la atención se dispersa para que todo el cuerpo la sienta, por así decirlo, de una sola vez, y el primer plano de la conciencia se llena, si es por algo, por una especie de sentido solemne de rendición al paso vacío de tiempo.”

REFERENCIAS

- Aleman, A., & van't Wout, M. (2008). Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation over the Right Dorsolateral Prefrontal Cortex Disrupts Digit Span Task Performance. *Neuropsychobiology*, *57*(1-2), 44-48.
- Arnell, K. M., & Jolicœur, P. (1999). The attentional blink across stimulus modalities: Evidence for central processing limitations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *25*(3), 630-648. doi: 10.1037/0096-1523.25.3.630
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. In W. S. a. J. T. S. Kenneth (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. Volume 2, pp. 89-195): Academic Press.
- Azouvi, P., Bartolomeo, P., Beis, J. M., Perennou, D., Pradat-Diehl, P., & Rousseaux, M. (2006). A battery of tests for the quantitative assessment of unilateral neglect. *Restor Neurol Neurosci*, *24*(4-6), 273-285.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, *255*(5044), 556-559. doi: 10.1126/science.1736359
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, *4*(11), 417-423. doi: 10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. (2002). Is Working Memory Still Working? *European Psychologist*, *7*(2), 85-97. doi: 10.1027//1016-9040.7.2.85
- Baddeley, A. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci*, *4*(10), 829-839.
- Baddeley, A. (2012). Working Memory: Theories, Models, and Controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*(1), 1-29. doi: doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422
- Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working Memory. In H. B. Gordon (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. Volume 8, pp. 47-89): Academic Press.
- Balluerka Lasa, N., & Vergara Iraeta, A. I. (2002). *Diseños de investigación experimental en psicología: modelos y análisis de datos mediante el SPSS 10.0*: Pearson Educación.
- Barnett, K. J. (2006). Schizophrenia and rightward bias in line bisection. *Laterality*, *11*(1), 36-42. doi: 10.1080/13576500500233628
- Bartolomeo, P., Bachoud-Lévi, A.-C., Azouvi, P., & Chokron, S. (2005). Time to imagine space: a chronometric exploration of representational neglect. *Neuropsychologia*, *43*(9), 1249-1257. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.013
- Benwell, C. S. Y., Harvey, M., & Thut, G. (2014). On the neural origin of pseudoneglect: EEG-correlates of shifts in line bisection performance with manipulation of line length. *NeuroImage*, *86*(0), 370-380. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.10.014>
- Benwell, C. S. Y., Thut, G., Learmonth, G., & Harvey, M. (2013). Spatial attention: Differential shifts in pseudoneglect direction with time-on-task and initial bias support the idea of observer subtypes. *Neuropsychologia*, *51*(13), 2747-2756. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.09.030>

- Bock, M. E. (1975). Minimax Estimators of the Mean of a Multivariate Normal Distribution. 209-218. doi: 10.1214/aos/1176343009
- Bowers, D., & Heilman, K. M. (1980). Pseudoneglect: Effects of hemispace on a tactile line bisection task. *Neuropsychologia*, 18(4-5), 491-498. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(80\)90151-7](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(80)90151-7)
- Brain, W. R. (1941). Visual disorientation with special reference to lesions of the right cerebral hemisphere. *Brain*, 64(4), 244-272. doi: DOI: 10.1093/brain/64.4.244
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*: Pergamon Press.
- Bryden, M. P. (1977). Measuring handedness with questionnaires. *Neuropsychologia*, 15(4-5), 617-624. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(77\)90067-7](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(77)90067-7)
- Capraro, V., A., C., Martínez, M., San Martín, A., & Álvarez, G. (1992). Estudio de la lateralidad manual en una población chilena. *Revista Chilena de Neuro-Psiquiatría*, 30(1), 53-58.
- Castillo Moreno, A., & Paternina Marín, A. (2006). Redes Atencionales y Sistema visual selectivo. *Universitas Psychologica*, 5, 305-326.
- Cattaneo, Z., Fantino, M., Silvanto, J., Vallar, G., & Vecchi, T. (2011). Tapping effects on numerical bisection. *Experimental Brain Research*, 208(1), 21-28. doi: 10.1007/s00221-010-2451-8
- Charras, P., & Lupiáñez, J. (2010). Length perception of horizontal and vertical bisected lines. *Psychological Research*, 74(2), 196-206. doi: 10.1007/s00426-009-0243-1
- Cherry, E. C. (1953). Some Experiments on the Recognition of Speech, with One and with Two Ears. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 25(5), 975-979. doi: <http://dx.doi.org/10.1121/1.1907229>
- Chokron, S., Bartolomeo, P., Perenin, M.-T., Helfft, G., & Imbert, M. (1998). Scanning direction and line bisection: a study of normal subjects and unilateral neglect patients with opposite reading habits. *Cognitive Brain Research*, 7(2), 173-178. doi: 10.1016/S0926-6410(98)00022-6
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychol Bull*, 112(1), 155-159.
- Colmenero Jiménez, J. M., Catena Martínez, A., & Fuentes, L. J. (2001). *Atención visual: una revisión sobre las redes atencionales del cerebro* (Vol. 17).
- Corballis, M. C. (2003). From mouth to hand: gesture, speech, and the evolution of right-handedness. *Behav Brain Sci*, 26(2), 199-208; discussion 208-160.
- Corbetta, M., Miezin, F. M., Shulman, G. L., & Petersen, S. E. (1993). A PET study of visuospatial attention. *J Neurosci*, 13(3), 1202-1226.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci*, 3(3), 201-215.
- Cárcamo, E., Almagia, F., & Atilio, A. (2000). Estudio comparativo de mujeres y hombres: variables antropométricas de una población. *Boletín Científico Asociación Chilena de Seguridad*, 2(3), 59-66.
- Damasio, A. R., Damasio, H., & Chui, H. C. (1980). Neglect following damage to frontal lobe or basal ganglia. *Neuropsychologia*, 18(2), 123-132. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(80\)90058-5](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(80)90058-5)
- Departamento Sociología Universidad Católica del Maule. (s/f). Análisis de varianza con medidas repetidas: el procedimiento MLG: medidas repetidas. En *Introducción al análisis de datos*. Retrieved Junio de 2014, from

http://pendientedemigracion.ucm.es/info/socivmyt/paginas/D_departamento/materias/datos_multivariante.htm

- Drago, V., Foster, P. S., Webster, D. G., Crucian, G. P., & Heilman, K. M. (2007). LATERAL AND VERTICAL ATTENTIONAL BIASES IN NORMAL INDIVIDUALS. *International Journal of Neuroscience*, 117(10), 1415-1424. doi: 10.1080/00207450601123589
- Dufour, A., Touzalin, P., & Candas, V. (2007). Time-on-task effect in pseudoneglect. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, 176(3), 532-537.
- Duncan, J., Humphreys, G., & Ward, R. (1997). Competitive brain activity in visual attention. *Curr Opin Neurobiol*, 7(2), 255-261.
- Failla, C. V., Sheppard, D. M., & Bradshaw, J. L. (2003). Age and responding-hand related changes in performance of neurologically normal subjects on the line-bisection and chimeric-faces tasks. *Brain & Cognition*, 52(3), 353. doi: 10.1016/S0278-2626(03)00181-7
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of attentional networks. *NeuroImage*, 26(2), 471-479. doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.02.004
- Feather, N. T. E. (1982). *Expectations and actions: Expectancy-value models in psychology*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc Incorporated.
- Fimm, B., Zahn, R., Mull, M., Kemeny, S., Buchwald, F., Block, F., & Schwarz, M. (2001). Asymmetries of visual attention after circumscribed subcortical vascular lesions. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 71(5), 652-657.
- Fischer, M. H. (2001). Cognition in the bisection task. *Trends in Cognitive Sciences*, 5(11), 460-462. doi: 10.1016/s1364-6613(00)01790-3
- Frassinetti, F., Rossi, M., & Làdavas, E. (2001). Passive limb movements improve visual neglect. *Neuropsychologia*, 39(7), 725-733. doi: 10.1016/S0028-3932(00)00156-1
- Fujikake, H., Higuchi, T., Imanaka, K., & Maloney, L. (2011). Directional bias in the body while walking through a doorway: its association with attentional and motor factors. *Experimental Brain Research*, 210(2), 195-206. doi: 10.1007/s00221-011-2621-3
- García Sevilla, J. (1991). *Paradigmas experimentales en las teorías de la automaticidad* (Vol. 7).
- Gardner, H. (1985). *The mind's new science : a history of the cognitive revolution*. New York: Basic Books.
- Gazzaniga, M. S. (2004). *The cognitive neurosciences* (3rd ed.). Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Gazzaniga, M. S. (2005). Forty-five years of split-brain research and still going strong. *Nat Rev Neurosci*, 6(8), 653-659.
- Gitelman, D. R., Nobre, A. C., Parrish, T. B., LaBar, K. S., Kim, Y.-H., Meyer, J. R., & Mesulam, M. M. (1999). A large-scale distributed network for covert spatial attention. *Brain*, 122(6), 1093-1106.
- Goldman-Rakic, P. S. (1988). Topography of cognition: parallel distributed networks in primate association cortex. *Annu Rev Neurosci*, 11, 137-156. doi: 10.1146/annurev.ne.11.030188.001033

- Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video game modifies visual selective attention. *Nature*, *423*(6939), 534.
- Guardado, B. G. (2013). *Lateralidad cerebral y zurdería: Desarrollo y neuro-rehabilitación*: Palibrio.
- Guardia Olmos, J., Jarne Esparcia, A., & Peña-Casanova, J. (1991). Programa integrado de exploración neuropsicológica — test barcelona: fiabilidad. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, *11*(2), 108-115. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603\(91\)75508-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603(91)75508-3)
- Hardie, S. M., & Wright, L. (2014). Differences between left- and right-handers in approach/avoidance motivation: influence of consistency of handedness measures. *Frontiers in Psychology*, *5*, 134. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00134
- Hatin, B., Sykes Tottenham, L., & Oriet, C. (2012). The relationship between collisions and pseudoneglect: is it right? *Cortex; A Journal Devoted To The Study Of The Nervous System And Behavior*, *48*(8), 997-1008. doi: 10.1016/j.cortex.2011.05.015
- Hausmann, M., Ergun, G., Yazgan, Y., & Güntürkün, O. (2002). Sex differences in line bisection as a function of hand. *Neuropsychologia*, *40*(3), 235-240. doi: 10.1016/s0028-3932(01)00112-9
- Heber, I. A. (2010). *Asymmetries of Visuospatial Attention in Peri- and Extrapersonal Virtual Space*.
- Heilman, K. M., Valenstein, E., & Watson, R. T. (2000). Neglect and related disorders. *Semin Neurol*, *20*(4), 463-470. doi: 10.1055/s-2000-13179
- Heilman, K. M., & Van Den Abell, T. (1980). Right hemisphere dominance for attention: the mechanism underlying hemispheric asymmetries of inattention (neglect). *Neurology*, *30*(3), 327-330.
- Heinly, M. T., Greve, K. W., Bianchini, K. J., Love, J. M., & Brennan, A. (2005). WAIS Digit Span-Based Indicators of Malingered Neurocognitive Dysfunction: Classification Accuracy in Traumatic Brain Injury. *Assessment*, *12*(4), 429-444. doi: 10.1177/1073191105281099
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*: McGraw-Hill Education.
- Hughes, L. E., Bates, T. C., & Aimola Davies, A. (2004). Grasping at sticks: pseudoneglect for perception but not action. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, *157*(3), 397-402.
- Ishii, Y., Okubo, M., Nicholls, M. E. R., & Imai, H. (2011). Lateral biases and reading direction: A dissociation between aesthetic preference and line bisection. *Brain and Cognition*, *75*(3), 242-247. doi: 10.1016/j.bandc.2010.12.005
- James, W. (1890). 1950. *The principles of psychology*: New York: Dover Publications.
- Jewell, G., & McCourt, M. E. (2000). Pseudoneglect: A review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. *Neuropsychologia*, *38*(1), 93-110. doi: 10.1016/s0028-3932(99)00045-7
- Johnston, D. W., Nicholls, M. E., Shah, M., & Shields, M. A. (2009). Nature's Experiment? Handedness and Early Childhood Development. *Demography*, *46*(2), 281-301.
- Josev, E. K., Forte, J. D., & Nicholls, M. E. R. (2011). Left of centre: asymmetries for the horizontal vertical line illusion. *Psychological Research-Psychologische Forschung*, *75*(5), 435-443. doi: 10.1007/s00426-010-0315-2

- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*: Prentice-Hall.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2001). *Principios de neurociencia*: McGraw-Hill Interamericana de España.
- Karnath, H.-O., Ferber, S., & Himmelbach, M. (2001). Spatial awareness is a function of the temporal not the posterior parietal lobe. *Nature*, *411*(6840), 950-953. doi: http://www.nature.com/nature/journal/v411/n6840/supinfo/411950a0_S1.html
- Kass, G. V. (1980). An Exploratory Technique for Investigating Large Quantities of Categorical Data. *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, *29*(2), 119-127. doi: citeulike-article-id:10178268
- Kerlinger, F. N., Lee, H. B., Pineda Ayala, L. E., Mora Magaña, I., Balbás Diez Barroso, C., & Vadillo Bueno, G. (2002). *Investigación del comportamiento : métodos de investigación en ciencias sociales* (4{487} ed ed.). México ; Madrid: McGraw-Hill.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of lateral asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, *33*(0), 193-201. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(70\)90132-0](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(70)90132-0)
- Kinsbourne, M. (1993). Orientational bias model of unilateral neglect: evidence from attentional gradients within hemispace. In J. Marshall & I. Robertson (Eds.), *Unilateral Neglect: Clinical And Experimental Studies (Brain Damage, Behaviour and Cognition)* (pp. 63-86): Psychology Press.
- Kirk, R. E. (1982). *Experimental design: Procedures for the behavioral sciences* (Second ed.). Pacific Grove, CA.: Brooks/Cole Publishing Company.
- Klimesch, W., Doppelmayr, M., Russegger, H., Pachinger, T., & Schwaiger, J. (1998). Induced alpha band power changes in the human EEG and attention. *Neuroscience Letters*, *244*(2), 73-76. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940\(98\)00122-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3940(98)00122-0)
- Krupp, D. B., Robinson, B. M., & Elias, L. J. (2010). Free Viewing Perceptual Asymmetry for Distance Judgments: Objects in Right Hemispace are Closer than They Appear. *International Journal of Neuroscience*, *120*(8), 580-582. doi: 10.3109/00207451003601201
- LaBerge, D. (2001). Attention, consciousness, and electrical wave activity within the cortical column. *International Journal of Psychophysiology*, *43*(1), 5-24. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8760\(01\)00176-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-8760(01)00176-3)
- Lavanchy, L., Mayer, E., & Hauert, C.-A. (2004). Lost in the middle. Attentional modulation of the pseudoneglect phenomenon in a "no hands" line bisection paradigm. *Cortex; A Journal Devoted To The Study Of The Nervous System And Behavior*, *40*(1), 181-182.
- Lee, B. H., Kim, M., Kang, S. J., Park, K. C., Kim, E. J., Adair, J. C., & Na, D. L. (2004). Pseudoneglect in solid-line versus character-line bisection tasks: a test for attention dominance theory *Cogn Behav Neurol* (Vol. 17, pp. 174-178). United States.
- Leone, L., & McCourt, M. E. (2010). The effect of acute ethanol challenge on global visuospatial attention: Exaggeration of leftward bias in line bisection. *Laterality*, *15*(3), 327-342. doi: 10.1080/13576500902781745
- Loftus, A. M., Nicholls, M. E. R., Mattingley, J. B., Chapman, H. L., & Bradshaw, J. L. (2009). Pseudoneglect for the bisection of mental number lines. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *62*(5), 925-945. doi: 10.1080/17470210802305318

- Lourenco, S. F., & Longo, M. R. (2009). Multiple spatial representations of number: evidence for co-existing compressive and linear scales. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, 193(1), 151-156.
- Manly, T., Dobler, V. B., Dodds, C. M., & George, M. A. (2005). Rightward shift in spatial awareness with declining alertness. *Neuropsychologia*, 43(12), 1721-1728. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.02.009>
- Manning, L., Halligan, P. W., & Marshall, J. C. (1990). Individual variation in line bisection: A study of normal subjects with application to the interpretation of visual neglect. *Neuropsychologia*, 28(7), 647-655. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(90\)90119-9](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(90)90119-9)
- Mattingley, J. B., Berberovic, N., Corben, L., Slavin, M. J., Nicholls, M. E. R., & Bradshaw, J. L. (2004). The greyscales task: a perceptual measure following unilateral hemispheric of attentional bias damage. *Neuropsychologia*, 42(3), 387-394. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2003.07.007
- Mauchly, J. W. (1940). Significance Test for Sphericity of a Normal χ^2 -Variate Distribution. 204-209. doi: 10.1214/aoms/1177731915
- Maxwell, S. E., & Delaney, H. D. (2004). *Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison Perspective*: Lawrence Erlbaum Associates.
- McCourt, M. E., Freeman, P., Tahmahkera-Stevens, C., & Chaussee, M. (2001). The Influence of Unimanual Response on Pseudoneglect Magnitude. *Brain and Cognition*, 45(1), 52-63. doi: 10.1006/brcg.2000.1255
- McCourt, M. E., Shpaner, M., Javitt, D. C., & Foxe, J. J. (2008). Hemispheric asymmetry and callosal integration of visuospatial attention in schizophrenia: A tachistoscopic line bisection study. *Schizophrenia Research*, 102(1-3), 189-196. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.schres.2008.03.021>
- McGeorge, P., Beschin, N., Colnaghi, A., Rusconi, M. L., & Della Sala, S. (2007). A lateralized bias in mental imagery: Evidence for representational pseudoneglect. *Neuroscience Letters*, 421(3), 259-263. doi: 10.1016/j.neulet.2007.05.050
- McIntosh, R. D., Schindler, I., Birchall, D., & Milner, A. D. (2005). Weights and measures: A new look at bisection behaviour in neglect. *Cognitive Brain Research*, 25(3), 833-850. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.09.008
- Mennemeier, M., Pierce, C. A., Chatterjee, A., Anderson, B., Jewell, G., Dowler, R., . . . Mark, V. W. (2005). Biases in Attentional Orientation and Magnitude Estimation Explain Crossover: Neglect is a Disorder of Both. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(8), 1194-1211. doi: 10.1162/0898929055002454
- Mesulam, M. (2002). Functional Anatomy of Attention and Neglect: from neurons to networks. In H. O. M. Karnath, A. D. Vallar, G. (Ed.), *The Cognitive and Neural Bases of Spatial Neglect*. Oxford: Oxford University Press.
- Mesulam, M. M. (1981). A cortical network for directed attention and unilateral neglect. *Annals of Neurology*, 10(4), 309-325. doi: 10.1002/ana.410100402
- Michel, C., Cavezian, C., d'Amato, T., Dalery, J., Rode, G., Saoud, M., & Rossetti, Y. (2007). Pseudoneglect in schizophrenia: A line bisection study with cueing. *Cognitive Neuropsychiatry*, 12(3), 222-234. doi: 10.1080/13546800601033266

- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81-97. doi: 10.1037/h0043158
- Mort, D. J., Malhotra, P., Mannan, S. K., Rorden, C., Pambakian, A., Kennard, C., & Husain, M. (2003). *The anatomy of visual neglect* (Vol. 126).
- Nicholls, M. E., Thomas, N. A., Loetscher, T., & Grimshaw, G. M. (2013). The Flinders Handedness survey (FLANDERS): a brief measure of skilled hand preference. *Cortex*, *49*(10), 2914-2926. doi: 10.1016/j.cortex.2013.02.002
- Nicholls, M. E. R., Bradshaw, D. L., & Mattingley, J. B. (1999). Free-viewing perceptual asymmetries for the judgement of brightness, numerosity and size. *Neuropsychologia*, *37*(3), 307-314. doi: 10.1016/s0028-3932(98)00074-8
- Nicholls, M. E. R., Forte, J. D., Loetscher, T., Orr, C. A., Yates, M. J., & Bradshaw, J. L. (2011). Near, yet so far: The effect of pictorial cues on spatial attention. *Brain and Cognition*, *76*(3), 349-352. doi: 10.1016/j.bandc.2011.04.006
- Nicholls, M. E. R., Hadgraft, N. T., Chapman, H. L., Loftus, A. M., Robertson, J., & Bradshaw, J. L. (2010). A hit-and-miss investigation of asymmetries in wheelchair navigation. *Attention Perception & Psychophysics*, *72*(6), 1576-1590. doi: 10.3758/app.72.6.1576
- Nicholls, M. E. R., Kamer, A., & Loftus, A. M. (2008). Pseudoneglect for mental alphabet lines is affected by prismatic adaptation. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, *191*(1), 109-115.
- Nicholls, M. E. R., Loetscher, T., & Rademacher, M. (2010). Miss to the Right: The Effect of Attentional Asymmetries on Goal-Kicking. *PLoS ONE*, *5*(8), e12363. doi: 10.1371/journal.pone.0012363
- Nicholls, M. E. R., Loftus, A., Mayer, K., & Mattingley, J. B. (2007). Things that go bump in the right: The effect of unimanual activity on rightward collisions. *Neuropsychologia*, *45*(5), 1122-1126. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.07.015
- Nicholls, M. E. R., & Loftus, A. M. (2007). Pseudoneglect and neglect for mental alphabet lines. *Brain Research*, *1152*(0), 130-138. doi: 10.1016/j.brainres.2007.03.036
- Nicholls, M. E. R., Loftus, A. M., Orr, C. A., & Barre, N. (2008). Rightward collisions and their association with pseudoneglect. *Brain and Cognition*, *68*(2), 166-170. doi: 10.1016/j.bandc.2008.04.003
- Nicholls, M. E. R., & McIlroy, A. M. (2010). Spatial Cues Affect Mental Number Line Bisections. *Experimental Psychology*, *57*(4), 315-319. doi: 10.1027/1618-3169/a000037
- Nicholls, M. E. R., & Roberts, G. R. (2002). Can Free-Viewing Perceptual Asymmetries be Explained by Scanning, Pre-Motor or Attentional Biases? *Cortex*, *38*(2), 113-136. doi: 10.1016/S0010-9452(08)70645-2
- Niemeier, M., Singh, V. V. W., Keough, M., & Akbar, N. (2008). The perceptual consequences of the attentional bias: evidence for distractor removal. *Experimental Brain Research*, *189*(4), 411-420. doi: 10.1007/s00221-008-1438-1
- Nobre, A. C., & Kastner, S. (2014). *The Oxford Handbook of Attention*: OUP Oxford.
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, *75*(6), 522-536. doi: 10.1037/h0026699

- Norman, D. A., & Bobrow, D. G. (1975). On data-limited and resource-limited processes. *Cognitive Psychology*, 7(1), 44-64. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285\(75\)90004-3](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0285(75)90004-3)
- Okubo, M. (2010). *Reduced Perceptual Asymmetries in Depressed Females* (pp. 571-575): Springer Science & Business Media B.V.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(71\)90067-4](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(71)90067-4)
- Orallo, J. H., Quintana, M. J. R., & Ramírez, C. F. (2004). *Introducción a la minería de datos*: Editorial Alhambra S. A. (SP).
- Pascual i Llobell, J., Frías Navarro, M. D., & García Pérez, J. F. (1996). *Manual de psicología experimental : metodología de investigación*. Barcelona: Ariel.
- Patston, L. L. M., Corballis, M. C., Hogg, S. L., & Tippett, L. J. (2006). The Neglect of Musicians: Line Bisection Reveals an Opposite Bias. *Psychological Science (Wiley-Blackwell)*, 17(12), 1029-1031. doi: 10.1111/j.1467-9280.2006.01823.x
- Peers, P. V., Cusack, R., & Duncan, J. (2006). Modulation of spatial bias in the dual task paradigm: Evidence from patients with unilateral parietal lesions and controls. *Neuropsychologia*, 44(8), 1325-1335. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.033>
- Peterson, L., & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 193-198. doi: 10.1037/h0049234
- Peña-Casanova, J. (1991). Programa integrado de exploración neuropsicológica - test barcelona: bases teóricas, objetivos y contenidos. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 11(2), 66-79. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603\(91\)75505-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603(91)75505-8)
- Peña-Casanova, J., Jarne Esparcia, A., & Guardia Olmos, J. (1991). Programa integrado de exploración neuropsicológica — test barcelona: validez de contenidos. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 11(2), 96-107. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603\(91\)75507-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0214-4603(91)75507-1)
- Pia, L., Neppi-Modona, M., & Folegatti, A. (2010). Object-centred pseudoneglect for non-verbal visual stimuli. *Experimental Brain Research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation Cérébrale*, 200(1), 61-66.
- Posner, M. I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32(1), 3-25. doi: 10.1080/00335558008248231
- Posner, M. I. (2012). *Cognitive neuroscience of attention* (2nd ed.). New York: Guilford Press.
- Posner, M. I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, 78(5), 391-408. doi: 10.1037/h0031333
- Posner, M. I., & Cohen, Y. (1984). Components of visual orienting. *Attention and Performance X*, 32, 531-556.
- Posner, M. I., & Dehaene, S. (1994). Attentional networks. *Trends in Neurosciences*, 17(2), 75-79. doi: 10.1016/0166-2236(94)90078-7
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annu Rev Neurosci*, 13, 25-42. doi: 10.1146/annurev.ne.13.030190.000325
- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1994). *Images of Mind*: Henry Holt and Company.

- Posner, M. I., & Raichle, M. E. (1998). The neuroimaging of human brain function. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 95(3), 763-764.
- Posner, M. I., Snyder, C. R., & Davidson, B. J. (1980). Attention and the detection of signals. *J Exp Psychol*, 109(2), 160-174.
- Posner, M. I., Walker, J. A., Friedrich, F. J., & Rafal, R. D. (1984). Effects of parietal injury on covert orienting of attention. *J Neurosci*, 4(7), 1863-1874.
- Pérez Fernández, A. (2008). *Control atencional de la lateralización visuo-espacial*. (Doctor en Ciencias de una Especialidad), Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, Cuba, La Habana, Cuba. Retrieved from <http://tesis.repo.sld.cu/371/> (minsapdocu:371)
- Rao, N. P., Arasappa, R., Reddy, N. N., Venkatasubramanian, G., & Gangadhar, B. N. (2010). Antithetical asymmetry in schizophrenia and bipolar affective disorder: a line bisection study. *Bipolar Disorders*, 12(3), 221-229. doi: 10.1111/j.1399-5618.2010.00811.x
- Riba, M. D. (1990). *Modelo lineal de análisis de la variancia*. Barcelona: Herder.
- Richardson, J. T. E. (1978). A factor analysis of self-reported handedness. *Neuropsychologia*, 16(6), 747-748. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(78\)90010-6](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(78)90010-6)
- Robertson, I. H., Tegnér, R., Goodrich, S. J., & Wilson, C. (1994). Walking trajectory and hand movements in unilateral left neglect: A vestibular hypothesis. *Neuropsychologia*, 32(12), 1495-1502. doi: 10.1016/0028-3932(94)90121-X
- Rosen, A. C., Rao, S. M., Caffarra, P., Scaglioni, A., Bobholz, J. A., Woodley, S. J., . . . Binder, J. R. (1999). Neural basis of endogenous and exogenous spatial orienting. A functional MRI study. *J Cogn Neurosci*, 11(2), 135-152.
- Ross, N. E., & Jolicœur, P. (1999). Attentional blink for color. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(6), 1483-1494. doi: 10.1037/0096-1523.25.6.1483
- Sala, S. D., Darling, S., & Logie, R. H. (2010). Items on the left are better remembered. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63(5), 848-855. doi: 10.1080/17470211003690672
- Schroeder, R. W., Twumasi-Ankrah, P., Baade, L. E., & Marshall, P. S. (2012). Reliable Digit Span: A Systematic Review and Cross-Validation Study. *Assessment*, 19(1), 21-30. doi: 10.1177/1073191111428764
- Stancey, H., & Turner, M. (2010). Close women, distant men: line bisection reveals sex-dimorphic patterns of visuomotor performance in near and far space. *British Journal Of Psychology (London, England: 1953)*, 101(Pt 2), 293-309.
- Sterne, D. M. (1969). The Benton, Porteus and WAIS digit span tests with normal and brain-injured subjects. *J Clin Psychol*, 25(2), 173-177.
- Szpak, A., Loetscher, T., Churches, O., Thomas, N. A., Spence, C. J., & Nicholls, M. E. R. (2014). Keeping your distance: attentional withdrawal in individuals who show physiological signs of social discomfort. *Neuropsychologia*(0). doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.10.008>
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (1983). *Using multivariate statistics*: Harper & Row.
- Thiebaut de Schotten, M., Urbanski, M., Duffau, H., Volle, E., Lévy, R., Dubois, B., & Bartolomeo, P. (2005). Direct evidence for a parietal-frontal pathway subserving

- spatial awareness in humans. *Science*, 309(5744), 2226-2228. doi: 10.1126/science.1116251
- Thomas, N. A., Stuckel, D., Gutwin, C., & Elias, L. J. (2009). Directional collisions during a route-following task. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(2), 225-230.
- Turnbull, O. H., & McGeorge, P. (1998). Lateral bumping: A normal-subject analog to the behaviour of patients with hemispatial neglect? *Brain and Cognition*, 37(1), 31-33.
- Vallar, G., & Perani, D. (1986). The anatomy of unilateral neglect after right-hemisphere stroke lesions. A clinical/CT-scan correlation study in man. *Neuropsychologia*, 24(5), 609-622. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932\(86\)90001-1](http://dx.doi.org/10.1016/0028-3932(86)90001-1)
- Vega, M. d. (1984). *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial.
- Visser, T. A., Zuvic, S. M., Bischof, W. F., & Di Lollo, V. (1999). The attentional blink with targets in different spatial locations. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(3), 432-436.
- Webster, J. S., Rapport, L. J., Godlewski, M. C., & Abadee, P. S. (1994). Effect of attentional bias to right space on wheelchair mobility. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(1), 129-137. doi: 10.1080/01688639408402623
- Wilson, R. A., & Keil, F. C. (2001). *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*: MIT Press.
- Winer, B. J., Brown, D. R., & Michels, K. M. (1991). *Statistical Principles in Experimental Design*: McGraw-Hill.
- Yamagishi, N., Callan, D. E., Goda, N., Anderson, S. J., Yoshida, Y., & Kawato, M. (2003). Attentional modulation of oscillatory activity in human visual cortex. *NeuroImage*, 20(1), 98-113. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119\(03\)00341-0](http://dx.doi.org/10.1016/S1053-8119(03)00341-0)

ANEXOS

Anexo 1

EDINBURGH HANDEDNESS INVENTORY (EHI)

INSTRUCCIONES: *Marque la casilla correspondiente con:*

+ una cruz, si es la mano que utiliza de modo preferente.

++ dos cruces, si es la mano que utiliza de modo muy preferente y además le resultaría imposible o muy difícil hacerlo con la otra mano.

+ una cruz, en las dos casillas cuando pueda hacerlo tan bien tanto con una mano, como con la otra.

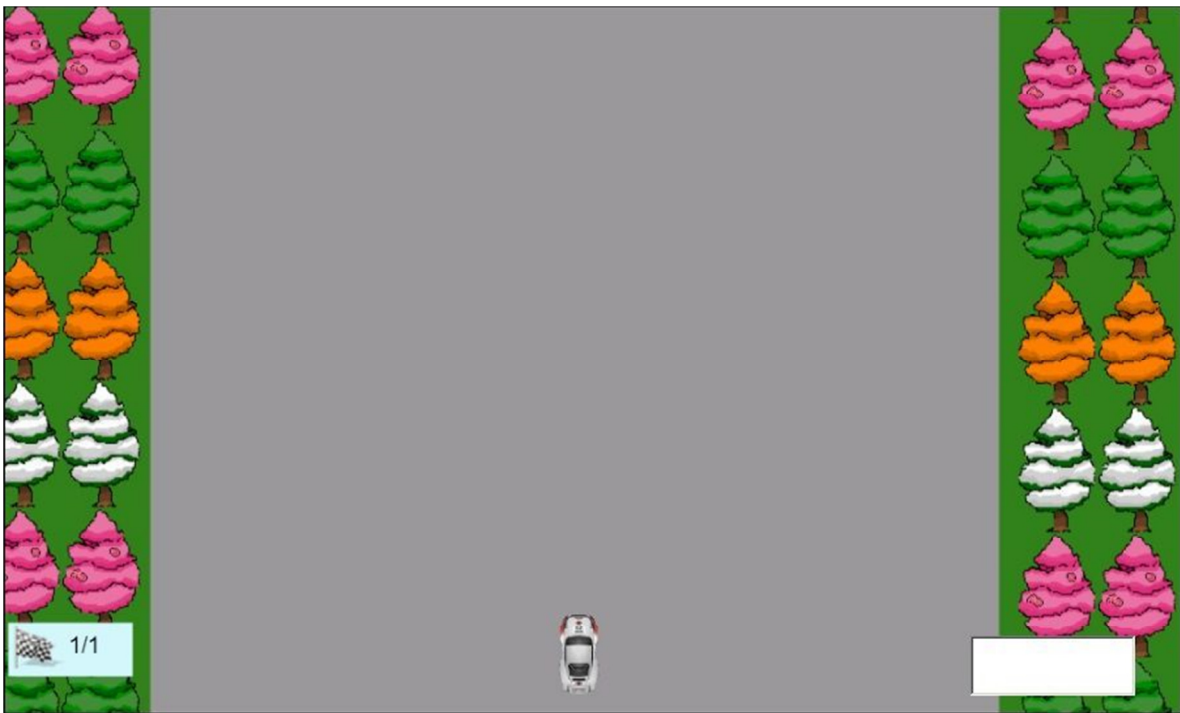
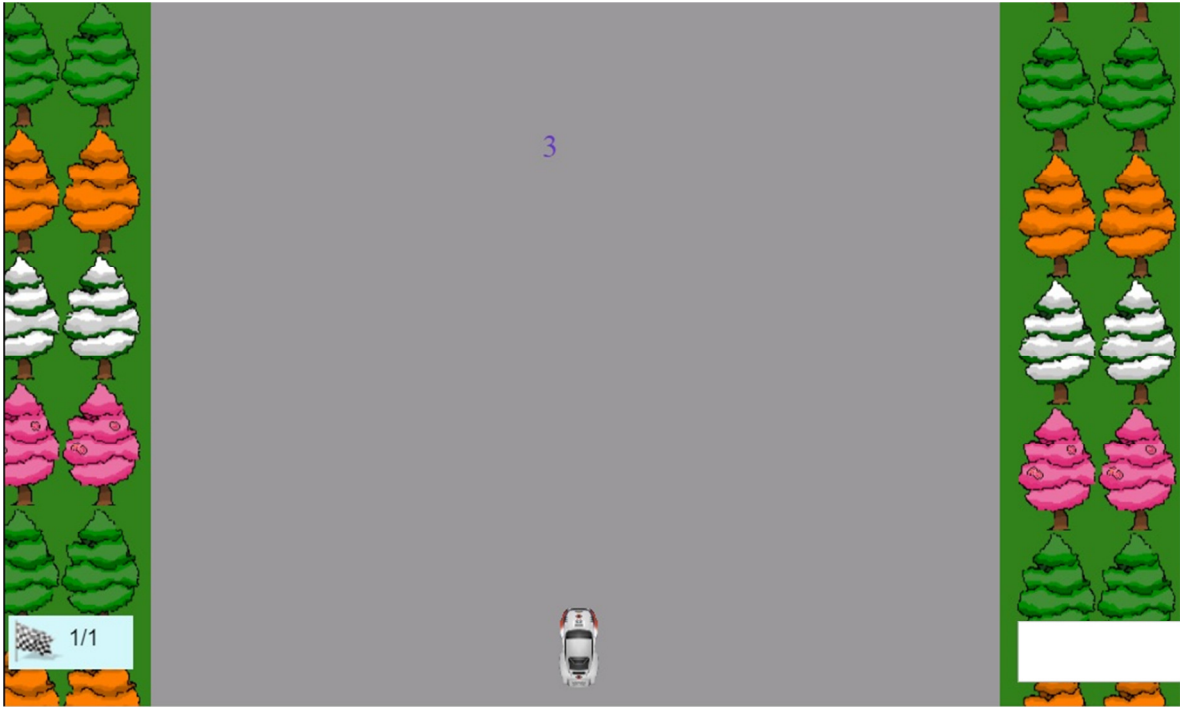
¿QUÉ MANO UTILIZA PARA?	DERECHA	IZQUIERDA
Escribir		
Dibujar		
Lanzar un objeto		
Limpiarse los dientes		
Utilizar un cuchillo (sin tenedor)		
Cortar con tijeras		
Comer con la cuchara		
La mano que coloca en la parte superior de la escoba para barrer		
Rascar una cerilla		
Levantar la tapa de una caja		

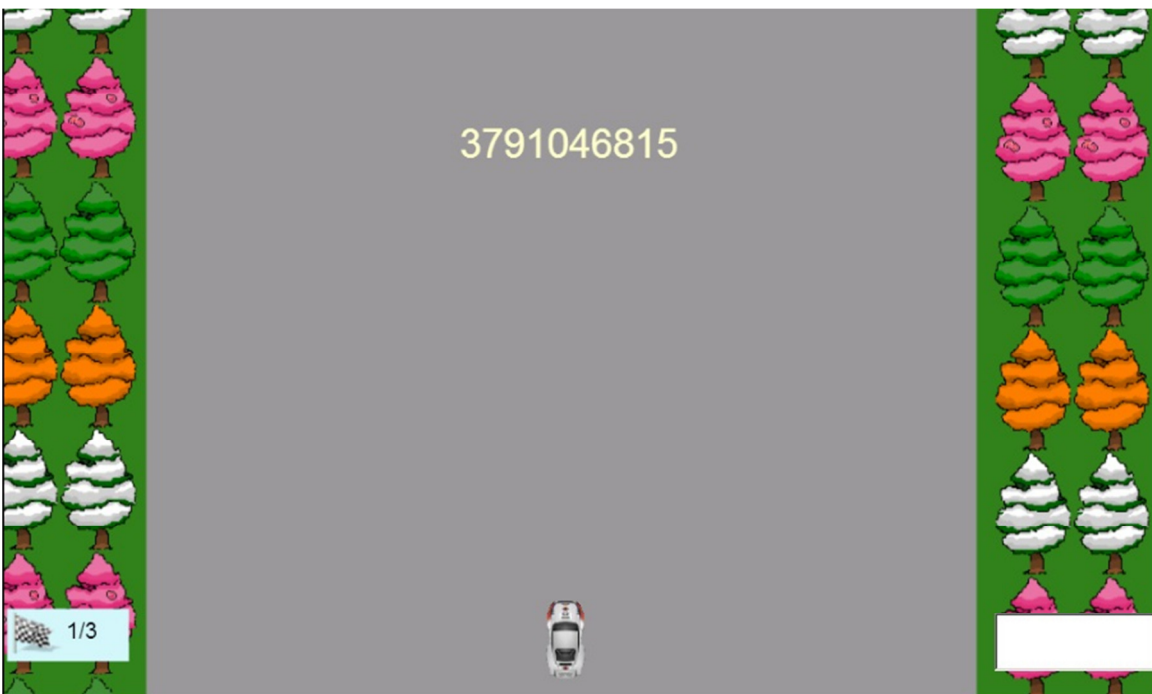
Anexo 2**Programación de salida de datos**

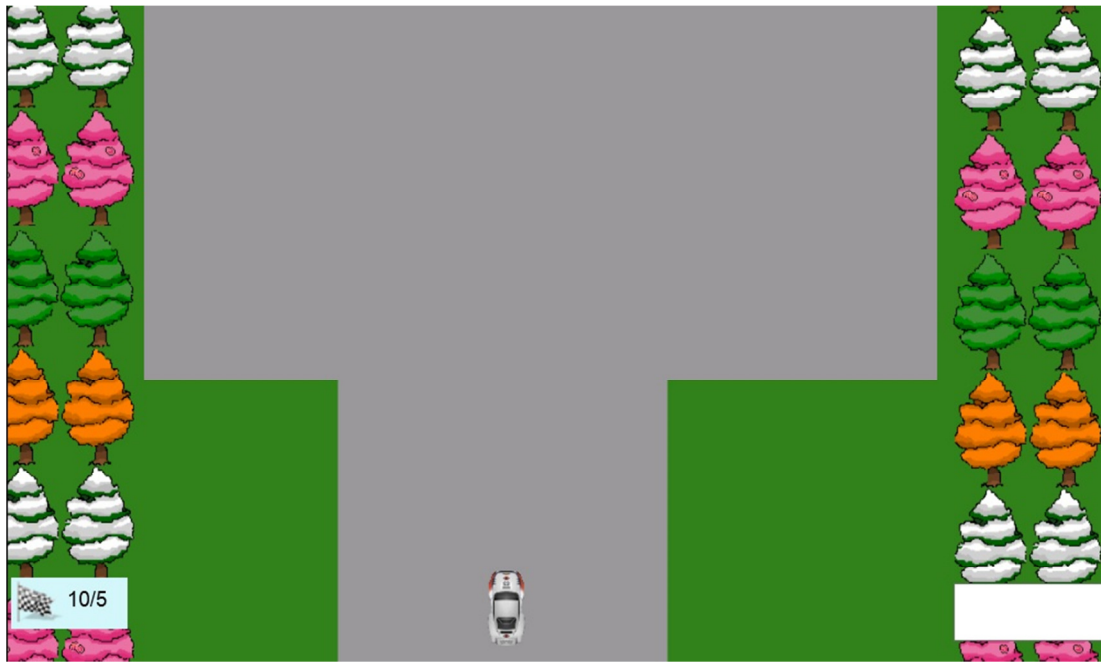
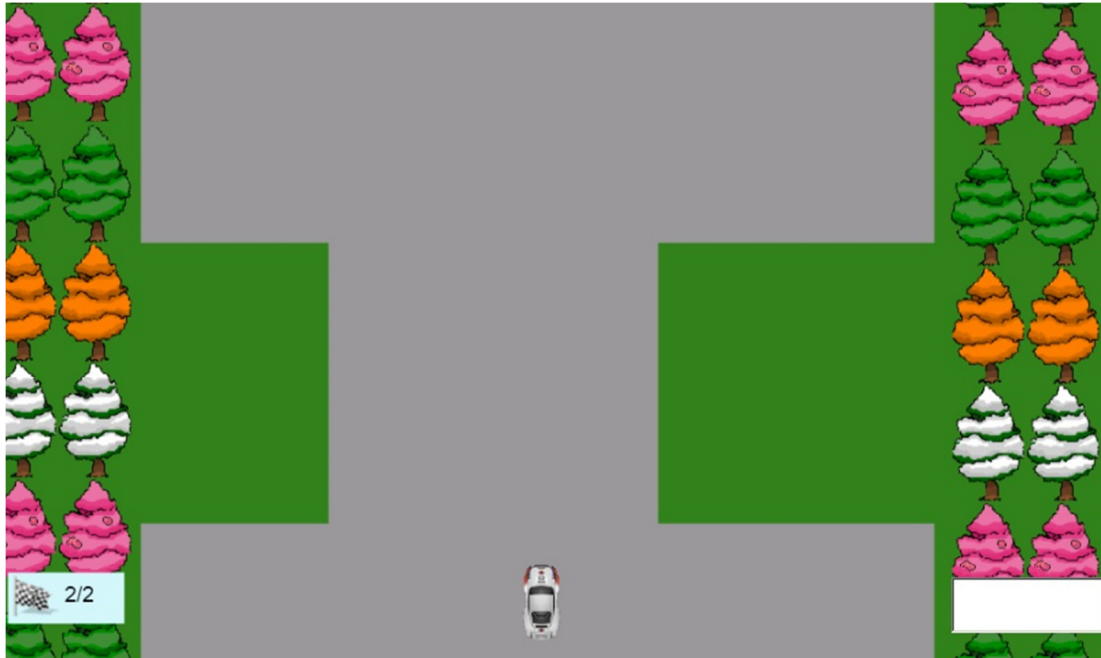
```
1  <?
2
3  session_start();
4  $urlXml=$_SESSION['xmlUrl'];
5  $user=$_SESSION['user'] ;
6  $datos=$_POST['datos'];
7  $urlXml='../Step3/'.trim($user)."data.xml";
8
9  $lines= explode(";", $datos);
10 if(file_exists($urlXml)) {
11     $xml=simplexml_load_file($urlXml);
12     }
13     else{
14
15         $xml= newSimpleXMLElement('<Data/>');
16         }
17 $base=$xml->addChild("Lap");
18
19 foreach($linesas&$dataline) {
20     $i=0;
21     $nodes= explode(";", $dataline);
22     $obst=$base->addChild("Obstacle");
23     foreach($nodesas&$value) {
24
25         $nodename="n".$i;
26         switch($i)
27         {
28             case0:$nodename="Time";break;
29             case1:$nodename="Xpos";break;
30             case2:$nodename="NCOL";break;
31             case3:$nodename="Number";break;
32             case4:$nodename="CurrentN";break;
33
34         }
35         $obst->addChild($nodename,$value);
36         $i++;
37     }
38 }
39
40 $xml->asXML($urlXml);
41 <?
```

Anexo3

CAPTURAS DE PANTALLA DEL VIDEO JUEGO







Anexo 4**Datos de Identificación de participante**

(Datos confidenciales, uso exclusivo de investigación, no se usarán individualizadamente)

Nombre	«Estudiante»
RUN	
Carrera	
Edad	
Género	M: ___ F: ___
Talla	___ Mts.
Peso	___ Kgs.
Experiencia en conducción (expresado en años)	___ años
Experiencia en videojuegos (expresado en horas semanales de juego)	___ horas semanales
Ancho de muñecas	Derecha: ___ cmts. Izquierda: ___ cmts.

Declaro, que los datos anteriores son fidedignos y que no poseo tener ningún déficit perceptual, enfermedad neurológicas o trastorno psiquiátrico que pueda afectar mi desempeño en esta tarea.

Firma Estudiante

Anexo 5**CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Valparaíso, de _____ de 20_

Yo, «Estudiante», estudiante de la Universidad de Valparaíso, manifiesto mi deseo de participar voluntariamente del estudio organizado por el académico Ps. Eduardo Jeria, de la Escuela de Psicología, acerca del tema “Manualidad, atención espacial y memoria operativa”.

Declaro saber que mi participación en el estudio consiste en ser usuario de un videojuego adaptado a la investigación, junto con la aplicación de dos test neuropsicológicos. Sé que las hipótesis específicas del estudio no se me revelarán para impedir que esto afecte los resultados.

Declaro tener conocimiento y aceptar que los resultados de mi desempeño en el estudio se utilizarán como datos de una investigación. Además, autorizo a que se recaben y registren datos generales de mi persona (edad, sexo, etc.) conservado mi identidad bajo reserva.

Sé, además, que puedo retirarme en cualquier momento del estudio, y que esto no implicará ningún perjuicio a mi persona.

Firma Estudiante