



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

**Efectos de un entrenamiento cognitivo
informatizado sobre la eficiencia de las
redes atencionales en niños**

TESIS PRESENTADA POR

Martha Elizabeth Camarero Vargas

PARA LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE

Maestra en Psicología

COMITÉ TUTORAL

Erwin Rogelio Villuendas González (Tutor)

Doctor en Ciencia del Comportamiento

Esteban Gudayol Ferré (Cotutor)

Doctor en Investigación en Medicina

Victoria González Ramírez

Maestra en Psicología

Geisa Bearitz Gallardo Moreno

Doctora en Ciencia del Comportamiento

REVISORES

Ma. de la Cruz Bernarda Tellez Alanis

Doctora en Psicología

MORELIA, MICH., FEBRERO DE 2019



Índice

1. Resumen.....	8
2. Abstract.....	9
3. Introducción.....	10
4. Justificación.....	11
5. Conceptos.....	12
5.1. Atención.....	12
5.2. Redes Neuronales.....	12
5.3. Entrenamiento cognitivo informatizado.....	12
6. Atención.....	13
6.1. Modelos del cognitivos del funcionamiento atencional.....	14
6.1.1. Modelo de Broadbent y el filtro temprano.....	14
6.1.2. Modelo de atenuación de Treisman.....	15
6.1.3. Modelo de filtro tardío de Deutsch y Deutsch.....	16
6.1.4. Modelo de Norman.....	16
6.1.5. Modelo de esquemas de Neisser.....	17
6.2. Modelo de redes a gran escala de Mesulam.....	18
6.3. Modelo de la Atención Viso-espacial de Petersen y Posner.....	21
6.3.1. Red de Alerta y Vigilancia.....	22
6.3.2. Red de Orientación.....	24
6.3.3. Red de Control Ejecutivo.....	27
6.4. Desarrollo de la Atención de acuerdo al modelo de redes atencionales.....	28
6.4.1. Desarrollo de la red de Alerta.....	29

6.4.2.	Desarrollo de la red de Orientación.....	30
6.4.3.	Desarrollo de la red de Control Ejecutivo.....	31
6.5.	Patologías relacionadas con las redes atencionales.....	31
6.6.	Medición de las redes atencionales.	33
6.6.1.	Características psicométricas del ANT original.....	35
6.6.2.	ANT para población infantil.....	37
7.	Entrenamiento cognitivo	40
7.1.	El entrenamiento cognitivo dentro de la neuro-rehabilitación	40
7.2.	Elementos clave de un entrenamiento cognitivo informatizado.....	43
7.2.1.	Retroalimentación inmediata.....	44
7.2.2.	Adaptabilidad del entrenamiento.....	45
7.2.3.	Entrenamiento específico vs. multitareas.....	46
7.2.4.	Dosis de entrenamiento	47
7.2.5.	Elementos estilo videojuego.....	48
7.3.	Distintas plataformas utilizadas en los entrenamientos informatizados	49
7.4.	Generalización o transferencia de un entrenamiento.....	49
7.5.	Entrenamientos cognitivos basados en el modelo de Atención Visoespacial.....	51
7.6.	Entrenamiento cognitivo estilo videojuego “Towi”	56
7.6.1.	Árbol musical	57
7.6.2.	Recolección del tesoro	59
7.6.3.	El show de las siluetas	60
7.6.4.	Arena Mágica.....	62
7.6.5.	Rio tropical.....	63
7.6.6.	Changos traviesos	65
8.	Método.....	66

8.1.	Objetivo	66
8.2.	Objetivos específicos	66
8.3.	Pregunta de investigación	67
8.4.	Variables	67
8.4.1.	Variables dependientes.....	67
8.4.2.	Variable independiente.....	67
8.4.3.	Variables controladas.....	67
8.5.	Hipótesis	67
8.6.	Diseño de investigación	68
8.7.	Contexto	69
8.8.	Participantes	69
8.8.1.	Criterios de inclusión a la intervención	69
8.8.2.	Criterios de exclusión para el análisis	69
8.9.	Instrumentos	70
8.9.1.	Attention Network Test child	70
8.9.2.	Batería de Funciones Ejecutivas Towi	70
8.10.	Procedimiento	70
8.10.1.	Fase pre-test	71
8.10.2.	Fase de intervención	71
8.10.3.	Fase post-test	72
8.10.4.	Fase de seguimiento	72
9.	Resultados	73
9.1.	Descripción de la muestra	73
1.1.	Correlación entre redes	75
9.2.	MANOVA	75

9.3.	Resultados del efecto de Alerta	76
9.3.1.	Comprobación de supuestos para el efecto de Alerta	76
9.3.2.	Resultados de MANOVA en relación al efecto de Alerta	77
9.4.	Resultados para el efecto de Orientación	81
9.4.1.	Comprobación de supuestos para Orientación	81
9.4.2.	Resultados de MANOVA en relación al efecto de Orientación.....	81
9.5.	Resultados del efecto de Control Ejecutivo.....	84
9.5.1.	Comprobación de supuestos para el efecto de Control Ejecutivo.....	84
9.5.2.	Resultados MANOVA en relación al efecto de Control Ejecutivo.....	85
9.6.	Resultados de la Precisión	89
9.6.1.	Comprobación de supuestos para la Precisión de la Respuesta.....	89
9.6.2.	ANOVA factorial mixto para la Precisión.....	90
9.7.	Resultados batería Towi	93
9.7.1.	Atención y memoria de trabajo: prueba “Empacar”	93
9.7.2.	Planeación. Prueba “Conducir al aeropuerto”	95
9.7.3.	Detección de dígitos. Prueba “Sala de espera”	97
9.7.4.	Inhibición. Prueba “Volar el avión”	98
9.7.5.	Detección visual. Prueba “Recoger monedas”	101
9.7.6.	Memoria verbal espontánea. Prueba “Desempacar”	102
9.7.7.	Memoria verbal por claves. Prueba “Acomodar el cuarto”	103
10.	Discusión	105
10.1.	Anexos.....	113
10.2.	Anexo A. Otras versiones del ANT	113
10.2.1.	ANT para estudios de neuroimagen.....	113
10.2.2.	Versión Revisada del ANT (ANT-R).....	114

10.2.3.	ANT no ortogonal.....	116
10.2.4.	ANT estilo videojuego: AttentionTrip®.....	119
10.3.	Anexo B. Cuestionario	121
10.4.	Anexo C. Consentimiento informado.....	124
10.5.	Anexo D. Batería “Towi”	127
10.5.1.	Confiabilidad.....	127
10.5.2.	Pase de Abordar.....	128
10.5.3.	Empacar.....	129
10.5.4.	Clima.....	131
10.5.5.	Conducir al aeropuerto	132
10.5.6.	Sala de espera.....	133
10.5.7.	Volar el avión	134
10.5.8.	Recoger monedas	135
10.5.9.	Indicación a recordar y desempacar	137
10.5.10.	Acomodar el cuarto	137
10.6.	Anexo E. Resultados del cuestionario	140
10.6.1.	Edad y años escolares cursados.....	140
10.6.2.	Uso de videojuegos, Tablet o celular y televisión.....	141
10.6.3.	Deporte y actividades artísticas, musicales o cognitivas.....	143
10.6.4.	Escolaridad de los padres	144
10.7.	Anexo E. Análisis exploratorio	145
1.1.1.	Análisis exploratorio del efecto de Alerta	145
1.1.1.	Análisis exploratorio del efecto de Orientación	151
1.1.1.	Análisis exploratorio del efecto de Control Ejecutivo	158
10.7.1.	Análisis exploratorio de la Precisión.	164

11. Referencias168

12. Índice de tablas.....176

13. Índice de Figuras.....178

1. Resumen

La atención es un sistema cognitivo complejo con su propia anatomía funcional, evolución y desarrollo. Este sistema puede ser dividido en tres redes neuronales especializadas, las cuales llevan a cabo las funciones de mantener un estado de alerta, orientar a los diversos eventos sensoriales, y controlar nuestra conducta, pensamientos y emociones. A pesar de que la atención tiene un fuerte componente genético, las experiencias también influyen en las capacidades atencionales. Los entrenamientos cognitivos estilo videojuego han mostrado ser una útil herramienta para estimular diversas funciones, se adaptan al desempeño de la persona, utilizan retroalimentación gráfica, ejercicios multitarea y registros automatizados del desempeño.

Material y método. Se analizó el impacto del entrenamiento “Towi”, implementado durante 9 sesiones, sobre la eficiencia de las redes atencionales en estudiantes de primero, segundo y tercero de primaria con el Attention Network Test infantil; su transferencia hacia otras funciones con la prueba Towi y la permanencia de los cambios 3 meses después. El entrenamiento consistió en 6 ejercicios en los que se trabajó la atención selectiva y sostenida, memoria de trabajo y a corto plazo, percepción visual, control inhibitorio, discriminación auditiva y visual, entre otras.

Resultados: Participaron 99 niños de 6 a 9 años (50% niñas, edad $m= 7.2$, $s=0.95$). Después del entrenamiento, se observaron cambios en el efecto de Alerta en los niños de 2º grado ($F(1,90)=4.75$, $p<.05$, $\eta^2=.05$), lo que se tradujo en una disminución en los TR de los ensayos precedidos por una señal de alerta. En la red de Orientación se observa una mejora de la orientación exógena ($F(2,90)=3.45$, $p<.05$, $\eta^2=.071$). El efecto del Control Ejecutivo mostró cambios importantes en los niños de 1º y 2º ($F(1,90)=19.01$, $p<.001$, $\eta^2=.174$) debido a la disminución en los TR de los ensayos incongruentes, lo cual supone una mejora en la resolución del conflicto y el control inhibitorio. Asimismo, se observó una transferencia del entrenamiento hacia la planeación, la detección visual y la memoria verbal por claves. Los cambios no continuaron tres meses después del entrenamiento.

Discusión y conclusiones. En este estudio pudimos observar que esta intervención logró acercar, en 5 semanas, la eficiencia de la Alerta y el Control Ejecutivo a los niveles observados 3 meses después. Este entrenamiento constituye una buena herramienta que complementa la estimulación social y educativa. Esta investigación es un punto de partida para el desarrollo de programas de estimulación de la atención, y da cuenta de la importancia de la integración teórica, experimental y transdisciplinaria.

Palabras clave: *Redes atencionales, entrenamiento cognitivo, control ejecutivo, cognición, videojuegos.*

2. Abstract

Attention is a complex cognitive system with its own functional anatomy, evolution and development. This system can be divided into three specialized neural networks, which carry out the functions of maintaining alertness, orienting to sensory inputs, and controlling our behavior, thoughts and emotions. Attention has an important genetic component, although experiences also impact on attentional abilities. Cognitive trainings with videogame elements have been shown to be useful tools to stimulate several functions, they use adaptive and multitasking exercises, provide feedback and automated performance scores.

Materials and method. The efficiency of attentional networks in first, second and third grade students of elementary school, was analyzed with the children's Attention Network Test and the Towit Test after 9 sessions of cognitive videogame training, and 3 months after completion of training. Training consisted of 6 exercises where selective and sustained attention, working memory, short term memory, visual perception, inhibitory control, auditory and visual discrimination, were stimulated.

Results: 99 children from 6 to 9 years old participated (50% female, $m_{age} = 7.2$, $s = 0.95$). After training, changes in Alert were observed in the trained group of 2nd grade ($F(1,90) = 4.75$, $p < .05$, $\eta^2 = .05$), due to a decrease in the RT of the stimuli preceded by a warning signal. For the Orienting network, improvement of the exogenous orientation was observed in the trained group, however improvement of endogenous orientation was observed also in the control group ($F(2,90) = 3.45$, $p < .05$, $\eta^2 = .071$). The Executive Control effect showed important changes in 1st and 2nd grades ($F(1,90) = 19.01$, $p < .001$, $\eta^2 = .174$) due to a decrease in the RT on conflict trials, probably due to an improvement in conflict resolution and inhibitory control. Also, evidence of transfer of training to planning, visual detection and verbal memory was observed. Nevertheless, post-training changes were not registered in the three-month follow-up.

Discussion and Conclusions. This intervention managed to bring the efficiency of Alert and Executive Control nearer to the levels observed 3 months later, in only 5 weeks. Videogame-like cognitive training could be an efficient complement tool to the social and educational stimulation of attention. This research is a starting point for the development of programs to stimulate attention, and it gives an account of the importance of theoretical, experimental and transdisciplinary research.

3. Introducción

El concepto de atención ha evolucionado a través del tiempo, desde ser considerada sólo como una función selectiva o un filtro limitado (Broadbent, 1958; Deutsch & Deutsch, 1963; Neisser, 1976; Norman, 1968; Treisman, 1960), hasta ser concebida como un proceso activo y complejo que incluye entre otros elementos la preparación de la tarea y el control ejecutivo; esto ha permitido dejar de entenderla como una consecuencia de las limitaciones en los sistemas de procesamiento de la información (Mesulam, 1990; Posner & Petersen, 1990).

Así mismo, durante los últimos años han surgido una serie de trabajos que nos han llevado a considerar a la atención como un sistema complejo, producto de la actividad coordinada de redes neuronales que llevan a cabo operaciones específicas de procesamiento de información (Posner et al., 2006). Este sistema actúa controlando el procesamiento en todos los niveles, desde la entrada estimular hasta la salida motora. Uno de los modelos actuales sobre el funcionamiento atencional la define como un sistema que comprende las funciones de alerta, orientación y control ejecutivo; estas funciones, aunque mantienen un cierto grado de independencia, también interactúan dinámicamente entre ellas (Xuan et al., 2016).

La atención involucra la regulación de la actividad de otros procesos cognitivos (vinculados a su vez con distintas redes neuronales), incrementado así las posibilidades de adquirir diversas y más complejas habilidades. En el ámbito educativo, la capacidad de la atención de regular otras funciones cerebrales, la hace relevante en todos los dominios del aprendizaje (Posner & Rothbart, 2007).

A pesar de que la atención tiene un fuerte componente genético, las experiencias que va adquiriendo la persona a lo largo de su vida, desde el nivel educativo de los padres, el nivel socioeconómico, la estimulación que recibe de su ambiente social y educativo pueden llegar tanto a compensar el déficit hereditario como a potenciar las capacidades existentes (Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno, & Posner, 2005). Los entrenamientos cognitivos han mostrado ser una fuerte herramienta para estimular el estado de alerta, la orientación de la atención y su componente ejecutivo (Rueda, Checa, & Cómbita, 2012). Gracias a la rehabilitación podemos deducir los factores que ayudan a mejorar el diseño de un entrenamiento cognitivo, su aplicación y su evaluación. Por otra parte, los videojuegos nos

aportan elementos para lograr diseños más atractivos, motivantes y desafiantes; y gracias a la tecnología es posible crear entrenamientos adaptados al desempeño de la persona, utilizar retroalimentación gráfica, ejercicios multitarea, entre otros (Anguera & Gazzaley, 2015).

4. Justificación

La atención es la base de todos los procesos cognitivos, ella comprende la capacidad de orientar, seleccionar, discriminar distractores y mantener la atención. En un mundo multitarea, rodeado de fuertes estímulos y nuevas tecnologías, la eficiencia de los procesos atencionales se vuelve sumamente importante para la adaptación y el aprendizaje (Rothbart & Posner, 2015).

La eficiencia de la atención es multi-determinada: diversos estudios han dado cuenta de la importancia de variables genéticas (Blasi et al., 2005; Diamond, Briand, Fossella, & Gehlbach, 2004; Fan, Wu, Fossella, & Posner, 2001; Fossella et al., 2002), de factores ambientales, tales como el nivel socioeconómico (Mezzacappa, 2004), el nivel educativo de los niños y sus padres (Rueda, Checa, & Rothbart, 2010), entre otros.

Esta evidencia indica que la atención puede ser modelada por la experiencia, lo que ha llevado a realizar diversos estudios utilizando las tecnologías de la información como herramientas de intervención para generar un cambio en la eficiencia de las redes atencionales, tanto en sujetos con alteraciones en el procesamiento atencional (Bush, 2011), como durante el desarrollo normal (Rueda, Checa, & Cómbita, 2012; Rueda, Rothbart, McCandliss, Saccomanno, & Posner, 2005), en personas mayores (Anguera et al., 2013), y en adultos sanos (Bherer et al., 2005; Olesen, Westerberg, & Klingberg, 2004; Voss et al., 2012). Estas intervenciones son posibles dado que el cerebro tiene una gran capacidad plástica que no se limita a las primeras etapas de desarrollo.

Por este motivo, intervenciones que tienen como objetivo desarrollar entrenamientos cognitivos para tener un impacto positivo sobre los procesos atencionales, pueden constituir una buena herramienta tanto para la mejora de las capacidades de los estudiantes como para su rendimiento académico y su vida diaria, ya que las redes atencionales influyen ampliamente

en otros dominios como la memoria, el lenguaje, la regulación de las emociones y del comportamiento (Posner & Rothbart, 2007a; Rothbart 2011).

5. Conceptos

5.1. Atención

La atención es un sistema cognitivo con su propia anatomía funcional, su propia evolución y desarrollo. Este sistema puede ser dividido en tres redes neuronales especializadas, las cuales llevan a cabo las funciones de mantener un estado de alerta, orientar a los diversos eventos sensoriales, y controlar nuestros pensamientos y emociones (Posner, 2011).

De forma más funcional la atención puede ser definida como “proceso que permite seleccionar la información que se quiere procesar con prioridad y eficacia, con el objetivo de controlar de forma voluntaria y consciente nuestro comportamiento” (Rueda, Conejero, & Guerra, 2016).

5.2. Redes Neuronales

Una red neuronal consiste en un conjunto de neuronas interconectadas por medio de sinapsis y por otros medios de comunicación, lo cual implica que forma un sistema tanto en el plano anatómico como en el fisiológico (y, por ende, en el cognitivo). Estas redes pueden vincular no sólo a células de áreas adyacentes, sino también a células de regiones distantes en el sistema nervioso. Gracias a las técnicas de neuroimagen se ha mostrado la manera en que un conjunto de áreas cerebrales, a pesar de que se encuentran alejadas, están interconectadas y logran orquestar hasta la más simple de las tareas. Cada área neuronal es activada y gracias a su red de conexión se logra la ejecución de una tarea (Posner et al., 2006).

5.3. Entrenamiento cognitivo informatizado

Consiste en la realización de uno o varios ejercicios que se llevan a cabo a través de una computadora (la cual puede usarse tanto para la administración de los estímulos, como para la recolección de las respuestas y su ulterior análisis) y que han sido diseñados específicamente para incrementar la eficiencia de diversos procesos cognitivos. Dichos entrenamientos

utilizan como principal herramienta ejercicios basados en los principios sustraídos de tareas clásicas utilizadas por la Psicología Cognitiva. La finalidad es que a través de la práctica repetitiva del ejercicio, junto con la manipulación en dificultad, adaptabilidad, dosis, retroalimentación y la utilización de elementos estilo videojuego, se logren fortalecer los procesos cognitivos que son reclutados para la correcta ejecución del ejercicio (Rueda et al., 2016).

6. Atención

La atención es uno de los conceptos más antiguos en la historia de la psicología. Podemos partir de la definición clásica dada por el psicólogo y filósofo William James quien fue uno de los primeros en estudiar la atención, y probablemente el primero en hablar sobre su multiplicidad (James, 1890). En sus palabras: *“Todo el mundo sabe lo que es la atención. Es la toma de posesión por la mente, de un modo claro y vívido, de uno entre varios objetos o cadenas de pensamiento simultáneamente posibles”*, su máxima más conocida es *“mi experiencia consciente es aquello a lo que yo decido atender”*.

Sin embargo, este concepto no abarca otros aspectos importantes de la atención, tales como su desarrollo, neuroanatomía, sus diferencias individuales y culturales. Podríamos comenzar por plantear la doctrina neuronal, postulada en 1887 por Ramón y Cajal (Ramón y Cajal, 1904/1995) esta doctrina establece que una neurona es una célula anatómica y funcionalmente diferenciada e independiente, con conexiones estáticas. Aunque las neuronas son células anatómicamente distintas, ahora sabemos que funcionan de manera colectiva, en conexión con otros cuerpos neuronales, así como con otras células no-neuronales, células gliales y astrocitos. Dicha conexión es dinámica y mucho más compleja de lo que lo que se pensaba (Bullock et al., 2005). Aproximadamente 90 años después encontramos la teoría del neuropsicólogo y médico ruso Alexander Luria, quien distingue entre un sistema atencional automático para orientar hacia cierto evento sensorial y un sistema atencional de alto nivel (Lurija, 1973), Luria ya daba indicios de un base neuroanatómica de la atención.

A raíz de estas teorías, se ha observado que adoptar un enfoque más amplio que logra englobar las distintas tipologías y nomenclaturas de la atención, permite un mejor manejo de

los resultados experimentales, que posteriormente llevan a realizar investigaciones más enfocados y cohesionadas (Raz & Buhle, 2006). Partiendo de este enfoque sistémico se desprenden distintos modelos atencionales que serán expuestos posteriormente.

Así mismo, tener un mayor conocimiento sobre la atención como sistema, permitirá innovar en el ámbito educativo (Rueda et al., 2010), en el tratamiento de diversas patólogas (Pauli-Pott & Becker, 2015), en la rehabilitación (McKay Moore Sohlberg & Mateer, 2001) y los entrenamientos cognitivos (Posner, Rothbart, & Tang, 2015); de igual forma nos ayudará a entender las diferencias individuales y culturales (Mezzacappa, 2004), y de forma más amplia, a la integración de la psicología y la neurociencia (Posner & Rothbart, 2007b).

6.1. Modelos del cognitivos del funcionamiento atencional

En las investigaciones sobre atención llevadas a cabo en la segunda mitad del siglo XX, diversas estructuras cerebrales fueron postuladas como susceptibles a participar en los procesos atencionales. Desde entonces, varios modelos sobre sus bases neuronales han sido elaborados. A continuación se describen algunos de esos modelos con base en las fuentes originales y en la amplia revisión realizada por Leclercq en el primer capítulo de su libro (Leclercq & Zimmermann, 2002).

6.1.1. Modelo de Broadbent y el filtro temprano

Donald Broadbent (1958) fue el primer investigador en proponer un modelo que lograra explicar el proceso de la atención selectiva, planteando el modelo del filtro temprano, el cual considera que el sistema nervioso se comporta como un sistema limitado de un solo canal.

Broadbent basaba su teoría en un experimento donde el participante repetía en voz alta un mensaje, de acuerdo a su origen espacial. Por ejemplo, el participante escuchaba en un oído el mensaje A-C-E y simultáneamente escuchaba el mensaje B-D-F en el oído contrario, posteriormente la persona debía repetir el mensaje. Se observó que la persona sólo repetía uno de los dos mensajes, dependiendo de hacia dónde había sido orientada la atención. De acuerdo con Broadbent este experimento demostraba que la seriación de la información había sido establecida por el canal. Consideraba que el sistema nervioso posee un solo canal de comunicación de capacidad limitada.

La forma en la que funciona este modelo sería la siguiente: los mensajes simultáneos presentados a la persona alcanzan los receptores sensoriales paralelos que se transfieren a la memoria a corto plazo (MCP), donde la información es procesada superficialmente en paralelo. En este punto, el sistema debe seleccionar de entre todos aquellos estímulos que entrarán al canal de capacidad limitada. Esta selección se lleva a cabo por un mecanismo de filtro basado en las características físicas del estímulo. Este filtro es ajustado de acuerdo a la información de eventos pasados almacenada en la memoria a largo plazo (MLP). Los estímulos que no fueron procesados quedarán en la MCP y después desaparecerán. Sin embargo, gracias a la repetición, la información puede permanecer en la MCP a expensas de la capacidad de transmisión del canal seriado.

Aunque este modelo lograba explicar las primeras etapas del procesamiento de la información basado en las características físicas del estímulo, fue rápidamente desaprobado por la comunidad científica, quien realizó otros experimentos donde se observaba la complementación semántica de dos mensajes fragmentados (Gray & Wedderburn, 1960). Estos hallazgos indicarían la existencia de una rápida orientación atencional de un canal a otro, permitiendo reconstruir la información fragmentada por parte del participante, lo cual era incompatible con la teoría del filtro temprano. Otros estudios demostraron que las limitaciones del procesamiento simultáneo de dos estímulos no es tan rígido como Broadbent proponía (Moray, 1959; Underwood, 1974).

6.1.2. Modelo de atenuación de Treisman

Tras realizar varios experimentos de dos canales (donde un canal se comporta como el canal de escucha esperado y el otro sería un mensaje inesperado) y obtener resultados incompatibles con el modelo de Broadbent, Anne Treisman (1960) propuso un nuevo modelo, el modelo de atenuación, donde la información recibe distintos niveles de activación.

Treisman le da una nueva función al filtro, donde no se rechaza la información que no tiene las mismas características que el mensaje esperado, propone un modelo jerárquico en el que la información puede ser procesada en dos niveles:

1. Un filtro que analiza el estímulo sensorial de acuerdo a sus características físicas (intensidad, tono, posición, etc.), donde existe una primera clasificación antes de llegar a la MLP.
2. Posterior a este primer filtrado, se realiza una discriminación dependiendo de la unidad de umbral mnémico. Es decir, pasan por un atenuador, donde solo los elementos desatendidos que tienen un umbral de activación suficientemente alto, podrán cruzar todo el sistema para ser procesados completamente. Los otros elementos que no alcanzaron un nivel de activación suficiente, no serán procesados.

6.1.3. Modelo de filtro tardío de Deutsch y Deutsch

Considerando redundante el modelo de Treisman, Anthony Deutsch y Diana Deutsch (Deutsch & Deutsch, 1963) proponen un modelo centrado en los mecanismos de reconocimiento en la memoria. Construyeron su modelo con base en datos neurofisiológicos. Consideraron que todos los estímulos son completamente analizados antes de ser seleccionados. Contrario al modelo de Broadbent y Treisman el "cuello de botella" se encontraría debajo del sistema de procesamiento, postulando de esta manera una teoría de filtro tardío.

La información será seleccionada una vez que fue procesada completamente. Así, el procesamiento dependerá no solo de las características físicas del estímulo, sino que requerirá un cierto análisis semántico. La selección resultará de la relación del estímulo con el mensaje previo, su importancia con la situación y las necesidades biológicas de la persona. El estímulo puede generar una respuesta, pero ésta dependerá de su importancia y las experiencias pasadas de la persona. Este modelo es poco eficiente, ya que requiere un análisis completo de todos los estímulos.

6.1.4. Modelo de Norman

El modelo de Norman (1968) intenta conciliar estas teorías con el hecho de que algunos elementos desatendidos del mensaje puedan ser procesados completamente. Según este autor, se asignaría un índice de pertinencia a cada señal a lo largo de la cadena de procesamiento.

Sólo las señales con un índice suficientemente alto se procesarían más profundamente. Dicho índice de pertinencia varía a lo largo de la cadena de procesamiento.

Por ejemplo, la importancia de un mensaje al principio de la cadena puede ir decreciendo durante el proceso. Al final del proceso, solo algunos elementos del mensaje serán seleccionados. Este sistema permite descartar información no relevante desde las primeras etapas de procesamiento hasta las etapas finales, aligerando las potenciales demandas de procesamiento del sistema.

6.1.5. Modelo de esquemas de Neisser

Posteriormente, el modelo de Neisser (Neisser, 1976) intenta desarrollar un postulado teórico prescindiendo de un filtro atencional. Para este autor, la persona selecciona la información que considera pertinente en relación a sus expectativas y experiencias previas, la información sin importancia será ignorada. Los estímulos o los pensamientos incompatibles con el esquema actual no tendrán acceso a la conciencia de la persona.

El autor define el esquema como “una porción del ciclo perceptual completo que es interna al perceptor, modificable por la experiencia, y de alguna manera específica a lo que se está percibiendo”. El esquema es lo que le permite a la persona muestrear y seleccionar, dentro del medio ambiente, la información relevante para llevar a cabo la acción, estará relacionado con sus expectativas y experiencias; gracias a la experiencia los esquemas serán modificados para ser más eficientes.

Neisser distingue dos tipos de esquemas:

1. El esquema innato, que comprende todos los estímulos que están continuamente activos y orientan la atención tales como un ruido fuerte, dolor, o cambios bruscos del medio ambiente.
2. Otros esquemas que se desarrollan a través de las experiencias de la persona.

El ver la percepción como un modelo dinámico es una de las ventajas del modelo de Neisser, así como resolver varias cuestiones como integrar las expectativas de la persona, las experiencias pasadas y su aprendizaje, el concepto de meta y el contenido perceptual. Es decir, lo que antes se consideraba la atención como un concepto ahora es una función.

Sin embargo, este modelo arriba-abajo no explica fácilmente la capacidad de procesar rápidamente estímulos nuevos, inesperados, irrelevantes o no relacionados. Podría considerarse que estos modelos son complementarios, el modelo de esquemas de Neisser determina *por qué* algo fue seleccionado mientras que los modelos de filtro explicarían *cómo* sucedieron las cosas y las limitaciones del análisis de los estímulos.

Los experimentos de escucha dicotómica fueron desplazados del ámbito experimental por dos importantes razones. Primeramente, la ambigüedad en cuanto al término “canal de información”, que es utilizado en muchos de los modelos descritos anteriormente. Lecas (1992) explica que ésta confusión se debe a que el canal se concebía como un concepto físico, y no como el contenido pertinente del mensaje, es decir, en términos de comprensión. Así como el término “canal de información” donde información y significado no se distinguen de manera explícita.

Otra razón por la cual estos experimentos se detuvieron fue gracias a las observaciones de procesos semánticos que se llevan a cabo de manera involuntaria y automáticamente, es decir, sin conocimiento del sujeto. De hecho, diferentes estudios han mostrado que, bajo ciertas circunstancias, el significado del mensaje que no fue atendido puede haber sido procesado de forma inconsciente. Por ejemplo, el procesamiento del lenguaje hablado puede llevarse a cabo de forma automática independientemente de la voluntad del sujeto (Dijksterhuis & Aarts, 2010).

6.2. Modelo de redes a gran escala de Mesulam

En 1990, Marsel Mesulam describe su paradigma sobre las redes neuronales a gran escala que involucra diversas estructuras corticales y subcorticales, sus estudios se basan en evidencias médicas observadas en pacientes con diversas afectaciones como la negligencia unilateral, así como estudios en monos que han sufrido lesiones específicas.

Las redes a gran escala se componen de diversas redes locales separadas e interconectadas, dichas redes logran explicar procesos cognitivos más complejos, tales como la atención dirigida espacial, el lenguaje, la memoria y aprendizaje, así como el funcionamiento del lóbulo frontal (Mesulam, 1990).

La red de atención dirigida hacia un aspecto relevante del espacio extra-personal fue estudiada con pacientes con negligencia unilateral, los cuales presentan afectaciones perceptuales, motoras y límbicas. Derivado de estas observaciones postula la existencia de tres componentes o tres redes locales de la atención espacial dirigida:

1. El componente parietal posterior, ubicado en el área PG, provee una representación sensorial del espacio extra-personal.
2. El componente frontal, ubicado en el campo visual frontal (FEF, por sus siglas en inglés), el cual proporciona un mapa de la distribución y orientación de los movimientos exploratorios.
3. El componente cingulado, que proporciona un mapa de los valores asignados a las coordenadas espaciales.

Estos componentes se comunican entre ellos a través de distintas estructuras, en la Figura 1 se muestra la red a gran escala de la atención dirigida. Y las estructuras involucradas como el Campo Visual Frontal (FEF), el surco intraparietal (IPS), la corteza parietal medial (MPC), el lóbulo parietal superior (SPL), parte posterior de la corteza dentro del surco temporal superior (STSp), parte dorsal de área 45 (45d), parte posterior del área 46 (46p), PG, designaciones citoarquitectónicas 6 (referirse al estudio de Mesulam 1990).

Este modelo tiene gran aplicación en el área de la neurología y la neuropsicología clínica porque que logra explicar las afectaciones provocadas por distintas patologías o lesiones, ya que fue creado desde una perspectiva dicotómica entre los componentes sensoriales y motores, una lesión en cualquier sitio o vía importante pueden causar negligencia. Por ejemplo, las lesiones frontales pueden causar negligencia y también las lesiones del lóbulo parietal, ya que se encuentran interconectadas.

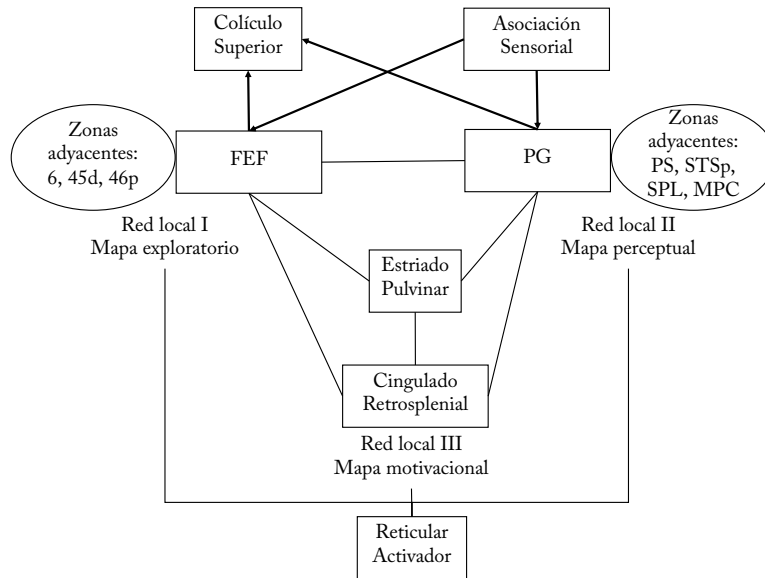


Figura 1. Modelo de red de gran escala de la atención dirigida. Adaptado de Mesulam, 1990.

Además, los tres componentes mencionados recibirían proyecciones troncoencefálicas y talámicas del sistema reticular. Este input será importante para modificar el nivel de arousal en cada región cortical.

En estudios posteriores propone la existencia de 4 sistemas de redes neuronales:

1. El sistema reticular, encargado de mantener el nivel de alerta y vigilancia.
2. El sistema límbico y del giro cingulado, que otorga una valencia motivacional a los procesos atencionales.
3. El sistema Parietal, el cual crea una representación o mapa sensorial interno de la atención.
4. El sistema Frontal, que coordina los programas motores en la búsqueda de metas.

El modelo de Mesulam, es un modelo de redes, que si bien puede ser aplicado en adultos sanos o con alguna lesión puede resultar limitado al tratar de explicar la implicación de la atención en el desarrollo, el control inhibitorio y la función ejecutiva.

6.3. Modelo de la Atención Viso-espacial de Petersen y Posner

Los modelos expuestos se basan en la atención selectiva a nivel auditivo, sensorial y motor, pero ¿cómo ocurre el proceso de la atención a nivel visual? Uno de los modelos que logra explicar el proceso de la atención a este nivel es el modelo del psicólogo Michael I. Posner y el neurólogo Steve E. Petersen (Petersen & Posner, 2012; Posner & Petersen, 1990) quienes postulan la existencia de tres redes de grupos neuronales interconectados y complementarios vinculados al procesamiento atencional. Los autores han estudiado estas redes por más de 20 años.

Hasta 1990, la mayoría de los estudios sobre la atención se basaban en observaciones conductuales. Más recientemente, gracias a las técnicas de neuroimagen se logró observar la existencia de redes de áreas neuronales que se encuentran relacionadas con la atención (Posner et al., 2006). En su revisión de 1990, Posner y Petersen sugirieron tres conceptos básicos:

1. El sistema de atención se encuentra anatómicamente separado de los sistemas de procesamiento que manipulan los estímulos entrantes, la toma de decisiones y la producción de respuesta.
2. La atención utiliza una red de áreas anatómicas.
3. Estas áreas anatómicas llevan a cabo diferentes funciones que se pueden especificar en términos cognitivos.

Lo más innovador de sus estudios, era la base anatómica del sistema de atención. En la **Figura 2** se muestran las estructuras relacionadas a cada una de las tres redes de atención propuestas por Petersen y Posner en 1990.

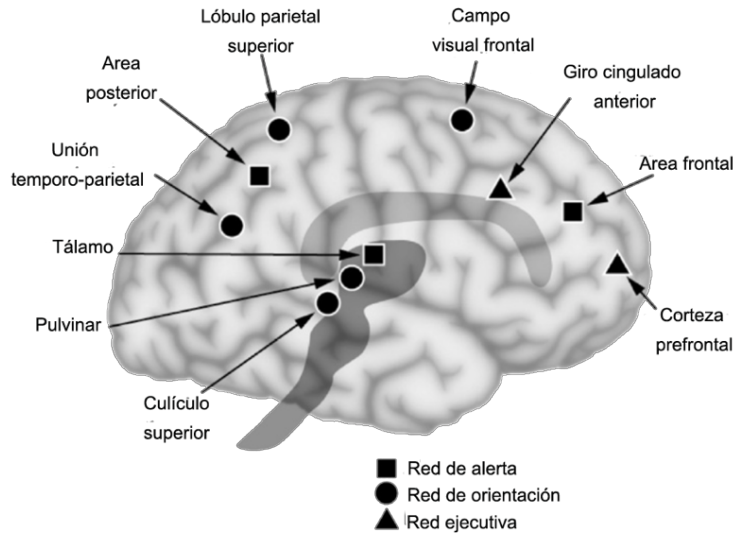


Figura 2. Anatomía inicial de las tres redes atencionales (adaptada de Posner y Rothbart 2007)

Las redes atencionales son especiales ya que su objetivo principal es influir en el funcionamiento de otras redes cerebrales. Las tres redes atencionales son: la red de alerta, que participa en la adquisición y mantenimiento del estado de alerta, localizada principalmente en el tallo cerebral y varios sistemas del hemisferio derecho; la red de orientación a los estímulos sensoriales, enfocada principalmente a la corteza parietal; y la red de control ejecutivo involucrado en la resolución de conflictos entre sistemas neuronales, regulando pensamientos y sentimientos (Jin Fan, McCandliss, Fossella, Flombaum, & Posner, 2005). El modelo de Petersen y Posner ha mostrado tener grandes ventajas, ya que ha podido ser estudiado a nivel cognitivo, químico, anatómico y genético (J Fan et al., 2001).

A continuación se muestra una descripción de las tres redes atencionales de acuerdo a la revisión de Posner y Petersen (Petersen & Posner, 2012).

6.3.1. Red de Alerta y Vigilancia

Su función es producir y mantener un estado óptimo de vigilancia durante una tarea, es decir, pasar de un estado de reposo a un estado de preparación. Se distinguen dos clases más de alerta: tónica y fásica. La alerta tónica o intrínseca se refiere al nivel de vigilia y excitación. Mientras que el estado de alerta fásica representa la capacidad de aumentar la preparación de la respuesta hacia un objetivo, posterior a una señal de alerta.

La red de alerta está asociada con la activación del tálamo y diversas regiones frontales y parietales. En los primeros estudios se relacionaba solo con el hemisferio derecho (Posner & Petersen, 1990) pero estudios más reciente muestran que los dos hemisferios actúan en esta red dependiendo del estado de alerta fásico o tónico (Fan et al., 2005).

Para su estudio, se utiliza una señal de alerta antes de presentar el estímulo (frecuentemente se utiliza un asterisco / * / al centro de la pantalla como señal de alerta visual) para producir un cambio fásico en el estado de alerta, logrando reemplazar el estado de reposo con un nuevo estado de preparación a la acción para poder detectar y responder a una señal esperada. Esta señal de alerta logra producir un cambio en la velocidad de reacción y mayor rapidez para orientar la atención (Posner & Petersen, 1990).

Una variación de esta tarea es presentar la señal de alerta en un lugar distinto de la pantalla al que será presentado el estímulo, esto nos permite el estudio tanto de red de alerta como la red de orientación. La red de alerta responde a la pregunta sobre ¿cuándo aparecerá el estímulo? Mientras que la red de orientación responde a la pregunta de ¿dónde aparecerá el estímulo?

Aunque la red de orientación y la alerta no están relacionadas (Fan, McCandliss, Sommer, Raz, & Posner, 2002) trabajan juntas en situaciones de la vida diaria, sobre todo cuando un evento proporciona información sobre el cuándo y el dónde (Jin Fan et al., 2009).

El estado de alerta es muy sensible a los cambios del ritmo circadiano de la persona, debido al incremento o decremento de los niveles de cortisol y la temperatura corporal. Durante el día se puede observar un aumento en la velocidad de reacción muy temprano en la mañana, una disminución durante el día, aumentando nuevamente durante la noche y la madrugada (Gazzaniga, 1975). Otras investigaciones utilizan la fatiga extrema para medir la atención sostenida, una observación muy importante gracias a estos experimentos de fatiga es la lateralización de la vigilancia hacia el hemisferio derecho (Posner & Petersen, 1990).

Otros estudios han dado cuenta de la importancia del locus cerúleo en los niveles de alerta, éste locus es la fuente de noradrenalina (NA), la cual se distribuye a lo largo de toda la vía noradrenérgica (Aston-Jones & Cohen, 2005). Al utilizar inhibidores de NA tales como la guanfacina y clonodina, se ven seriamente deteriorados los niveles de alerta y vigilancia (Marrocco & Davidson, 1998).

En estudios de la red de alerta realizados con electroencefalografía (EEG) se observa un cambio negativo conocido como “contingent negative variation” (CNV), este cambio se observa al presentarse la señal de alerta y se mantiene hasta la presentación del estímulo. Esta señal proviene del cíngulo anterior y estructuras adyacentes (Nagai et al., 2004) y puede permanecer presente como una onda estacionaria sobre al área parietal del hemisferio contralateral. En caso de que la persona conozca el intervalo entre la señal y el estímulo el CNV se presentará justo antes de la presentación del objeto.

6.3.2. Red de Orientación

Se enfoca en la habilidad de priorizar las entradas sensoriales al seleccionar una modalidad (auditiva, visual, táctil) y una ubicación. La orientación puede ser **exógena** o reflexiva cuando un evento súbito llama la atención de la persona hacia un determinado lugar; y puede ser **endógena** o voluntaria cuando la persona busca su objetivo dentro de un campo visual. Involucra tres elementos:

1. Desenganchar la atención del foco actual.
2. Mover la atención hacia un nuevo objetivo o modalidad sensorial
3. Fijar la atención hacia el nuevo objetivo o modalidad sensorial.

Algunas observaciones muy interesantes sobre la red de orientación visual, es el hecho de que las áreas relacionadas con esta red parecen superponerse a las relacionadas con la orientación a estímulos no visuales (Driver et al. 2004). Por lo tanto, la orientación no se encuentra limitada a un sistema sensorial, en muchos casos, cuando la atención es orientada hacia un lugar específico, no solo se le dará prioridad a una modalidad sensorial sino también a toda la información presente en el mismo lugar, pero recibida a través de otros sentidos.

En los primeros estudios sobre las redes atencionales, la red de orientación fue llamada red posterior, se pensaba que se localizaba solo en el área parietal, en los núcleos pulvinares y el cíngulo superior, en donde el córtex parietal se encarga, por una parte, de la focalización voluntaria hacia un área dada (en particular el surco intraparietal) y la desfocalización de la atención de esta área hacia otra área (la unión temporo-parietal); el cíngulo superior ayudará a desplazar la atención hacia la nueva área y el tálamo a fijar la atención sobre ésta.

Estas áreas fueron identificadas utilizando solo estímulos visuales, actualmente, se sabe que también áreas frontales, así como posteriores están involucradas en la orientación de la atención.

Gracias a estudios realizados con Resonancia Magnética funcional (RMf) se observó que dos sistemas cerebrales están relacionados con la orientación hacia estímulos externos (Corbetta & Shulman, 2002): el sistema dorsal y sistema ventral.

6.3.2.1. Sistema dorsal

Incluye áreas frontales como el campo visual frontal, así como el surco intraparietal del lóbulo parietal superior. Este sistema es activado en tareas de flancos (ver Figura 3) y ejerce un control rápido y estratégico de la atención. Cuando las flechas que rodean al objetivo son incongruentes, la persona debe cambiar su foco de atención hacia solamente el objetivo, es decir, interrumpir la señal y permitir que el cambio ocurra.

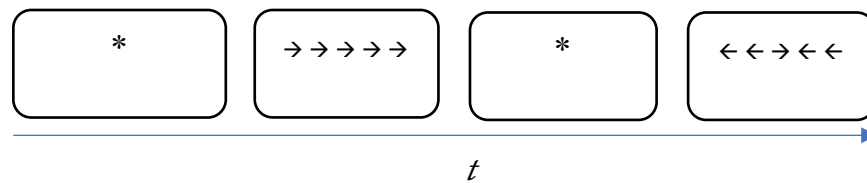


Figura 3. Tarea de flancos. La flecha objetivo se encuentra en el centro, se presenta en dos condiciones, ya sea rodeada de flancos congruentes (segundo cuadro) o incongruentes (último cuadro)

Es importante mencionar la discusión con relación al campo visual frontal, ya que esta área neuronal se encuentra más relacionado con los movimientos sacádicos durante la lectura (Corbetta & Shulman, 2002), pero gracias a estudios de fisiología de una sola unidad en simios se ha observado que ciertas poblaciones de neuronas se encuentran activas durante los movimientos sacádicos y otras poblaciones de neuronas se encuentran activas durante el cambio de la atención (Schafer & Moore, 2007).

En cuanto a la neuroquímica de esta red, gracias a estudios que utilizan escopolamina (Davidson & Marrocco, 2000) como bloqueador de la acetilcolina inyectado directamente en el área lateral intraparietal del simio, área que corresponde al lóbulo parietal superior del humano, la orientación de la atención se veía seriamente afectada, sin embargo, la habilidad

para responder a una señal de alerta no se veía afectada, lo que demuestra el rol de la Acetilcolina (Ach) en la red de orientación.

6.3.2.2. *Sistema ventral*

En la tarea de flancos, antes mencionada, el cambio de la atención activa el sistema ventral, el cual comprende la unión temporo-parietal y el córtex ventral frontal.

La unión temporo-parietal está más relacionada con el seguimiento del objetivo y ha sido identificada como una red responsable de los eventos sensoriales. Este sistema está fuertemente lateralizado hacia el hemisferio derecho.

La sincronización entre las áreas cerebrales que comprenden la red de orientación lleva a una mayor sensibilidad del sistema visual, permitiendo tener respuestas más rápidas y un mejor procesamiento hacia los objetivos visuales.

En la Figura 4 se puede observar las estructuras que comprenden estos dos sistemas, en color verde se indica las estructuras del sistema dorsal (el campo visual frontal y el surco intraparietal superior) y en color turquesa las estructuras del sistema ventral (la unión temporo-parietal y la corteza ventral-frontal)

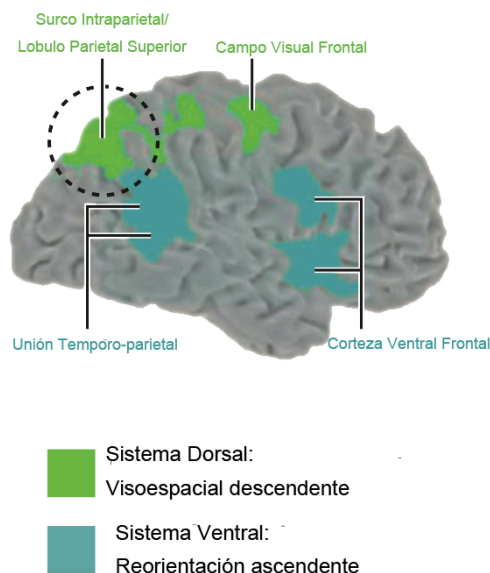


Figura 4. Sistema ventral y dorsal de la red de orientación (adaptada de Petersen & Posner, 2012).

6.3.3. Red de Control Ejecutivo

Las funciones principales de la red de control ejecutivo es detectar y seleccionar un objetivo, así como la programación motriz de la respuesta. En la vida diaria el control ejecutivo es necesario en situaciones que implican planeación, toma de decisiones, detección de errores, condiciones peligrosas o difíciles y para resolver problemas modificando o generando nuevas soluciones.

Esta red fue también llamada red anterior, ya que comprende principalmente el córtex medio frontal y la corteza cingulada anterior (CCA), esta última área es ampliamente estudiada debido a su frecuente activación, principalmente en las situaciones de conflicto, tales como el efecto Stroop, también se ha observado su función en la regulación de la cognición y las emociones (Bush, Luu, & Posner, 2000).

Durante los últimos años, se ha observado que otras estructuras cerebrales también se encuentran relacionadas a la atención ejecutiva, lo que ha llevado a crear dos corrientes principales. Una de ellas afirma el rol del ACC tanto para monitorear la tarea de conflicto como para resolverla. Otra corriente propone la existencia de dos subredes ejecutivas descendentes (*top-down*) (Dosenbach et al., 2007). Para mostrar estas dos redes, Dosenbach empleó la Resonancia Magnética funcional y analizó los datos utilizando la conectividad funcional del estado de reposo.

6.3.3.1. Red fronto-parietal

Esta primera red comprende el córtex prefrontal dorsolateral y el surco intraparietal, estas áreas cerebrales se encuentran fuertemente correlacionadas durante el inicio de la tarea, durante actividades erróneas y cambios de actividad. Esta red se encuentra separada de la red de orientación en la edad adulta, sin embargo, se piensa que la red de orientación y la red ejecutiva pueden tener un origen común durante las primeras etapas del desarrollo.

6.3.3.2. Red cíngulo-opercular

Esta segunda red comprende el cíngulo dorsal anterior/el córtex medio frontal superior, la ínsula anterior/el opérculo frontal, y el córtex prefrontal anterior. Esta red se muestra activada durante toda la realización de la tarea, lo que podría indicar que esta red es la responsable de

controlar el comportamiento orientado a la meta a través del mantenimiento estable de actividad durante un conjunto de tareas.

Estas dos redes son independientes, actúan en diferentes temporalidades y utilizan diferentes mecanismos. Sin embargo, se encuentran interconectadas y existe comunicación entre ellas (Dosenbach, Fair, Cohen, Schlaggar, & Petersen, 2008).

La diferenciación de estas dos redes también se ha observado en lesiones tanto humanas y animales. En animales las lesiones fronto-parietales y de cuerpo calloso, parecen no afectar las funciones de la red cíngulo-opercular (Rossi, Bichot, Desimone, & Ungerleider, 2007).

Tanto el CCA como la corteza prefrontal lateral son objetivos del sistema dopaminérgico tegmental ventral, por lo que la neuroquímica de esta red se puede relacionar con los niveles de dopamina (Posner & Petersen, 1990) más específicamente con la densidad de receptores dopaminérgicos D1 y D4, determinados principalmente por factores genéticos (Fossella et al., 2002; McNab et al., 2009).

6.4. Desarrollo de la Atención de acuerdo al modelo de redes atencionales

Durante los primeros años de vida, uno de los mayores cambios que se da en la conexión neuronal es en la red de atención ejecutiva. Con la edad, los niños cambian de una regulación externa por parte de sus cuidadores principales y los cambios en el ambiente hasta lograr autorregular sus acciones y sus emociones. Durante la infancia las funciones de alerta, orientación y control ejecutivo son menos independientes (Rueda & Posner, 2013).

Las funciones de la atención ejecutiva se solapan con las llamadas Funciones Ejecutiva las cuales se encargan de orquestar varios procesos para lograr planear y dirigir hacia una meta una acción, incluyendo la memoria de trabajo, cambios en el pensamiento, flexibilidad, control inhibitorio y el monitorio de conflicto.

En el modelo de Petersen y Posner la red de alerta y orientación maduran rápidamente durante la infancia y la niñez temprana, aunque continúan desarrollándose hasta la niñez tardía, este cambio se manifiesta en la preparación y la selección de la tarea. La red de atención ejecutiva, tiene una maduración más extensa, comienza a partir del primer año de vida y

continúa durante la infancia hasta la adolescencia, sin embargo, se ha observado un pico de desarrollo más pronunciado desde el primer año hasta aproximadamente los 7 años (Rueda et al., 2004), estos cambios se deben principalmente a una mayor conectividad funcional del lóbulo fronto-parietal (Power, Fair, Schlaggar, & Petersen, 2010).

6.4.1. Desarrollo de la red de Alerta

La red de alerta es la que presenta un desarrollo más temprano, ya que la activación del sistema nervioso central implica la entrada de sistemas del tronco del encéfalo que modulan la activación de la corteza, el principal de ellos es el locus coeruleus, la fuente de la norepinefrina del cerebro, en el recién nacido esta estructura ya se encuentra desarrollada.

Alrededor de las 12 semanas de vida los bebés logran mantener un cierto estado de alerta, ya que a esta edad comienzan a ser más activos y aumenta el porcentaje de horas que están despiertos en comparación con los neonatos (75% del tiempo dormidos), A partir de los 3 meses, responden en mayor medida a eventos exógenos y utilizan mecanismo de arousal de bajo nivel, la atención mayormente es reactiva. Posteriormente la frecuencia y la duración de los periodos de alerta irán aumentando durante el primer año (Rueda & Posner, 2013)

En el estudio de Mezzacapa del 2004, donde se utilizó el ANT para niños, se observó que con la edad los niños tienden a incrementar su efecto de alerta, es decir, la diferencia entre el TR de un ensayo con y sin señal aumenta, en este caso, en niños mayores, los ensayos con señal disminuyen su TR y las omisiones disminuyen, lo que indica una mayor capacidad para permanecer vigilantes durante la tarea.

En otro estudio en el cual se utilizó una batería estilo juego computarizado para medir las tres redes atencionales en niños de 5 a 8 años, se observó que los niños de 5 años parecen necesitar más tiempo para beneficiarse de una señal de alerta y su capacidad para mantener el nivel óptimo del estado de alerta es menor que en los niños de 8 años (Berger, Jones, Rothbart, & Posner, 2000). Los niños de 8 años logran mantener por más tiempo un estado óptimo de alerta, sin embargo, aún a los 10 años, se muestran dificultades para mantener el estado de alerta sin una señal de alerta, en comparación con los adultos (Rueda et al., 2004), lo que sugiere que la atención tónica se continúa desarrollando hasta finales de la niñez.

A finales de la niñez y principios de la adolescencia, los cambios en alerta, se relacionan con la maduración de los sistemas frontales, este cambio ha sido observado, utilizando EEG y el registro de la variación contingente negativa (CNV por sus siglas en inglés), donde varios estudios han observado un aumento en la amplitud de la CNV entre los 6 y los 10 años, lo que sugiere un papel importante de la red de alerta frontal en la maduración.

6.4.2. Desarrollo de la red de Orientación

El desarrollo de la orientación se da en etapas muy tempranas del desarrollo, estudios en bebés que utilizan técnicas de rastreo ocular, observan estabilidad en la asociación entre el objetivo y una ubicación específica a los 4 meses de edad, lo que refleja la maduración del ganglio basal parietal relacionado con el circuito de aprendizaje implícito en adultos (Clohessy, Posner, & Rothbart, 2001). Solo la velocidad del movimiento voluntario y su precisión continúan desarrollándose a lo largo de la infancia.

Desde los 4 meses de edad, es la red de orientación la que se encarga del control de la atención, esta orientación es exógena, se ejerce a través del cuidador principal. Posteriormente será la red de atención ejecutiva la que se encargue de la regulación conductual y emocional de la persona, sin embargo, la red de orientación sigue sirviendo como sistema de control exógeno y endógeno. Este cambio importante entre el control del cuidador y al auto-control es consecuencia del cambio que se da a nivel de conectividad. La operación paralela entre la red de orientación y la red ejecutiva es consistente con la diferencia que se observa entre la red fronto-parietal, la cuál ejerce un control en intervalos cortos, y la red cíngulo-opercular la cual ejerce un control estratégico en intervalos largos (Dosenbach et al., 2007).

El primer estudio realizado con el ANT en su versión para niños (Rueda et al., 2004), no observó cambios en la red de orientación de los 6 años a la edad adulta, la mejora en el TR en la red de orientación con la edad se da de forma constante, sin embargo, esto se debe principalmente a que el ANT para niños no se utiliza ninguna señal de orientación inválida esto hace que la demanda de desenganche de la atención sea muy baja.

En otros estudios donde sí se utilizan señales de orientación inválidas y donde se requiere un cambio de la atención voluntaria (Akhtar & Enns, 1989), se logra observar una interacción

más fuerte entre la orientación y el conflicto que se reduce a la edad de 5 años, el tiempo que se requiere para desenganchar la atención se reduce con la edad pero el movimiento voluntario de la atención hacia un señal periférica no muestra cambios entre los niños de 6 años y los adultos.

6.4.3. Desarrollo de la red de Control Ejecutivo

La red responsable del control voluntario en niños mayores y adultos es la red de control ejecutiva o control ejecutivo. Esta red se desarrolla posterior a la red de orientación, es hasta los 3 años que los niños comienzan a regular su comportamiento después de cometer un error, esto se observa en la tarea de Simon al hacer más lenta la siguiente respuesta después del error, similar a como ocurre en los adultos. Los niños de entre 3 y 4 años muestran tiempos de reacción más largos al resolver ensayos incongruentes.

Entre los 4 y 8 años es cuando se observa una mejora en la red de atención ejecutiva, esto corresponde al estudio de RMf de Fjell et al., donde se estudió a 735 personas de 4 a 21 años y se observó una relación entre del tamaño del cíngulo anterior y el desempeño en la tarea de flancos en niños de 4 a 8 años, posterior a esta edad, lo que aumenta es la conectividad entre esta área y otras áreas cerebrales, lo cuál es consistente con otros estudios que utilizan el ANT y han observado que el tiempo de reacción continua disminuyendo hasta la edad adulta.

6.5. Patologías relacionadas con las redes atencionales

En el 2011 el psiquiatra G. Bush logra identificar las áreas anormales del cerebro relacionadas con la neuropatofisiología del Trastorno por déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH). En particular, se detectó una hipoactividad de las redes cognitivas-atencionales del cíngulo-frontal-parietal. Este estudio diferenció el control cognitivo, ubicado en la parte dorsal del cíngulo anterior, del control emocional, ubicado en la parte ventral del cíngulo anterior, este último es responsable del auto-control (Bush, 2011). También se demostró cómo estas áreas interactúan con otros circuitos cerebrales implicados en el TDAH, lo que reafirma y enriquece los estudios anteriores sobre las redes atencionales desde la perspectiva de la patología.

En el 2013 un estudio meta-analítico identificó, en niños y adolescentes con TDAH, las áreas neuronales que se encuentran hipoactivas al realizar tareas de inhibición y atención (Hart, Radua, Nakao, Mataix-Cols, & Rubia, 2013). Para la inhibición se seleccionaron tareas de inhibición de respuesta motora (*Go/no-go task*, *Stop task*) y tareas de inhibición de la interferencia (*Simon task*, *Eriksen flanker task*, *Stroop task*). Para la atención se seleccionaron tareas de atención selectiva visoespacial (*Oddball*, y tareas de atención dividida), atención sostenida (tareas de rendimiento continuo) y atención flexible (Tareas de rotación mental). También se realizó una metaregresión del estudio de la medicación a largo plazo y el efecto de la edad.

En lo que respecta al estudio de la atención se observó una disminución de la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral derecha (DLPFC); el putamen izquierdo y el globus pallidus; el tálamo posterior derecho (pulvinar) y cola del núcleo caudado que se extiende hacia la ínsula posterior; el lóbulo parietal derecho inferior; el pre-cúneo; y el lóbulo temporal superior. Por el contrario, se observó un aumento de la activación del cerebelo derecho y el cúneo. En la Tabla 1 podemos observar cómo estas estructuras se encuentran estrechamente relacionadas con la red de atención visoespacial descrita anteriormente. Lo que nos puede indicar una menor eficiencia de esta red en niños y adolescentes con TDAH.

Tabla 1. Áreas cerebrales con activación disminuida y aumentada en pacientes con TDAH y su relación con la red de atención visoespacial.

Áreas con disminución de la actividad	Áreas con aumento de la actividad	Red de atención visoespacial
DLPFC (derecho)		Alerta, atención selectiva, atención dividida
Putamen (izquierdo)		*
Globus Pallidus		*
Tálamo (posterior derecho) (pulvinar)		Orientación
Núcleo caudado (cola)		*
Ínsula (posterior)		
Pre-cúneo	Cúneo	Orientación
Lóbulo parietal (derecho inferior)		Orientación
Lóbulo temporal (superior)		
	Cerebelo (derecho)	

6.6. Medición de las redes atencionales.

Para el estudio de las redes atencionales se utiliza principalmente el “*Attention Network Test*” (ANT) o test de las redes atencionales. La primera versión del ANT fue realizada por Jin Fan y sus colaboradores (2002). Esta primera versión permitió comprobar la eficiencia y la independencia de las tres redes, es decir, se observó que las tres redes no se encuentran correlacionadas entre sí, sin embargo, se observó una interacción de la red de alerta y orientación, esta interacción es necesaria para modular la interferencia en la tarea de flancos. El ANT se puede utilizar para evaluar deficiencias en la atención que ocurren en patologías, tales como lesiones cerebrales, embolias, esquizofrenia, y TDAH; también se puede utilizar para estudios genéticos, conductuales, farmacológicos e intervenciones; se aplica en una sola sesión de 30 minutos, puede ser utilizada por niños (ver ANT child), pacientes, adultos y simios.

El ANT es una combinación de la tarea de flancos de Barbara A. Eriksen y Charles W. Eriksen (1974) y los tiempos de reacción (TR) de los estudios originales de Michael I. Posner. Esta combinación logra activar el cíngulo anterior.

La prueba consiste en que el participante determine hacia qué dirección (derecha o izquierda) apunta la flecha central. La flecha aparece arriba o abajo del punto de fijación (*) y puede o no estar acompañado de otros flancos. La eficiencia de las redes atencionales se obtiene de los tiempos de reacción en relación con la señal de alerta, señal espacial, y los flancos que rodean la flecha. En la Figura 5 se muestra el diseño de la prueba.

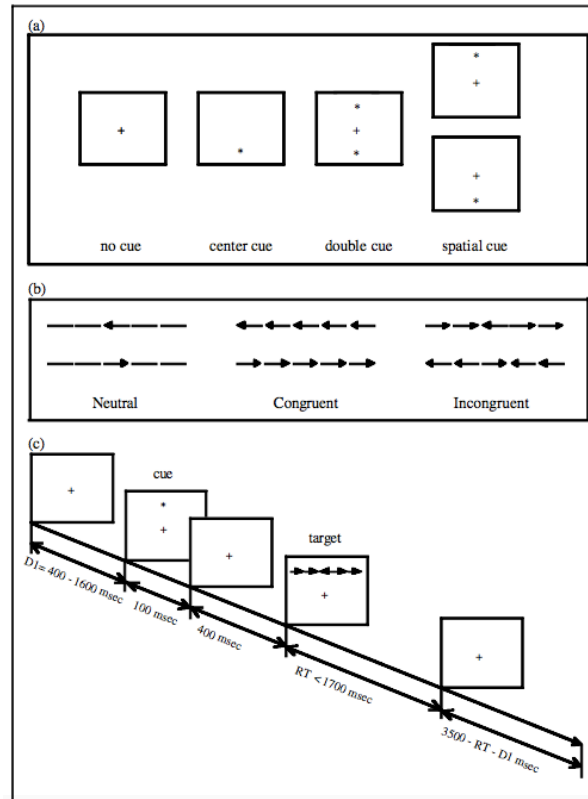


Figura 5. Figura 5. Diseño del ANT original (obtenido de Fan et al. 2002), a) las cuatro condiciones de señal de alerta y espacial b) los seis diseños que se utilizan: neutral, flancos congruentes y flancos incongruentes, c) ejemplo del diseño de un ejercicio.

El efecto de alerta se calcula restando el TR promedio de la condición de señal doble (*double cue*) menos el promedio del TR de la condición sin señal (*no cue*). El TR promedio fue de 47ms con una desviación estándar de 18ms.

$$\text{Efecto alerta} = \overline{TR_{\text{señal doble}}} - \overline{TR_{\text{sin señal}}}$$

El efecto de la orientación es calculado restando el TR promedio de las señales espacial (*spatial cue*) menos el TR promedio de la condición señal centrada (*center cue*). El TR promedio fue de 51ms con una desviación estándar de 21ms.

$$\text{Efecto orientación} = \overline{TR_{\text{señal espacial}}} - \overline{TR_{\text{señal centrada}}}$$

El efecto del control ejecutivo se calcula restando el TR promedio de todas las situaciones de flancos congruentes, menos el TR promedio todas las situaciones de flancos incongruentes. Se ha observado que el uso de flancos neutrales en vez de flancos incongruentes no muestra diferencias. El TR promedio fue de 84ms con una desviación estándar de 25 ms.

$$Efecto\ ejecutivo = \overline{TRflancos\ congruentes} - \overline{TRflancos\ incongruentes}$$

6.6.1. Características psicométricas del ANT original

Las características psicométricas del ANT fueron obtenidas en el 2010 gracias al trabajo realizado por MacLeod et al. donde se analizó la confiabilidad por mitad, la varianza, la distribución y la independencia obtenida de 15 bases de datos de diferentes estudios que utilizaron el ANT, obteniendo un total de 1141 participantes (MacLeod et al., 2010).

6.6.1.1. Confiabilidad y Validez

En el primer estudio del ANT (Fan et al., 2002) la correlación test-retest mostró un nivel significativo de confiabilidad ($r=.87$, $p<.01$ a dos colas). La alerta es la que mostró una correlación más baja ($r=.52$) seguido de la orientación ($r=.61$) y del control ejecutivo ($r=.77$)

En el estudio de MacLeod et al. la red de atención ejecutiva de acuerdo al TR y la tasa de error (TE) mostró la confiabilidad más alta, una menor varianza intra-sujeto y una mayor varianza inter-sujeto. En la Tabla 2 se muestran los valores de confiabilidad y varianza intra-sujeto y varianza inter sujeto de cada red.

Tabla 2. Índices de confiabilidad y varianza del ANT obtenidos de MacLeod et al. 2010

	Alerta	Orientación	Ejecutiva
Confiabilidad	$r_p = .20$	$r_p = .32$	$r_p = .65$
Tiempo de reacción TR	IC 95% _p [.14, .27]	IC 95% _p [.26, .38]	IC 95% _p [.61, .71]
Confiabilidad Taza de error TE	$r_p = .14$	$r_p = .06$	$r_p = .71$
	IC 95% _p [.07, .21]	IC 95% _p [.01, .12]	IC 95% _p [.67, .76]
Varianza Intrasujeto TR	406ms	352ms	305ms
Varianza Intrasujeto TE	7.5%, $p<.01$	7.3%, $p<.01$	6.9%
Varianza Intersujeto TR	689 ms, CI 95% [626 ms, 750 ms]	818 ms, CI 95% [751 ms, 885 ms]	1,655 ms, CI 95% [1,447 ms, 1,898 ms]
Varianza Intersujeto TE	10.4%, CI 95% [9.1%, 11.7%]	8.9%, CI 95% [7.9%, 10.0%]	47.3%, CI 95% [40.1%, 55.1%]

6.6.1.2. *Distribución*

En este estudio se utilizó el test D'Agostino-Pearson para evaluar la normalidad en las dos variables (TR y TE) de cada una de las redes. Todas las distribuciones evaluadas no eran normales. Se obtuvo la prueba t de las distribuciones y todas fueron significativas ($p < .01$) pudiendo rechazar la hipótesis nula de cero.

6.6.1.3. *Interacción entre señal de alerta y flancos (ANOVA)*

Cuando el TR es la medida del desempeño del sujeto, el 100% de los datos muestran un efecto significativo de la señal de alerta, 100% tienen un efecto significativo de los flancos y el 100% tienen una interacción entre la señal de alerta y flancos.

Cuando la TE es la medida de desempeño del sujeto, el 60% de los datos muestran un efecto significativo de la señal de alerta, 100% tienen un efecto significativo de los flancos y el 60% tienen una interacción entre la señal de alerta y flancos.

6.6.1.4. *Independencia*

En el primer estudio de FAN et al. del 2002 se afirmaba que no existía correlación entre los tres componentes (alerta, orientación y ejecutiva) lo que sugería que se trataba de constructos funcionalmente ortogonales. Sin embargo, los autores afirmaron que era posible que existiera comunicación entre las áreas neuronales involucradas en los tres componentes y que ejerzan influencia entre ellas en determinadas tareas. En el estudio de Macleod et al. se analizaron 65 estudios que utilizaban diferentes tareas evaluadas con el ANT, lo que resultó en una existencia de correlación entre algunas redes, en la **Tabla 3** podemos observar una correlación significativa entre el TR de la red de alerta y el TR de la red de orientación ($r=.06$), también se observa una correlación significativa entre la TE de la red ejecutiva y la TE de las redes de Alerta y Ejecutiva, así como una correlación entre la TE Ejecutiva y los TR de Orientación y Ejecutivo (Macleod et al., 2010).

Tabla 3. Correlación entre redes

TR alerta					
.06*	TR Orientación				
.03	.01	TR Ejecutiva			
-.10*	.04	-.03	TE Alerta		
.03	.05	.05	-.07	TE Orientación	
.08	-.11*	.21*	-.33*	.20*	TE Ejecutiva

* $p < .05$

6.6.1.5. Medidas repetidas del ANT

El ANT original y el ANT-I (señal de alerta auditiva) fueron analizados al administrarse durante 10 sesiones (Ishigami & Klein, 2010). Se comprobó que las puntuaciones de las tres redes atencionales siguen siendo robustas incluso después de las 10 sesiones. Lo que permite que se utilice el ANT en aplicaciones que requieren medidas repetidas. Sin embargo, también se observó que los TR del control ejecutivo con ambas versiones del ANT y las puntuaciones del ANT-I disminuyen con la práctica. Pero los autores recomiendan el uso de un grupo control para poder controlar este cambio. La confiabilidad de la prueba también disminuye con la práctica, pero en el ANT-I este efecto es mucho menor.

Con el tiempo se han desarrollado otras versiones del ANT, un resumen de estas versiones puede ser encontrado en el **Anexo A. Otras versiones del ANT**.

6.6.2. ANT para población infantil

En el 2004 fue adaptado del ANT original para ser administrado a población infantil, dicha versión fue estudiada en niños de 6 a 10 años y comparada con población adulta (Rueda et al., 2004).

Esta versión emplea las técnicas de historicidad y retroalimentación para poder trabajar mejor con los niños. En lugar de flechas, cinco peces aparecen en línea, el niño debe identificar la dirección hacia la cual está nadando el pez que se encuentra en el centro. La historicidad se encuentra inmersa en la consigna, ya que se le pide al niño que ayude a alimentar al pez presionando el botón que corresponde a la dirección hacia donde nada el pez (botón izquierdo

o derecho del mouse). La retroalimentación se muestra con el pez liberando burbujas y el sonido de un niño exclamando ¡Wuhu! en los ensayos correctos, y un tono sencillo y sin animación en los ensayos incorrectos.

El ANT para niños también se administra en una computadora. Cada ensayo comienza con un punto de fijación central (+) con un tiempo de presentación aleatorio entre 400 y 1600ms, seguido de una señal de alerta (*), ya sea una señal central, una doble señal, una señal espacial o sin señal alguna. Posteriormente, se muestra una línea de peces amarillos, la línea puede estar compuesta por cinco peces que nadan hacia la misma dirección (ensayos congruentes), por una línea de peces que nadan hacia la dirección contraria del pez central (ensayos incongruentes), o por un solo pez (ensayos neutrales), con un tiempo máximo de presentación de 1700ms (ver Figura 6). La línea de peces se puede mostrar arriba o abajo del punto de fijación.

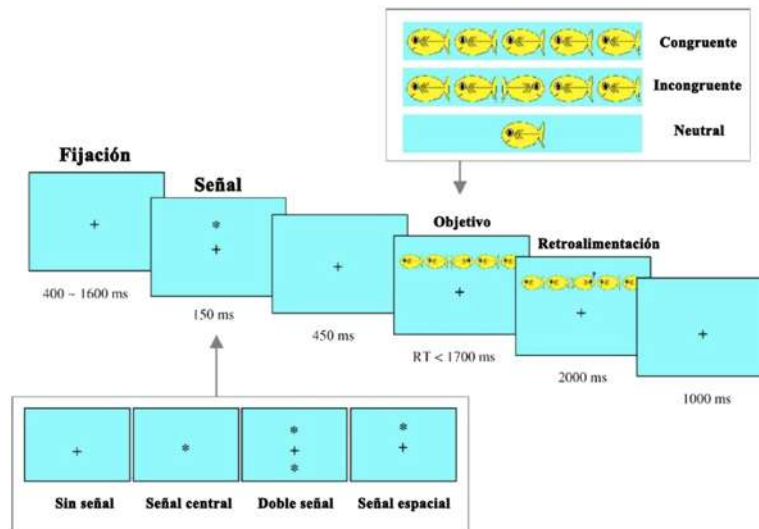


Figura 6. Estructura del ANT para niños. Imagen adaptada de Rueda et al. 2004

La prueba se compone de 24 ensayos de práctica (3 minutos aprox.) y 3 bloques experimentales de 48 ensayos cada uno (5 minutos por bloque aprox.). Cada ensayo representa una de las 12 condiciones en igual proporción:

- 3 tipos de objetivos: congruente, incongruente, y neutral
- 4 condiciones de señal: sin señal de alerta, señal central, doble señal y señal espacial.

Durante la consigna se recomienda mostrar al niño unas tarjetas con un pez nadando hacia un lado o hacia el otro (correspondiente a los ensayos neutrales) y pedirle que muestre qué botón del mouse debe presionar dependiendo de la orientación del pez. Después, se le explica que algunas veces el pez nada solo, pero en otras ocasiones nadará en fila con otros peces, en ese caso deberá poner atención al pez del centro; para asegurarse de que la consigna fue entendida se pueden mostrar tarjetas con condiciones congruentes e incongruentes y pedirle que nos indique que botón del mouse debe presionar. Finalmente, se le pide que mantengan su mirada en la cruz que aparece en el centro de la pantalla y que responda lo más rápido que pueda. Se registra la respuesta y el tiempo de reacción. Para obtener los índices se realizan los cálculos que se muestran a continuación:

$$Alerta = \overline{TR \text{ doble señal}} - \overline{TR \text{ sin señal}}$$

$$Orientación = \overline{TR \text{ señal espacial}} - \overline{TR \text{ señal central}}$$

$$Atención Ejecutiva = \overline{TR \text{ congruentes}} - \overline{TR \text{ incongruentes}}$$

En población infantil se ha observado que no existe interacción entre el tipo de señal y el tipo de ensayo, lo que sugiere una independencia relativa entre las redes. Aunque como es de esperarse el tiempo de reacción y el porcentaje de error es mayor en niños que en adultos, en la Tabla 4 se encuentra el promedio de tiempo de reacción y el porcentaje de error por edad comparada con el desempeño de los adultos.

Tabla 4. Puntajes obtenidos del estudio de ANT en niños y adultos, adaptado de Rueda et al. 2004

Edad	Redes de atención						Errores ^a	TR general	s	Tasa de error general
	Alerta	s	Orientación	s	Control Ejecutivo	s				
6	79	75	58	76	115	80	15.6	931	42	15.8
7	100	75	62	67	63	83	0.7	833	125	5.7
8	73	67	63	66	71	77	-0.3	806	102	4.9
9	79	47	42	48	67	38	1.6	734	68	2.7
10	41	47	46	44	69	44	2.1	640	71	2.2
Adultos	30	32	32	30	61	26	1.6	483	36	1.2

^aPorcentaje de error para los ensayos incongruentes menos el porcentaje de error para los ensayos congruentes

7. Entrenamiento cognitivo

El entrenamiento cognitivo se refiere a las prácticas orientadas a tener un impacto sobre diversas funciones ejecutivas, tales como la atención y la memoria; si bien suelen estar orientadas a algún proceso en específico, al mismo tiempo suelen desarrollar otras áreas diferentes a las involucradas en el entrenamiento. La discusión continúa en cuanto a la permanencia o temporalidad del entrenamiento, así como su transferencia hacia otras áreas de la red neuronal.

Hay dos intervenciones que son las más utilizadas para generar un cambio en la atención. En primer lugar, se encuentran los entrenamientos de redes específicas, en especial los que se enfocan en lograr un cambio en la red de atención ejecutiva, para lo cual se utilizan ejercicios informatizados produciendo cambios en las áreas cerebrales relacionadas con dicha red. Otro tipo de intervenciones se desarrollan a través de la meditación o mindfulness, este tipo de intervención logra un cambio en el estado general del cerebro mejorando la atención, reduciendo el estrés, y mejorando la conectividad funcional entre el cíngulo anterior y el cuerpo estriado (Tang & Posner, 2009). En este estudio se utilizará un entrenamiento de redes específicas como modelo de intervención para mejorar la eficiencia de las redes atencionales compuesto por diversos ejercicios cognitivos informatizados.

7.1. El entrenamiento cognitivo dentro de la neuro-rehabilitación

Muchos de los ejercicios de la neurociencia cognitiva son modificados para utilizarlos principalmente dentro de la neuro-rehabilitación. Estos programas de rehabilitación de la atención marcan pautas que posteriormente pueden ser utilizados para el diseño de entrenamientos de la atención en personas sanas o en etapa de desarrollo.

Por mencionar algunos de estas intervenciones en el área de la rehabilitación, tenemos el programa de "*Orientation Rehabilitation Program*" de Ben-Yishay y Diller el cual se compone de cinco módulos (Ben-Yishay & Diller, 2011). En el primer módulo, se trabaja la atención y el nivel de alerta del paciente, utilizando tareas "go no-go". En el segundo módulo, se trabaja con la velocidad de respuesta, mediante la selección de un estímulo y manteniendo la atención sobre ese estímulo. En el tercer módulo, se trabaja con la selección de respuestas correctas y

la inhibición de respuestas incorrectas, por ejemplo, golpear sobre la mesa cada vez que aparece un objeto de color negro en la pantalla. En el cuarto módulo, se entrena a la persona para estimar periodos de tiempo (15, 30 segundos o 1 minuto). En el quinto módulo, se entrena al sujeto para sincronizar la respuesta con ritmos complejos.

Otro entrenamiento orientado a la rehabilitación de la atención es el *Attention Process Training (APT)* (Sohlberg & Mateer, 2001) el cual fue diseñado especialmente para personas con lesión cerebral. Este entrenamiento consiste en una serie de tareas organizadas jerárquicamente que ejercitan distintos componentes de la atención, como la atención sostenida, selectiva, alternada y dividida, así como el control ejecutivo relacionado con la memoria de trabajo.

La mayoría de los ejercicios que utiliza el programa APT se hacen de forma no informatizada, aunque la tercera versión de este programa (APT-3) ya utiliza algunos elementos informatizados para realizar los ejercicios. Por ejemplo, para entrenar la atención sostenida se proponen ejercicios de escucha de listas de palabras o párrafos para posteriormente identificar alguna palabra o descifrar su significado, ejercicios de generación de secuencias de números en orden ascendente o descendente y actividades de cálculo mental. Para ejercitar la atención alternada se utilizan tareas de lápiz y papel que requieren alternar entre una tarea de generación de números y una de letras; y actividades alternadas de suma o resta de un número específico. En lo que se refiere a la atención selectiva se pueden utilizar cualquiera de las actividades de atención sostenida, pero con un factor distractor, ya sea un ruido o un movimiento, así como tareas de figuras sobrepuestas. En el ejercicio de la atención dividida se propone realizar una actividad simultáneamente a otra similar, por ejemplo, realizar la lectura y comprensión de un texto donde simultáneamente se pide localizar una palabra objetivo, tareas de atención sostenida donde al mismo tiempo se realiza una tarea computarizada de tiempo de reacción, o tareas de monitoreo temporal (rastreo de una trayectoria) mientras se ejecuta una tarea de atención sostenida.

En este programa de rehabilitación el equipo de Sohlberg et al. da seis recomendaciones para el diseño de programas de rehabilitación de la atención, a continuación, se mencionan de forma sintetizada dichas recomendaciones:

1. Usar un modelo de tratamiento que esté basado en una teoría de la atención.
2. Usar tareas terapéuticas que estén organizadas jerárquicamente y se complejicen de acuerdo al desempeño del paciente.
3. Proveer de suficiente repetición, así como de la intensidad necesaria para estimular el proceso atencional deseado.
4. Las decisiones del tratamiento deben estar basadas en el desempeño que muestra el paciente, siempre basándose en datos objetivos como el tiempo de reacción y el número de aciertos además de otorgar retroalimentación al paciente de manera gráfica.
5. Facilitar la generalización desde el comienzo del tratamiento, es decir, utilizar tareas que puedan ser llevadas a las actividades cotidianas del paciente, y así desarrollar estrategias y habilidades que le permitan ser más funcional.
6. Ser flexible y adaptar el formato de la terapia. Ya sea que se requiera de terapia individual en vez de grupal, o que sea preferible trabajar desde casa en lugar de asistir a una institución.

En lo que se refiere a la evaluación del entrenamiento este programa recomienda 1) evaluar la tarea en sí, 2) utilizar test psicométricos relacionados a la tarea y 3) evaluar el funcionamiento de la actividad cotidiana y habilidades psicosociales. Algunos de los test neuropsicológicos más utilizados con el *APT* son el *Paced Auditory Serial Addition Task* (PASAT) y el *Consonant Trigrams Test* (CTT), sin embargo, se han mostrado mayores cambios en el PASAT, lo que muestra que este tratamiento mejora en gran medida los niveles de vigilancia, aunque otros estudios muestran una transferencia o generalización del entrenamiento a la atención ejecutiva y hacia la memoria de trabajo.

La adaptación infantil del *APT*, se llama "*Play Attention! Attention Training for Children*", se tratan de ejercicios de atención en computadora, actualmente han incorporado a su programa la técnica de neuro-feedback llamada "Body Wave" (Steiner, Frenette, Rene, Brennan, & Perrin, 2014).

Por otra parte, existen programas de rehabilitación que han sido desarrollado más específicamente para potencializar alguna habilidad cognitiva, tal es el caso del programa de

Portellano-Pérez que en su libro “Cómo desarrollar la inteligencia: entrenamiento neuropsicológico de la atención y las funciones ejecutivas” (Portellano Pérez, 2005) propone cinco pautas para desarrollar un entrenamiento de la atención:

1. Programar ejercicios breves para evitar la fatiga
2. Comenzar por estimular las modalidades más básicas de la atención y posteriormente las más complejas. Comenzando por estimular la atención global, mejorando el nivel de alerta y activación; así como la capacidad para atender a un estímulo para posteriormente trabajar la atención sostenida, alternante y dividida.
3. Incluir las tareas de mayor complejidad al principio de la sesión
4. Reducir los estímulos distractores
5. Simplificar las instrucciones
6. Utilizar tanto la retroalimentación inmediata y así como el nivel de eficiencia alcanzado.
7. Emplear ayudas para facilitar la respuesta.
8. Utilizar estrategias multi-sensoriales.
9. Realizar tareas variadas y alternadas.
10. Tratar de utilizar situaciones o entornos que se relacionen con el entorno natural del sujeto.

En conclusión, estos programas de rehabilitación contienen muchos elementos que poco a poco se han ido integrado a los programas de entrenamiento cognitivo, esto conforme la tecnología lo va permitiendo, asimismo de acuerdo a los estudios que se van realizando para observar los efectos de cada uno de estos elementos y así poder diseñar entrenamientos más eficientes. Algunos de los elementos fundamentales que se deben incorporar, se mencionan en el siguiente apartado.

7.2. Elementos clave de un entrenamiento cognitivo informatizado.

Los entrenamientos cognitivos informatizados han ido perfeccionándose gracias a muchos años de investigación, el desarrollo de la tecnología informática y la neurociencia. Actualmente, tenemos más conocimiento sobre qué factores pueden ayudar a desarrollar un

entrenamiento más eficiente. En el 2015, el equipo de investigación “Neuroscape” de la Universidad de California San Francisco publicó una guía sobre los elementos que se deben tener en cuenta al momento de diseñar o seleccionar un entrenamiento informatizado de la atención y de memoria de trabajo (Anguera & Gazzaley, 2015), a continuación, se mencionan algunos de estos elementos que serán utilizados en el diseño del entrenamiento de la atención al cuál refiere este proyecto

7.2.1. Retroalimentación inmediata

Desde hace varios años se ha observado que los estudios de entrenamiento que utilizan una retroalimentación inmediata, ya sea mostrando una señal discreta o una retroalimentación más explícita o auditiva, muestran mejores resultados en el desempeño del sujeto (McKay Moore Sohlberg et al., 2003). Esto debido a que la retroalimentación aumenta la motivación y el interés del participante. Una de las primeras investigaciones en estudiar la retroalimentación y cómo esta influye fueron Herzog & Fahlet (1997) quienes utilizando la tarea de discriminación de Vernier analizaron siete condiciones:

1. Retroalimentación por ensayo
2. Sin retroalimentación
3. Retroalimentación por bloque
4. Retroalimentación incoherente por ensayo
5. Retroalimentación parcial
6. Retroalimentación incoherente por bloque
7. Retroalimentación inversa.

Como resultados observaron que las condiciones de retroalimentación por ensayo (1) y por bloque (3) son las que mayor influencia ejercieron sobre el aprendizaje, seguida de la retroalimentación parcial (5). En las condiciones de retroalimentación incoherente por ensayo (4), por bloque (6), sin retroalimentación (2) o retroalimentación inversa (7) no se logró la mejora en el desempeño de la tarea.

Más recientemente, el estudio de Katz y su equipo (Katz, Jaeggi, Buschkuhl, Stegman, & Shah, 2014) comparaban 5 formas de retroalimentación: puntuación en tiempo real, cambio

de tema, premios, certificados de fin de sesión, barras de nivel y vidas. En una condición se mostraban todos los elementos de retroalimentación, en otra no se mostraba ningún elemento, y en otras cinco condiciones se eliminaba solo una de las formas de retroalimentación. Lo interesante sobre este estudio es que la utilización de todos los elementos de retroalimentación tuvo un impacto negativo en el desempeño de los participantes, lo que lleva a pensar que muchos elementos pueden actuar como distractores dentro de la tarea, especialmente al inicio de un entrenamiento.

La retroalimentación también es sensible a la población en la que se interviene, otro estudio (Prins, DAVIS, Ponsioen, Ten Brink, & Van der Oord, 2011) comparó dos condiciones de entrenamiento de memoria de trabajo: 1) estilo videojuego y 2) ejercicios regulares del programa de entrenamiento cognitivo en línea “Cogmed” (www.cogmed.com) tanto en niños en desarrollo normal como en niños con TDAH. Dentro de la condición experimental (estilo videojuego) se manipuló el aspecto de la retroalimentación en dos condiciones: 1) con retroalimentación inmediata sobre la calidad y la precisión del rendimiento a través de gráficos, sonidos y puntajes, 2) sin retroalimentación. Se observaron diferencias significativas entre estas dos condiciones de retroalimentación, los autores atribuyeron estos cambios a una mayor motivación de los niños hacia el entrenamiento. Sin embargo, en los niños en desarrollo normal no se observaron diferencias. Lo que muestra que en personas con TDAH el uso de elementos de retroalimentación presenta grandes ventajas en su desempeño.

7.2.2. Adaptabilidad del entrenamiento

La adaptabilidad del entrenamiento se refiere a la modulación del nivel de dificultad del entrenamiento en relación con el desempeño del participante, esto es, si el sujeto desempeña de manera óptima la tarea aumenta la dificultad, al contrario, si el participante no logra cumplir el objetivo el nivel de dificultad disminuye, pero si su desempeño se encuentra dentro de un parámetro sin cambio significativo, continúa en el mismo nivel.

La adaptabilidad es de los elementos utilizados más frecuentemente, aunque es complicada su programación, presenta grandes ventajas sobre el desempeño. En el 2009, un estudio logró observar el impacto de la adaptabilidad en un entrenamiento de memoria de trabajo (Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009), este equipo de investigación utilizó solo dos condiciones: 1)

entrenamiento adaptativo y 2) no-adaptativo en niños con problemas de matemáticas, los resultados mostraron diferencias significativas entre las dos condiciones de entrenamiento, los niños lograron mejorar su memoria de trabajo y su rendimiento en matemáticas, el cambio logrado en memoria de trabajo se mantuvo durante la etapa de seguimiento de 6 meses. Estos resultados se observaron a pesar de que en las dos condiciones se utilizaba la retroalimentación inmediata y por bloque, dando cuenta de la importancia de la adaptabilidad.

Los entrenamientos adaptativos también han mostrado buenos resultados en adultos mayores, ya sea en entrenamientos de memoria (G. E. Smith et al., 2009) y otros aspectos cognitivos como la atención y la habilidad multitarea, habilidades que se ven afectadas durante la vejez (Anguera et al., 2013).

El entrenamiento multitarea y adaptativo ha sido ampliamente estudiado por el equipo de Adam Gazzaley, que ha unido la tecnología con el entrenamiento cerebral, logrando desarrollar videojuegos eficaces para la mejora de la atención, en especial durante la vejez, utilizando una técnica llamada “*closed loop*” el cual se basa en la capacidad del juego de adaptarse al desempeño del sujeto en relación a su actividad eléctrica cerebral, esto con la finalidad de impulsar las áreas donde el sujeto muestra dificultad (Mishra & Gazzaley, 2015). La actividad cerebral es medida en tiempo real a través de EEG, aunque también se puede utilizar RMf, observando especialmente la actividad de la red fronto-parietal.

7.2.3. Entrenamiento específico vs. multitareas

Otra dimensión en la cual distintos tipos de entrenamiento han observado su eficiencia es la *especificidad*. Esta consiste en realizar un entrenamiento paso a paso, donde el participante trabaja cada una de las áreas por separado y al finalizar el entrenamiento estas áreas se combinan para crear una tarea múltiple (*multitasking training*). Uno de los primeros entrenamientos estilo videojuego es el *Space Fortress game*, este entrenamiento ha sido utilizado en muchos estudios, en uno de ellos se observó que utilizar un entrenamiento específico es más eficiente que el entrenamiento global en una población de adultos jóvenes (Donchin, 1995).

Sin embargo, los estudios realizados por Anguera et al. muestran que, en adultos mayores, el utilizar un entrenamiento multitarea desde el principio tiene mayores beneficios dado que esta la habilidad multitarea decae a partir de la tercera década de vida, pero una vez realizado un entrenamiento está mejora considerablemente.

Por lo que la especificidad del entrenamiento parece depender de la etapa de desarrollo del sujeto y de la habilidad cognitiva que se está trabajando. En niños de edad pre-escolar y escolar se utiliza más el entrenamiento específico, dado que las habilidades necesarias para realizar un ejercicio multitarea todavía se encuentran en desarrollo, esto lo podemos observar en el diseño de entrenamientos para esta población (Goldin et al., 2014; Katz et al., 2014; Rueda et al., 2012).

7.2.4. Dosis de entrenamiento

Una de las dimensiones donde parecía haber discordancia es la duración total de un entrenamiento para poder observar resultados significativos, así como la duración de cada sesión, sin embargo, diversos meta-análisis se han realizado para poder determinar la dosis de un entrenamiento. En adultos mayores se realizó un importante meta-análisis (Lampit, Hallock, & Valenzuela, 2014) el cual observó que entrenamientos con sesiones menores a 30 minutos parece inefectivo en este grupo de edad, las sesiones de 30 minutos a 1 hora parecen impulsar más la plasticidad cerebral; sin embargo, el realizar más de 3 sesiones de entrenamiento por semana se neutraliza la efectividad del entrenamiento, esta debido principalmente a la fatiga y pérdida de motivación, por lo que una dosis de 3 veces por semana o menos sería la adecuada.

Resultados similares se observan en niños de primaria, incluso se pueden utilizar sesiones más cortas (de 15 a 20 minutos). Wang et al. realizaron un entrenamiento de memoria de trabajo de 20 sesiones (Wang, Zhou, & Shah, 2014) a pesar de que no lograron observar cambios significativos en el desempeño de la tarea en sí, observaron un cambio en la generalización o transferencia del entrenamiento hacia la inteligencia fluida (Matrices de Raven), el único grupo experimental en presentar cambios en la inteligencia fluida fue el grupo que realizó el total de las sesiones en 20 días, es decir, las sesiones más espaciadas en comparación con los otros grupos experimentales (2, 5 y 10 días).

El efecto de la dosis ha sido mayormente estudiado en la adquisición de habilidades, en la retención o memorización de palabras y la gramática (Smith & Scarf, 2017) sin embargo en todos ellos y en los entrenamientos cognitivos se recomienda programar sesiones cortas (menos de 30 minutos) y espaciar las sesiones de entrenamiento con un intervalo mínimo de 24 horas.

7.2.5. Elementos estilo videojuego

Como es bien sabido, los videojuegos fueron creados mucho antes de los entrenamientos cognitivos computarizados, incluso uno de los primeros videojuegos en computadora fue creado en 1959 por el Instituto tecnológico de Massachusetts (MIT), el juego se llama *Mouse in the Maze* (Ratón en el laberinto), el juego consiste en planear la ruta que seguirá un ratón en el laberinto, se utiliza un lápiz óptico para colocar muros en el laberinto y quesos para que el ratón tenga la energía suficiente para llegar a la meta, podríamos decir que a pesar de que este juego no fue desarrollado con la intención de impactar sobre una función cognitiva, pudiera tener un impacto sobre funciones como la planeación y la atención.

A pesar de la larga historia de los videojuegos y su gran presencia en el mercado, la unión de esta tecnología con las neurociencias puede considerarse reciente (Mishra, Anguera, & Gazzaley, 2016). Los programadores de videojuegos han estudiado que elementos dentro del juego logran que la persona se sienta motivada, enganchada y atraída hacia ellos. Es por esto, que analizar los elementos que contienen los videojuegos puede ser muy enriquecedor al momento de diseñar ejercicios cognitivos computarizados, para lograr que la persona continúe en el entrenamiento, le resulte atractivo y motivante y por ende, observar mejores resultados, algunos de estos elementos son: la utilización de modalidades sensoriales múltiples como colores, sonido y movimiento, así como personajes animados, narrativa, ambiente colorido, interactivo y divertido.

Un ejemplo de la utilización de personajes animados en niños con TDAH es el estudio de (Shaw, Grayson, & Lewis, 2005) donde se utilizó la prueba de desempeño continuo (*Continuous Performance Test, CPT*) con dos versiones: la tradicional y otra versión utilizando en vez de letras, personajes “Pokémon”. Se aplicó a niños con TDAH y se observó que con la versión Pokémon se cometían menos errores impulsivos, se mostraban más activos y

cometían menos errores. Sin embargo, en el grupo control de niños sin TDAH no se observaron diferencias.

Aunque estos elementos podrían ayudar a la eficiencia de un entrenamiento presentan variadas desventajas, en primer lugar, su programación es más complicada por lo que se requiere apoyo de personal especializado en el área (programadores de videojuegos), en segundo lugar, el equipo de cómputo en el cuál se realiza el entrenamiento debe de tener más capacidad para poder correr estos juegos, es decir, se necesitan más recursos humanos y económicos.

7.3. Distintas plataformas utilizadas en los entrenamientos informatizados

En un estudio reciente (Rolle, Voytek, & Gazzaley, 2015) compararon tres plataformas distintas: computadora personal (PC), iPad y Xbox Kinect, dentro de un entrenamiento de la atención espacial. Se observó que la utilización de plataformas iPad y Xbox Kinect tenían un mayor efecto sobre la atención espacial que la PC.

La tarea utilizada fue una variación de la tarea original de Posner sobre orientación de la atención. Se observó que los tiempos de reacción fueron más largos en la plataforma Kinect, seguido del iPad y los tiempos de reacción más cortos fueron con la PC. Sin embargo, en lo que refiere a la precisión de la tarea, el Kinect mostró mayor sensibilidad a la pista de información sobre la orientación, el iPad y la PC no mostraron efecto significativo. Y con el Kinect se observó mayor sensibilidad a discriminar los estímulos.

7.4. Generalización o transferencia de un entrenamiento

Como se mencionó anteriormente, los entrenamientos cognitivos se basan en las observaciones obtenidas en rehabilitación, en esta área se maneja más frecuentemente el término de generalización, en el libro *“La rééducation en neuropsychologie: études de cas”* el capítulo de X. Seron (Azouvi, Perrier, & Van der Linden, 1999) maneja dos tipos de generalización, la primera incluye una baja generalización la cual puede ser específica a un ítem o procedural. La segunda nos habla de una transferencia de la intervención hacia otras áreas.

Una rehabilitación será específica al ítem cuando los ejercicios realizados estén enfocados a lograr que el paciente reaprenda ciertos conocimientos y se espera que el progreso se limite a dichos conocimientos trabajados durante la rehabilitación, para evaluar el efecto específico al ítem se utilizan dos listas de estímulos, en la primera lista se incluyen estímulos iguales a los trabajados durante la rehabilitación y otra lista de estímulos diferentes pero comparables en relación a las dimensiones que se consideren pertinentes, lo que se espera ver es un progreso en las dos listas.

Cuando se trabaja sobre un procedimiento o sobre un mecanismo en especial, se habla de un tratamiento procedural, para evaluar esta generalización Seron propone realizar tres listas de estímulos, una lista A que contiene los ítems a tratar, una lista B que comprende los ítems que no serán tratados, pero a los cuales el procedimiento entrenado es aplicable y una lista C que contiene los ítems que no serán tratados y se piensa que están fuera del alcance del procedimiento que será implementado. Lo que se espera al final del tratamiento es observar un efecto sobre la lista A y B y no sobre la lista C. Este procedimiento se realiza para estar seguros de la ausencia de influencia de otras variables no controladas. Lo que se quiere lograr es que el tratamiento tenga un impacto directo sobre un déficit específico.

Sin embargo, cuando lo que se quiere lograr es que el tratamiento no solo impacte sobre ciertos conocimientos, sino que tenga un mayor alcance, es decir, que mejore las capacidades de utilización del funcionamiento restaurado hacia la vida cotidiana, entonces se habla de una transferencia del conocimiento. Para lo cual se utilizan otro tipo de herramientas tales como la observación directa, cuestionarios de auto-evaluación, registro de actividades diarias y técnicas de simulación, es decir, técnicas de evaluación más pragmáticas y ecológicas.

Es a partir de la neuro-rehabilitación que las neurociencias cognitivas tienen el interés de observar una transferencia o una generalización de una intervención hacia otras áreas, sin embargo, en neurociencias cognitivas la capacidad de generalización se refiere más a una transferencia hacia aspectos cognitivos que parecieran distantes, sin embargo, en muchos casos son similares a nivel de conexión neural. Tal es el caso de las redes atencionales y otras funciones ejecutivas.

Por lo tanto, en neurociencias cognitivas un entrenamiento puede otorgar beneficios cognitivos de forma directa o indirecta. En el beneficio directo se observan mejoras en el desempeño de la tarea que fue específicamente entrenada, mientras que los beneficios indirectos se observan en otras tareas o dominios diferentes a los entrenados. Es así como se distinguen los conceptos de transferencia cercana “*near transfer*” y lejana “*far transfer*”. Cuando se maneja el término de transferencia cercana se refiere a una generalización de los beneficios del entrenamiento hacia tareas similares, mientras que la transferencia lejana se refiere a una generalización más amplia hacia tareas o constructos teóricos diferentes (Korbach & Kray, 2009). Por consiguiente, también podríamos hablar de una generalizabilidad del entrenamiento, es decir, la capacidad de un entrenamiento de ser generalizable.

7.5. Entrenamientos cognitivos basados en el modelo de Atención Visoespacial

Con la finalidad de investigar otros estudios similares al propuesto en esta tesis e identificar que elementos eran empleados y su relación con los resultados observados, se realizó una búsqueda sobre estudios en donde se llevó a cabo un entrenamiento cognitivo en computadora, en niños sanos de edad escolar primaria y en los cuales se observase su efecto sobre las redes atencionales.

Las palabras clave utilizadas en la búsqueda fueron: *cognitive training, attention training, children, attention, computerized, brain training, working memory training, attentional networks, executive attention.*

Se buscaron estudios desde el 2005 hasta la fecha (2018), se filtró a solo artículos publicados e indexados. En primer lugar, la búsqueda se realizó en las bases de datos de Conricyt, Web of Science, Google Scholar y Science Direct, los artículos encontrados se incorporaron a la carpeta de Mendeley que a través de su buscador automático nos llevó a otros estudios similares, posteriormente se buscó en Web of Science los artículos que citaban a dichos trabajos para encontrar estudios similares o más recientes; a raíz de la lectura de los artículos, de algunos meta-análisis y revisiones se buscaron referencias hacia otras publicaciones. Finalmente se descartaron aquellos que no correspondían a los criterios de nuestra investigación, tales como población no infantil o con algún trastorno del desarrollo, sin

medición de las redes atencionales o de la atención ejecutiva, y la utilización de entrenamientos no informatizados.

Antes de indagar en los estudios recientes es importante mencionar el estudio de Rueda et. (2005) donde se realizó una investigación basada en la teoría de la atención viso-espacial de Petersen y Posner que antecede a los actuales entrenamientos cognitivos en niños, esta investigación marcó la pauta para el diseño de otros entrenamientos. En este estudio se implementó una serie de ejercicios por computadora a niños de 4 y 6 años, estos ejercicios abarcaban 5 dimensiones: planeación, anticipación, discriminación de estímulos, resolución de conflictos y control inhibitorio, en total se realizaron 9 ejercicios. La dosis fue de 5 sesiones de 1 hora en un periodo de 2 a 3 semanas. El diseño no era adaptativo solo aumentaba su dificultad conforme se lograba un cierto número de aciertos (3 aciertos). Como retroalimentación se mostraba el nivel, el número de ensayos correctos y el número de ensayos necesarios para completar el nivel. El entrenamiento se encuentra disponible en la página www.teach-the-brain.org.

Se formaron tres grupos control, el primer grupo control solo asistió a las sesiones pre-post, el segundo grupo eran niños de 4 años que durante las sesiones veían videos infantiles, pero debían presionar una tecla cada vez que apareciera un caballo en el video, y el tercero realizaba las mismas actividades que el segundo grupo, pero los niños tenían 6 años. Durante el pre-test y el post-test se aplicó el *ANT child*, el *Kaufman Brief Intelligence Test* (K-BIT) para obtener una medida de inteligencia general, otra de inteligencia fluida y un cuestionario de temperamento. En algunos niños se realizó un EEG de 128 canales mientras efectuaban el *ANT child*. Se realizó un raspado de mejillas para obtener el genotipo para los alelos del transportador de dopamina tipo 1(DAT1).

En el grupo experimental, se observó más facilidad para resolver la situación de conflicto correspondiente a la atención ejecutiva, en los niños de 6 años el cambio fue más grande, logrando un desempeño similar al del adulto.

En el EEG se observó que el entrenamiento tiene un efecto en la distribución de los potenciales relacionados a eventos (PRE), se registró una distribución similar a la del adulto, lo que confirma los resultados conductuales del ANT. En los niños entrenados de 4 años se

registró un efecto prefrontal, donde se observaron amplitudes más negativas en los ensayos incongruentes que en los congruentes, este efecto es similar a los niños no entrenados de 6 años, sin embargo, los niños entrenados de 6 años mostraron un efecto dorsal frontal similar al adulto.

Se observó un efecto muy pequeño en el índice de inteligencia general, sin embargo, en las matrices de la escala K-BIT tuvieron un cambio significativo, lo que da evidencia de un cambio en la inteligencia fluida.

En el análisis genético los niños con alelos homocigotos largos (forma larga del gen DAT1) tenían menor dificultad en resolver el conflicto que los niños con heterocigotos, mostraban más auto-control y extroversión, así como un patrón más maduro de PRE, sin embargo, se veían menos beneficiados del entrenamiento, no obstante, después del entrenamiento las diferencias entre estos dos grupos eran mínimas.

Siete años más tarde el equipo de Rueda perfeccionó este entrenamiento incluyendo un ejercicio de atención sostenida, completando un total de 11 ejercicios de 7 niveles cada uno. Añadieron una tarea de gratificación aplazada y una versión para niños del *Iowa Gambling Task* para observar la regulación del afecto y el autocontrol. También se incluyó una etapa de seguimiento para observar si los cambios permanecían 2 meses después de un entrenamiento de 5 semanas, este entrenamiento fue de 10 sesiones de 45 minutos cada una, es decir 2 sesiones por semana. (Rueda et al., 2012)

Este estudio no mostró ningún cambio conductual en el ANT, dentro de la discusión se habla de un efecto techo de la prueba, ya que los niños alcanzaron un desempeño similar al de un adulto en el post-test y su desempeño en el pre-test fue alto. También se habla de un efecto de aprendizaje de la prueba ya que ambos grupos (control y experimental) mejoraron su desempeño, pero sin obtener diferencias entre grupos.

Por el contrario, en el grupo experimental se observó un cambio significativo en la inteligencia fluida que se mantuvo dos meses después, lo que nos muestra una transferencia o generalización del entrenamiento, esperado en un entrenamiento de la atención, ya que existe una superposición de las estructuras cerebrales implicadas en la inteligencia fluida y la red de atención ejecutiva.

También se observó que los niños entrenados fueron más capaces de controlar sus decisiones cuando se les presentó una situación de ganancias y pérdidas, inhibiendo las situaciones de alta ganancia/alto riesgo. Asimismo, en la situación de retraso de la gratificación mostraron más control.

A pesar de existir muchos entrenamientos de la atención, memoria de trabajo o funciones ejecutivas, son pocos los que se basan en la teoría de las redes atencionales de Petersen y Posner, también son pocos los que logran ver cambios conductuales, lo que nos interesa es conocer que elementos tenían los entrenamientos que lograban un cambio a nivel conductual, es decir, que observaron cambios en alguna de las redes atencionales o en su interacción, por lo que la búsqueda quedó muy restringida

El último artículo publicado que cumple los criterios de búsqueda, es el de Goldin et al, (Goldin et al., 2014) quienes crearon un entrenamiento de las funciones ejecutivas pero lograron observar cambios en las redes atencionales y su generalización hacia el lenguaje y las matemáticas, dicho entrenamiento se encuentra disponible en la página www.matemarote.com.ar. Este entrenamiento se llevó a cabo en niños escolarizados de 6 años, quienes realizaron tres ejercicios, uno de memoria de trabajo, otro de planeación y uno más de control inhibitorio. La duración de las sesiones fue de 15 minutos, 3 veces por semana. Para analizar la intervención solo se realizaron pruebas conductuales, se utilizó el ANT child, la Torre de Londres y una tarea de Stroop adaptada; y para medir su transferencia hacia el desempeño escolar en lenguaje (español) y matemáticas se utilizaron las evaluaciones propias del programa escolar.

Este estudio mostró resultados muy interesantes, en el grupo control se observó una disminución en los tiempos de reacción del ANT tanto en la interacción de fases (pre-post) como en la de grupo-fase, pero no se observó diferencia en el número de aciertos. También se observó una diferencia de fase mayor en la red de orientación, así como un menor tiempo de reacción independientemente de las señales de orientación (endógena o exógena), en el grupo control se observó que el tiempo de reacción solo disminuía en los ensayos con señal exógena, lo que da muestra de la diferencia entre los videojuegos de control que fomentan la orientación exógena y los entrenamientos cognitivos los cuales fomentan la orientación

endógena. De igual forma, en la tarea de Stroop los tiempos de reacción fueron menores en el grupo experimental. Por el contrario, en la Torre de Londres no se observó ningún efecto de la intervención, este resultado es explicado por los investigadores en relación al material utilizado, ya que la Torre de Londres es la única que no se llevó a cabo en computadora.

Se examinó la transferencia del entrenamiento hacia las calificaciones de los niños en el área de lenguaje (español) y matemáticas, se observó que las calificaciones del grupo experimental fueron mejores que las del grupo control. Este cambio fue logrado gracias a que se entrenaron distintos aspectos de la auto-regulación una habilidad subyacente para el éxito escolar, también por el hecho de entrenar diversas habilidades propias de las funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, planeación y control inhibitorio.

En la Tabla 5 podemos observar la influencia del primer estudio de Rueda et al. en el diseño de los estudios subsecuentes, sin embargo, el estudio de Goldin et al. mostró mejores resultados conductuales, tal vez debido a su diseño adaptativo, a la frecuencia de las sesiones, al diseño del juego y a que las tareas utilizadas no solo estimulaban la atención sino también la memoria de trabajo y la planeación.

Tabla 5. Comparación entre los tres entrenamientos estudiados

Estudio	(Rueda et al., 2005)	(Rueda et al., 2012)	(Goldin et al., 2014)
Funciones cognitivas entrenadas	Planeación	Planeación	
	Anticipación	Anticipación	
	Discriminación de estímulos	Atención focalizada/Discriminación de estímulos	Memoria de trabajo
	Resolución de conflicto	Resolución de conflicto	Planeación
	Control Inhibitorio	Control Inhibitorio	Control inhibitorio
Grupo control	No activo	Activo	Activo
		Dar click al ver un caballo en un video infantil	Entrenamiento con baja demanda cognitiva

Edad de los participantes	4 y 6 años	5 años	6 años
Transferencia o generalización	Inteligencia Fluida Temperamento	Inteligencia Fluida Temperamento	Planeación Matemáticas Lenguaje Control Inhibitorio
Medidas conductuales Pre-test y Post-test	ANT child Matrices de Raven Cuestionario de Temperamento	ANT child Matrices de Raven Cuestionario de Temperamento	ANT child Heart-Flower Stroop Torre de Londres Evaluaciones escolares de español y matemáticas

7.6. Entrenamiento cognitivo estilo videojuego “Towi”

Una vez que se realizó la investigación sobre los elementos que serían más benéficos dentro de un entrenamiento cognitivo informatizado, así como, el análisis de estudios previos donde se buscaba un cambio en alguna de las redes atencionales, se comenzó una búsqueda de entrenamientos cognitivos que cumplieran con los criterios de retroalimentación inmediata y por bloque, adaptabilidad, ejercicios multitarea, capacidad de ser utilizado en varias plataformas, dosis de 1 hora máximo por sesión, ejercicios adaptados para niños, un diseño estilo videojuego, estimulación de distintas funciones ejecutivas y con una fuerte carga atencional. Se encontró el entrenamiento de Towi, desarrollado por un equipo multidisciplinario de la Universidad Panamericana, ingenieros, neuropsicólogos y con el apoyo de la Instituto de Investigaciones Biomédicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Este entrenamiento cuenta también con una batería de funciones ejecutivas basada en diversas pruebas del NEUROPSI y el BANFE.

El entrenamiento se compone de 6 ejercicios que se desarrollan en un entorno llamado “Isla Towi”, en cada sesión se juegan entre 3 y 6 juegos. Los habitantes de la isla son animales a

los que el participante debe ayudar a superar retos, a cambio de la ayuda, el participante va ganando kiwis.

En la pantalla principal del juego, el participante puede elegir un avatar o cambiarlo. También puede comprar artículos con los kiwis que ha ganado. En cada ejercicio, puede ganar entre 0 y 3 kiwis dependiendo su desempeño. Todos los juegos inician con una breve introducción a la historia del juego e instrucciones generales.

La plataforma indica al usuario qué juegos jugará en esa sesión y en qué orden. La sesión de juego dura entre 20 y 30 minutos.

A continuación, se describen los ejercicios que comprenden el entrenamiento Towi, la información fue proporcionada por los creadores de la plataforma.

7.6.1. Árbol musical

Funciones que se trabajan:

- Discriminación auditiva
- Memoria de trabajo
- Secuenciación
- Atención selectiva

Descripción del ejercicio

El juego se desarrolla a lo largo de un árbol de kiwi. Inicia en las ramas más cercanas a las raíces y poco a poco irá subiendo hasta la copa del árbol.

El participante escucha los sonidos generados por diferentes pájaros, posteriormente escucha una secuencia de sonidos que deberá reproducir al ordenar los pájaros de acuerdo con el sonido que cada uno produce.

Modo de juego

1. Se pide al participante que dé click sobre cada pájaro para reproducir el sonido que produce.
2. Se le pide que ponga atención al sonido o la secuencia de sonidos que está a punto de escuchar. Se reproduce el sonido o la secuencia.

3. El participante deberá elegir el pájaro que reproduce el sonido y arrastrarlo al nido correspondiente. En el caso de la secuencia de sonidos, el participante deberá acomodar a los pájaros en el orden correcto según la secuencia.
4. Si el participante se equivoca, el pájaro regresa a su lugar y se le pedirá al participante que vuelva a intentarlo. El ejercicio se repetirá sin avanzar en el grado de dificultad del ejercicio.
5. Si el participante completa la actividad correctamente, los pájaros vuelan hacia la siguiente rama, donde se encontrará el ejercicio que continúa en la secuencia (ver Tabla 6)



Ilustración 1. Entorno gráfico del ejercicio "Árbol musical"

Manejo de dificultad y proceso

Campos semánticos de sonidos:

- Transporte: motocicleta, coche, camión
- Objetos de la casa: licuadora, aspiradora, radio
- Sonidos humanos: risa, llanto, tos, estornudo
- Herramientas: martillo, taladro, serrucho
- Instrumentos musicales: piano, flauta, violín
- Ambientales: lluvia, viento, olas
- Lugares: hospital, escuela, cine

Tabla 6. Descripción de los niveles del ejercicio "Árbol musical"

Nivel	Número de pájaros	Nidos	Sonidos
A	3	Máximo 3	Transporte, objetos de casa, sonidos humanos
B	4	Máximo 3	Objetos de casa, sonidos humanos, herramientas, instrumentos

C	5	Máximo 3	Sonidos humanos, herramientas, instrumentos, ambientales, lugares
---	---	----------	---

7.6.2. Recolección del tesoro

Funciones que se trabajan

- Atención selectiva
- Memoria de trabajo
- Discriminación visual
- Espacialidad

Descripción del juego

Un koala le dará al participante instrucciones sobre los objetos que debe encontrar (pelotas, cangrejos, gaviotas, sillas de playa, etc.) y el participante tendrá que buscarlos según las características y la cantidad definida, para ello, tendrá que recorrer la playa, encontrar los objetos y regresarlos al koala, quien le pedirá cada vez más objetos, con características más detalladas.



Ilustración 2. Entorno gráfico del ejercicio "Encuentra el tesoro"

Modo de juego

Está conformado por 3 niveles de dificultad. A su vez, cada nivel esta conformado por 8 búsquedas. Para cada búsqueda:

1. Se da una instrucción de manera verbal y escrita sobre los objetos que deben buscarse. La instrucción verbal puede repetirse cuantas veces sea necesario antes de comenzar la búsqueda.
2. El participante se desplaza en busca del objeto.

3. El jugador puede recoger cualquier objeto que encuentre en su camino, independientemente de si la instrucción lo señalaba o no.
4. El participante vuelve al punto de partida cuando piense que ha terminado la lista de objetos a recolectar.
5. Se revisan los objetos que trajo el participante. En caso de equivocarse, el participante tiene la posibilidad de seleccionar los objetos que no debió haber traído y de ir a buscar los que le hicieron falta.
6. Se muestra el puntaje obtenido por cada objeto correctamente recolectado durante esa búsqueda.
7. Si el participante no cometió errores en la búsqueda, pasa a la siguiente búsqueda que tiene un mayor grado de dificultad (ver Tabla 7). Si cometió algún error, tendrá que realizar otra búsqueda que tiene el mismo grado de dificultad.

Tabla 7. Descripción de los niveles del ejercicio "Recolección del tesoro"

Nivel	Total de objetos a recolectar	Tipo de objeto	Calificativos
1	Hasta 6	Pala Cubeta Pelota	Roja, verde, azul Con asa y sin asa Pequeña y grande
2	Hasta 8	Cangrejo Concha Silla	Negro, rojo, dorado Abierta y cerrada Madera y plástico
3	Hasta 8	Rastrillo Frisbee Coco Gaviota	Chico (3 dientes) y grande (5dientes) Circular y aro Partido y entero En tierra y en aire

7.6.3. El show de las siluetas

Funciones que se trabajan

- Atención sostenida y selectiva
- Gnosias visuales
- Memoria a corto plazo

- Memoria de trabajo

Descripción del juego

El juego se lleva a cabo en una cueva dentro del volcán, donde se proyectan sombras a causa de la lava. El participante observa una silueta y se presentan varias opciones. El niño tendrá que seleccionar el objeto que corresponde a la silueta. Más adelante la silueta aparecerá de forma invertida para aumentar la dificultad.



Ilustración 3. Entorno gráfico del ejercicio "El show de las siluetas"

Modo de juego

1. Aparece por un momento una sombra proyectada en el volcán y luego desaparece.
2. Se muestran posibles objetos que están generando esa forma.
3. El jugador debe elegir el objeto al que corresponde la sombra proyectada. Para ello tiene un límite de tiempo que se indica con una cuenta regresiva.
4. Se le muestra la sombra junto al objeto seleccionado para que verifique si su selección fue correcta.
5. Si seleccionó el objeto correcto pasa al siguiente grado de dificultad (ver Tabla 8)
6. Si se equivoca, deberá repetir el mismo grado de dificultad.
7. Si se equivoca 3 veces seguidas disminuirá el grado de dificultad.

Tabla 8. Descripción de los niveles del ejercicio "El show de las siluetas"

Categoría	Subniveles	Elementos
Fácil	10	Cubeta, playera, jarra, grabadora, bicicleta, gorra, patines
Medio	10	Avión, barco, lata, llanta, caja, playera, banca

7.6.4. Arena Mágica

Funciones que se trabajan

- Control inhibitorio motriz
- Control motriz fino
- Análisis y síntesis visual
- Percepción visual
- Espacialidad

Descripción del juego

El juego consiste en trazar la figura en la arena de acuerdo a la instrucción dada, esta instrucción puede ser completar una figura, realizar el trazo del contorno de una figura simple o completa y la identificación de una figura superpuesta (ver Ilustración 4)

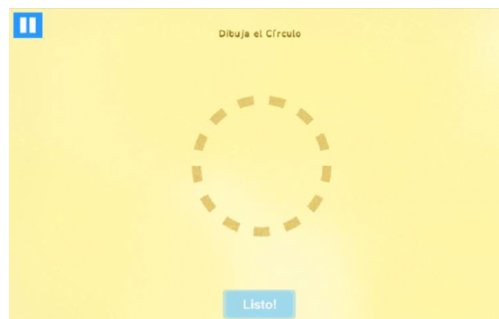


Ilustración 4. Entorno gráfico del ejercicio "Arena mágica"

Modo de juego

1. Aparece una figura que el niño debe dibujar.
2. Se pide al niño que remarque la figura.
3. Si el trazo es lo suficientemente parecido a la figura, el mar lo limpia y aparece una nueva figura (ver Tabla 9)
4. Si el trazo no se parece lo suficiente, el mar se lo lleva y deberá dibujarlo nuevamente.
5. Más adelante aparecen dibujos incompletos que el jugador tiene que completar, o siluetas encimadas, de las cuáles el jugador debe identificar la que se le indique y delinearla.

Manejo de dificultad y proceso

Tabla 9. Descripción de los niveles del ejercicio “Arena mágica”

Categoría	Subniveles
1	Círculo
2	Cuadrado
3	Triángulo
4	Rectángulo
5	Óvalo
6	Rombo
7	Corazón
8	Estrella
9	Pentágono
10	Pelota
11	Casa
12	Pez
13	Cafetera
14	Plátano
15	Coche

A partir de este momento, aparecen varias figuras sobrepuestas. En algunos niveles se pide que se dibuje cada figura (una por una), en otros casos se pide que se dibuje específicamente una sola de estas figuras. Ejemplo: dibuja la luna.

7.6.5. Río tropical

Funciones que se trabajan:

- Atención Selectiva
- Atención sostenida
- Coordinación ojo-mano
- Inhibición de respuestas

Descripción del juego

El juego se desarrolla en el río que se encuentra entre el bosque y la playa. El río se visualiza al centro de la pantalla, los objetos fluyen sobre el río (ver Ilustración 5).

El participante deberá determinar a qué lado del río se irán los objetos que van corriendo por el mismo: a la playa o al bosque. Esta decisión se tomará con base en el tipo de objetos y en ciertas restricciones que se añadirán poco a poco.



Ilustración 5. Entorno gráfico del ejercicio "Rio tropical"

Modo de juego

1. Del río, van surgiendo diferentes objetos, cada vez con mayor velocidad de acuerdo al nivel.
2. El jugador deberá arrastrar y soltar el objeto hacia el lugar que corresponde.
3. Si el objeto no es rescatado a tiempo, se hunde y el puntaje disminuye.
4. Conforme el nivel de dificultad del juego se incrementa, se añaden instrucciones adicionales.

Manejo de dificultad y proceso

La dificultad se incrementa en los niveles con variaciones de:

- Velocidad: 1-3
- Acomodo: Normal o inverso

Instrucciones adicionales:

- Colocar los objetos en el lado correspondiente (playa o bosque)
- Colocar los objetos en el lado contrario al que pertenecen
- Colocar los objetos dentro de burbujas blancas en el lado contrario al que pertenecen
- Colocar los objetos dentro de burbujas rojas en el bosque y los objetos dentro de burbujas azules en la playa.
- Dejar ir un objeto determinado
- Dejar ir el objeto (o los objetos) que se presente(n) inmediatamente después de un objeto determinado.

- Colocar en el lado contrario el objeto que se presente detrás de un objeto determinado.

7.6.6. Changos traviesos

Funciones que se trabajan

- Atención selectiva
- Atención sostenida
- Amplitud atencional

Descripción del juego

El juego se desarrolla en el bosque. Aparecerán 3, 4 o 5 changos dependiendo del nivel de dificultad. Uno de ellos tendrá un objeto que esconderá detrás de su espalda. Los changos se intercambiarán de lugar y al término de dichos intercambios, el participante deberá indicar quién tiene el o los objetos escondidos (ver Ilustración 6).



Ilustración 6. Entorno gráfico del ejercicio "Changos traviesos"

Modo de juego

1. Aparecen cierto número de changos idénticos (3, 4 ó 5 dependiendo del nivel de dificultad), colocados en una fila horizontal. Uno de ellos tiene un objeto, lo esconde detrás de su espalda.
2. Los changos se intercambian de posición al azar en repetidas ocasiones.
3. Cuando se detienen, el jugador debe indicar quién tiene el objeto.

4. Si el jugador eligió al chango correcto, pasa al siguiente grado de dificultad (ver Tabla 10). Si se equivocó, tendrá que repetir el ejercicio en el mismo grado de dificultad. Si el jugador no ha podido avanzar de grado de dificultad en 3 ocasiones, se le regresara a un grado abajo.
5. Conforme avanza el juego los changos se mueven más rápido, se intercambian de posición más veces y esconden más objetos.

Tabla 10. Descripción de los niveles del ejercicio “Changos traviosos”

Nivel	Subniveles	Número de changos	Número de objetos
1	6	3	Hasta 2
2	6	4	Hasta 2
3	6	5	Hasta 2

8. Método

8.1. Objetivo

Analizar el impacto del entrenamiento cognitivo informatizado “Towi”, sobre la eficiencia de las redes atencionales en estudiantes de primero, segundo y tercero de primaria, así como la permanencia de los cambios después del entrenamiento y su generalización hacia otras funciones ejecutivas.

8.2. Objetivos específicos

Seleccionar un entrenamiento cognitivo informatizado con ejercicios en donde se ejerciten diversas funciones como memoria de trabajo, planeación, atención, estimación temporal y control inhibitorio.

Seleccionar un entrenamiento cognitivo informatizado que tenga en cuenta las técnicas de retroalimentación, adaptabilidad, dosis adecuada, ejercicios multitarea y elementos estilo videojuego.

Implementar el entrenamiento cognitivo informatizado en estudiantes de primero, segundo y tercero de primaria.

Evaluar la eficiencia de las redes atencionales antes y después del entrenamiento cognitivo utilizando el Attention Network Test para niños.

Evaluar el impacto del entrenamiento hacia otras funciones ejecutivas antes y después del entrenamiento utilizando la Batería “Towi” de Funciones Ejecutivas.

Analizar la permanencia de los cambios observados posteriores al entrenamiento cognitivo en un plazo de 3 meses utilizando el ANT para niños y la Batería “Towi” de Funciones Ejecutivas.

8.3. Pregunta de investigación

¿Cuál es el efecto de la utilización de un entrenamiento cognitivo informatizado en la eficiencia de las redes atencionales, así como su permanencia y generalización hacia otras funciones ejecutivas, en niños de 6 a 9 años?

8.4. Variables

8.4.1. Variables dependientes

Índice de eficiencia de red de orientación, alerta y control ejecutivo.

8.4.2. Variable independiente

Exposición al entrenamiento cognitivo informatizado “Towi”.

8.4.3. Variables controladas

Edad y escolaridad.

8.5. Hipótesis

La eficiencia de las redes atencionales en los participantes expuestos a un entrenamiento cognitivo informatizado estilo videojuego será distinta en comparación con los participantes de un grupo control, después del entrenamiento.

La eficiencia de las redes atencionales en los participantes expuestos a un entrenamiento cognitivo informatizado estilo videojuego será distinta en comparación con los participantes de un grupo control, en una medición de seguimiento.

El cambio después del entrenamiento en los TR precedidos por señales de alerta será mayor que en los TR no precedidos por señales de alerta.

El cambio después del entrenamiento en los TR precedidos por señales espaciales será mayor que en los TR precedidos por señales centrales.

El cambio después del entrenamiento en los TR de ensayos incongruentes será mayor que el TR en los ensayos congruentes.

Se observará un cambio en los distintos indicadores que comprende la prueba de funciones ejecutivas “Towi” después del entrenamiento.

8.6. Diseño de investigación

Basándonos en los distintos diseños planteados por Donald. T. Campbell y Julian C. Stanley (Campbell & Stanley, 1966), el diseño de la investigación se trata de un estudio cuasi-experimental con grupo control, de tipo pre-test–intervención–post-test, con dos observaciones posteriores al tratamiento.

$$\underline{R O_1 X O_2 O_3}$$

$$R O_4 (X) O_5 O_6$$

Este diseño empleó dos grupos equivalentes logrados por una cuasi-aleatorización (*R*) buscando que los grupos fueran equivalentes.

El grupo control tuvo interacción con el equipo de cómputo (*X*) y el grupo experimental llevó a cabo el entrenamiento cognitivo seleccionado durante esta investigación *X*.

Las ventajas de este diseño son la capacidad de controlar variables como la historia y la maduración del estudiante que ocurrirá entre las observaciones, básicamente fue la misma entre *O1- O2-O3* que entre *O4-O5-O6*.

Las sesiones experimentales se llevaron a cabo de forma aleatorizada para lograr una representación aleatorizada de fuentes de sesgo (hora, día de la semana, la parte del semestre escolar, proximidad de exámenes).

Los instrumentos utilizados tanto en el grupo control como en el experimental son equivalentes y cumplen con los criterios de validez y confiabilidad requeridos.

8.7. Contexto

Para la muestra de estudiantes de educación primaria, se aplicaron las pruebas pre-post-seguimiento, así como el entrenamiento, en el aula de computo de su centro educativo “Colegio Motolinía” ubicado en la ciudad de Morelia, Michoacán, México.

Los datos fueron analizados en el Laboratorio de Cognición Humana “Raúl Hernández Peón” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

8.8. Participantes

Se obtuvo una muestra de 118 participantes de educación primaria de 6 a 9 años, que cursaban primero, segundo y tercero de primaria al momento del comienzo de la investigación. La muestra fue elegida por conveniencia.

8.8.1. Criterios de inclusión a la intervención

Ser estudiante de primaria, tener entre 5 y 9 años.

8.8.2. Criterios de exclusión para el análisis

Presentar un trastorno del desarrollo formalmente diagnosticado y registrado por el departamento psicopedagógico de la institución. Haber faltado a más del 20% de las sesiones del entrenamiento (menos de 7 sesiones). No contar con autorización de sus padres o responsable legal.

8.9. Instrumentos

8.9.1. Attention Network Test child

Para las medidas de eficiencia de cada una de las redes atencionales: alerta, orientación y control ejecutivo, así como para obtener la interacción entre las redes de manera más precisa y adaptada a la edad de los participantes, se utilizó el Attention Network Test child. Esta versión del ANT se describe en el apartado 6.6.2 *ANT para población infantil* ANT para población infantil

Este test se aplicó de manera individual en los niños de primero de primaria y por parejas en los niños de 2º y 3º, en una sola sesión con duración de 30 min. Esta prueba otorgó medidas precisas sobre el efecto de alerta, orientación y atención ejecutiva.

8.9.2. Batería de Funciones Ejecutivas Towi

La evaluación cognitiva de “Towi” (Rosetti, Gómez-Tello, Gamaliel, & Apiquian, 2017) está basada en la batería NEUROPSI Atención y Memoria y la Batería Neuropsicológica de Funciones Ejecutivas (BANFE). Estas baterías se componen por diversos subtest que permiten evaluar el funcionamiento cognitivo en procesos de atención, memoria, y funciones ejecutivas.

La evaluación cognitiva de Towi se compone de 6 ejercicios basados en el NEUROPSI. Asimismo, ya que la plataforma incorpora el trabajo en habilidades viso-espaciales, un séptimo ejercicio se basa en el subtest de laberintos del BANFE, para más información sobre esta prueba se puede consultar el Anexo D.

8.10. Procedimiento

El proyecto fue evaluado por el comité de ética de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Los padres o un representante legal del participante firmaron una carta de consentimiento informado (ver Anexo C. Consentimiento informado). El estudio se realizó por profesionales en el área y se garantizó el bienestar del participante. La investigación se realizó una vez obtenido tal consentimiento. Sus datos personales fueron protegidos en todo momento.

Una vez que los padres o representantes legales del menor se encontraban debidamente informados se les pidió que respondieran un cuestionario con la finalidad de caracterizar nuestra población en relación a su escolaridad, la escolaridad de los padres y el uso de videojuegos y otras actividades extraescolares, así como el tiempo de exposición a pantallas. El cuestionario se encuentra en el Anexo B. Cuestionario para su consulta.

Una vez que fue corroborado que cada uno de los participantes cumplía con los criterios de inclusión y de no presentar algunos de los criterios de exclusión, se procedió a designar los grupos académicos en grupo control (GC) y experimental (GE). Dentro de la institución educativa, los niños del mismo grado escolar, se encuentran divididos en grupos “A” y “B”, es decir, se cuenta con 6 grupos (1ºA, 1ºB, 2ºA, 2ºB, 3ºA y 3ºB). De cada grado, un grupo (A o B) fue designado como grupo experimental, mientras que el otro grupo (A o B) fue el grupo control. La razón por la cual se decidió llevar a cabo este tipo de selección fue debido a que el entrenamiento se llevó a cabo durante la clase de computación, por lo que escoger a los niños de forma más aleatorizada resultaba muy complicado. Una vez concluida la etapa de seguimiento se ofreció el entrenamiento a los grupos control.

8.10.1. Fase pre-test

Ambos grupos (control y experimental) realizaron el ANT child para medir la eficiencia de las redes atencionales de alerta, orientación y atención ejecutiva, la aplicación se realizó en la sala de computo del Colegio, se aplicó en grupos de 1 a 3 niños, durante la aplicación estuvieron presentes la responsable de la asignatura de Computación y la Lic. Martha Camarero.

Para medir la generalización del entrenamiento hacia otras funciones ejecutivas, los niños realizaron la Batería Towi de Funciones Ejecutivas, dicha prueba esta diseñada para ser aplicada en grandes grupos, por lo que se aplicó por grupos de 14 a 19 personas, los niños fueron ayudados por Lic. Patricia y la Lic. Martha Camarero.

8.10.2. Fase de intervención

Los niños de 1ºB, 2ºA y 3ºA de primaria participaron como grupo experimental en un entrenamiento cognitivo informatizado estilo videojuego llamado Towi (ver apartado

Entrenamiento cognitivo estilo videojuego) se realizaron 9 sesiones de 20 a 30 minutos, una o dos veces por semana. Los grupos 1ºA, 2ºB, 3ºB participaron como grupo control y solamente asistieron a sus clases de computación que se dan de manera regular de acuerdo al programa del colegio. En dicha clase se imparten talleres sobre el manejo de la paquetería de Microsoft Office.

Durante cada sesión se ejecutaron 3 a 6 ejercicios. Cada tarea consta de diferentes niveles de dificultad donde se manipulan distintos aspectos como la velocidad, cantidad de elementos a memorizar, atributos, acomodo, entre otros, todas las tareas están adaptadas al desempeño del participante, se da retroalimentación inmediata y por bloque, cuentan con elementos estilo videojuego como la historicidad y el uso de personajes. En cada sesión varió la cantidad y el tipo de ejercicio a realizar, el niño podría escoger con que tarea deseaba comenzar, aunque se le sugería el orden de los ejercicios.

8.10.3. Fase post-test

Posterior al entrenamiento, se llevarán a cabo la sesión de post-test utilizando el ANT child y la Batería Towi de Funciones Ejecutivas, se aplicó en las mismas condiciones que el pre-test.

8.10.4. Fase de seguimiento

Se realizó un análisis estadístico para observar los cambios entre el pre-test y el post-test, debido a que se observaron cambios significativos y con tamaños del efecto importantes, se decidió aplicar una evaluación de seguimiento 3 meses después, para medir la permanencia de los cambios, se evaluó utilizando el ANT child y la Batería Towi de Funciones Ejecutivas.

9. Resultados

9.1. Descripción de la muestra

La muestra inicial fue de 118 niños. Cada niño fue identificado por su grado, grupo y número de lista, por ejemplo, 2A6 le fue asignado al sexto alumno del grupo de segundo “A”. De esta muestra total, se excluyeron 19 casos por diversas razones expuestas en la Tabla 11. Además, 12 participantes no completaron una de las seis evaluaciones o sus datos se perdieron debido a fallas del sistema en la recogida de datos (ver Tabla 11), sin embargo, sí se incluyeron sus datos en los análisis. La muestra final contó con 99 participantes.

Tabla 11. Casos eliminados del análisis

ID	Justificación	Casos
1A7, 2B2	No autorizado por sus padres o tutores legales	2
3A5	Enfermedad (Varicela)	1
2A14, 3A15	Diagnóstico de TDAH	2
1A10, 1B13, 2A5, 2B1, 2B8, 3B12, 3B13, 3B14, 3B18, 3B19	No se recibió la autorización de los padres de familia o tutores legales	10
NA	Diagnóstico de Síndrome de Down	1
3B20	Diagnóstico de Discapacidad Intelectual	1
2B14	Participante no dispuesto a realizar las evaluaciones	1
	Número total de casos eliminados para el análisis	19

Tabla 12. Casos incluidos con evaluaciones faltantes

1A13	Faltó la evaluación TOWI pre-test	1
2B4	Faltó la evaluación ANT pre-test	1
1A1	Perdida de datos de la evaluación ANT post-test	1
3A7	Perdida de datos de la evaluación TOWI pre-test	1
1B15, 2B6, 2B9, 2B13, 3B4, 3B9, 3B16	Datos de TOWI seguimiento perdidos por actualización de la plataforma	7
3B17	Baja del colegio, faltó evaluación de seguimiento ANT y TOWI	1
	Total de casos incluidos donde falta alguna evaluación	12

La muestra fue dividida en los 3 grados escolares y de cada grado se obtuvo un grupo control y un grupo experimental, con la finalidad de observar los cambios de acuerdo al nivel de desarrollo, ya que se está trabajando con tres grupos de edad en la que suceden muchos cambios a nivel estructural y de conexión de las redes neuronales.

En total, los tres grupos control contaron con 47 participantes y los tres grupos experimentales con 52. Cada grupo estuvo conformado por entre 14 y 18 niños (ver Tabla 13). La muestra total se conformó de 49 niñas y 50 niños. No se observaron diferencias en el número de participantes por sexo entre los distintos grupos y grados escolares ($\chi^2(5)=2.47$, $p>.05$).

La edad de los niños de primero abarcaba desde los 6:4 (*años:meses*) hasta los 7:3, el grupo de segundo desde los 7:4 hasta los 8:3 años, y el de tercero desde los 8:4 hasta los 9:3; no se observaron diferencias con respecto a la edad entre el grupo control y el grupo experimental ($\chi^2(3)=2.00$, $p>.05$).

Tabla 13. Número de participantes y edades por grupo

	1°	1°	2°	2°	3	3°
	Experimental	Control	Experimental	Control	Experimental	Control
N	18	17	17	16	17	14
Media de edad (d.e.)	6.2 (0.38)	6.3 (0.47)	7.3 (0.47)	7.4 (0.49)	8.4 (0.49)	8.1 (0.36)
Mediana	6	6	7	7	8	8

En los **anexos B y E** se puede consultar el cuestionario enviado a los padres de familia y el análisis completo de los datos obtenidos a través de éste.

Siendo el uso de **videojuegos, Tablet o Smartphone** variables que podían crear sesgo debido a la naturaleza de la intervención que se llevó a cabo, éstas se controlaron por igualdad de uso entre grupos; no se encontraron diferencias en el número de días por semana en el uso de videojuegos ($\chi^2(35)=46.38$, $p>.05$), Tablet o Smartphone ($\chi^2(35)=27.96$, $p>.05$) entre los 6 grupos.

De igual forma, se analizó la exposición a pantallas no interactivas y no se observaron diferencias en el número de días por semana en los que se ve la **Televisión** ($\chi^2(35)=28.73$, $p>.05$). Tampoco en otras actividades extraescolares como el **deporte** ($\chi^2(35)=31.02$, $p>.05$) y **actividades artísticas, musicales y cognitivas** ($\chi^2(20)=15.01$, $p>.05$).

La **escolaridad de los padres** es un factor ambiental y epigenético importante en el desempeño cognitivo de sus hijos. No se encontraron diferencias en esta variable tanto en la madre ($\chi^2(15)=16.56$, $p>.05$) como en el padre ($\chi^2(15)=7.83$, $p>.05$).

Después, se procedió a realizar un análisis de correlación entre las distintas redes para cada uno de los niveles de medición.

1.1. Correlación entre redes

En la literatura se ha reportado una interacción entre las tres redes durante la infancia. Calculamos los índices de correlación y encontramos que en la primera evaluación existió una correlación significativa entre la red de Alerta y la red de Control Ejecutivo ($r=.29$, $p<.05$). Durante el seguimiento se observó una correlación entre la red de Alerta y la red de Orientación ($r=-.25$, $p<.05$).

Derivado de los resultados obtenidos en estos análisis de correlación y a los antecedentes teóricos, se procedió a realizar un análisis multivariado de la varianza (MANOVA), para tener en cuenta la posible interacción entre las distintas redes atencionales. Los resultados se presentan en relación a cada uno de los efectos (Alerta, Orientación y Control Ejecutivo).

Previamente, se obtuvieron los estadísticos descriptivos y se analizaron los supuestos de normalidad de cada red, así como de la Precisión para cada grupo y en cada uno de los niveles de medición (pre-test, post-test y seguimiento).

9.2. MANOVA

Se realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) con tres variables dependientes: Alerta, Orientación y Control Ejecutivo. Cada variable con un factor intra-sujeto "Medición" con tres niveles: pre-test, post-test y seguimiento; y dos factores inter-sujeto: Grado escolar y Grupo. El factor Grado contuvo tres niveles: primero (1º), segundo

(2º) y tercero (3º) de primaria. El factor Grupo comprendió dos niveles: control y experimental.

Para el análisis multivariante, se realizaron comparaciones simples con un nivel de significancia a priori de $p < .05$. Para los análisis *post-hoc* se utilizó la corrección de Sidak. Para el análisis univariante y por pares se utilizó un ajuste LSD (*least significant difference*), estableciendo un nivel de significancia a priori de $p < .025$, con un intervalo de confianza del 97.5%. Se decidió realizar el ajuste LSD, el cual es equivalente a no realizar ajuste alguno, porque la muestra, al ser dividida por los criterios de grado escolar y grupo, resultó muy reducida. Sin embargo, para disminuir el riesgo de error tipo 1 se disminuyó la significancia estadística a 0.025. Y para disminuir el riesgo de error tipo 2, debido a que los factores de corrección son muy estrictos, se utilizó el ajuste antes mencionado.

No se cumplió con el supuesto de **homocedasticidad de las matrices de varianzas-covarianzas** en la prueba de Box ($F=1.17$, $p=0.046$). Se procedió a realizar los análisis de todas las redes tomando en cuenta la violación de este supuesto.

En el análisis multivariado del factor intra-sujeto, se utilizó la traza de Pillai, se observó un efecto de la **Medición** ($F(6)=5.61$, $p < .001$). En el análisis multivariado de los factores inter-sujeto se observó un efecto del **Grado** escolar ($F(6)=2.29$, $p < .05$), de cada efecto se procedió a realizar los análisis univariados, de contrastes, y por pares correspondientes.

De los efectos que resultaron estadísticamente significativos, se realizó un análisis más específico, observando los tipos de ensayos que componen cada efecto para realizar una correcta interpretación.

Finalmente, se realizó un análisis de varianza ANOVA para analizar el cambio en la **Precisión** a través de las mediciones.

9.3. Resultados del efecto de Alerta

9.3.1. Comprobación de supuestos para el efecto de Alerta

En el análisis de los **supuestos de normalidad** para el efecto de Alerta se observó que durante el pre-test, el grupo control de 3º en la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) ($D(14)=.23$,

$p < .05$) y en la prueba de Shapiro-Wilk (SW) ($D(14) = .86$, $p < .05$) resultaron significativos y no se observó normalidad gráfica (Figura 41), por tanto no pudimos asumir que los datos provenían de una distribución normal. En el post-test, el grupo experimental de 1º en el test de KS ($D(18) = .21$, $p < .05$) resultó significativo y no mostró normalidad gráfica. En la evaluación de seguimiento, el grupo control de 1º, a pesar de los resultados de la prueba KS ($D(17) = .22$, $p < .05$), sí mostró normalidad gráfica (Figura 39).

A pesar de que no se cumplió con el supuesto de normalidad en ciertos grupos, se procedió con el análisis, ya que la prueba MANOVA es robusta y la distribución no es extremadamente asimétrica.

En la prueba de **esfericidad** de Mauchly, se cumplió con el supuesto de esfericidad ($\chi^2(2) = 1.68$, $p > .05$).

El resultado de la prueba de Levene permitió asumir **homogeneidad de las varianzas** en el nivel pre-test ($F(5,90) = .67$, $p > .05$), post-test ($F(5,90) = .95$, $p > .05$) y seguimiento ($F(5,90) = .35$, $p > .05$).

9.3.2. Resultados de MANOVA en relación al efecto de Alerta

En el **análisis de contrastes**, para la variable intra-sujeto Medición, se observó que el efecto del post-test fue mayor que el pre-test ($F(1,90) = 4.75$, $p < .05$, $r = .05$).

En el **análisis por pares**, se observan cambios en el grupo experimental de 2º entre la medición pre-test ($m = 62.4$, $e.e. = 18.56$) y post-test ($m = 122.8$, $e.e. = 19.18$) ($p < .025$). Esta diferencia explica el efecto observado en el análisis de contrastes (Figura 7).

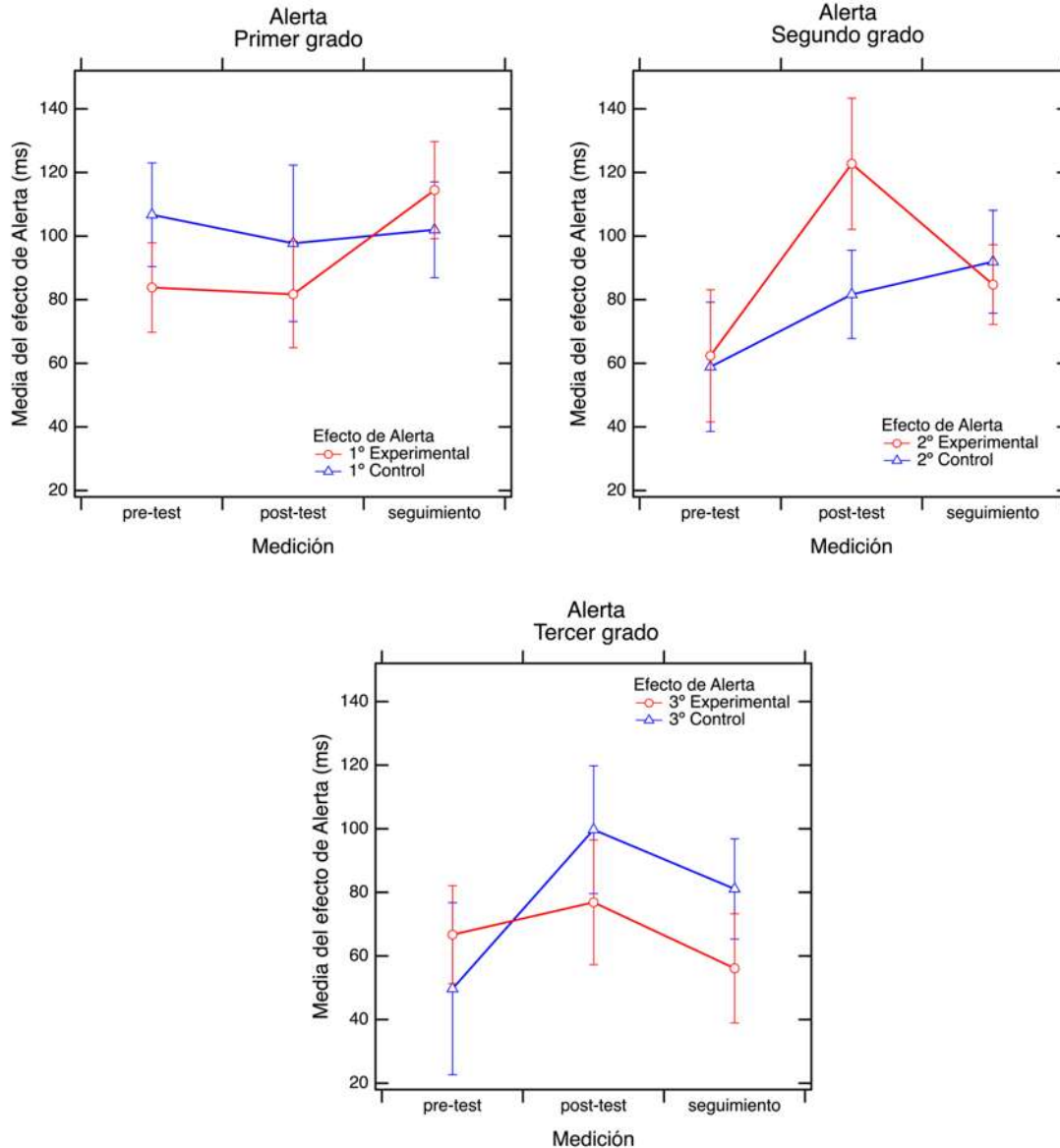


Figura 7. Efecto del factor Medición en la red de Alerta para 1° (izquierda), 2° (derecha) y 3°(inferior)

Para analizar el cambio que se observó en el efecto de Alerta entre la medición pre-test y post-test del grupo experimental de 2°, se obtuvieron las medias de las condiciones "Sin señal" y "Doble señal" (con las cuales se calcula el efecto de Alerta). La condición "Sin señal" mostró diferencia entre el pre-test y post-test menor a la observada en la condición "Doble señal". (ver Tabla 14). Esto implica que el cambio entre pre y post-test se debió a que después de la intervención los participantes respondieron más rápido ante los estímulos precedidos por una señal de alerta.

Tabla 14. Medias de TR en milisegundos y error estándar (ee) para cada condición para el cálculo del efecto de alerta en el grupo experimental de 2°

	Pre-test	e.e.	Post-test	e.e.	Diferencia
Sin señal	870.49	(26.97)	843.35	(27.98)	27.13
Doble señal	807.96	(28.39)	720.21	(19.67)	87.74

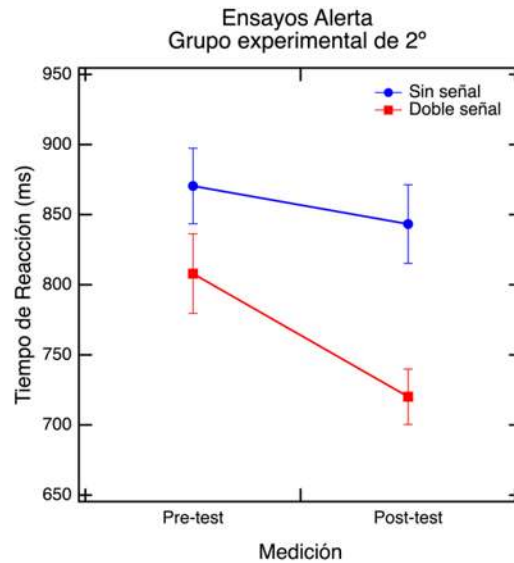


Figura 8. TR para los ensayos con doble señal y sin señal del grupo experimental de 2° durante el pre-test y el post-test

En el análisis *post-hoc* para el efecto del factor **Grado**, utilizando la corrección de Sidak, se observa un efecto entre 1° ($m=98.47\text{ms}$) y 3° (70.87ms) ($p<.05$).

En el análisis **por pares** de los factores inter-sujeto Grado y Grupo, para la red de Alerta, este cambio se observa durante el pre-test, entre el grupo control 1° ($m=109.56\text{ms}$) y el grupo control de 3° ($m=44.31$) ($p<.025$). En la Figura 9 podemos observar que el tamaño del efecto de alerta del grupo control de 1° durante el pre-test, fue mayor que los otros grupos control.

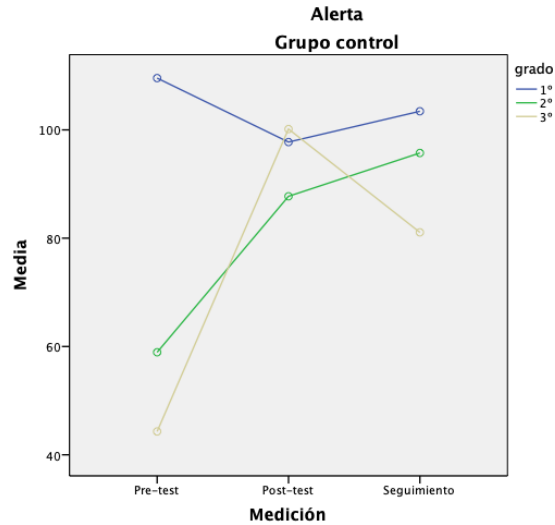


Figura 9. Efecto del factor Grado para la red de Alerta en los grupos Control

En los grupos experimentales, durante la medición de seguimiento, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo experimental de 1° ($m=114.5ms$) y el grupo experimental de 3° ($m=56.118ms$) ($p<.025$). En la Figura 10 también se observó una diferencia entre el grupo de 2° y 3° durante el post-test, sin embargo, no resultó estadísticamente significativa.

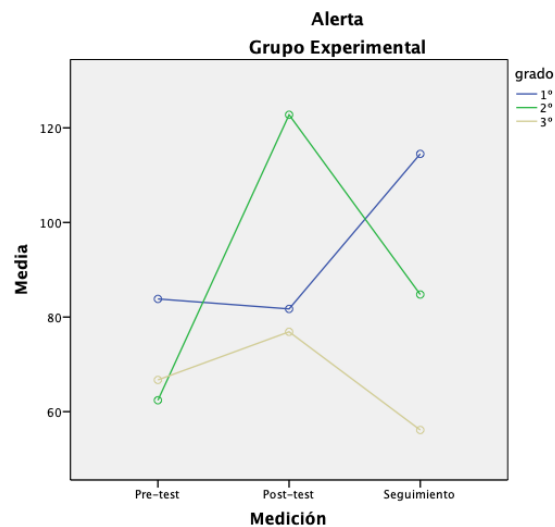


Figura 10. Efecto del factor Grado para la red de Alerta en el grupo experimental

9.4. Resultados para el efecto de Orientación

9.4.1. Comprobación de supuestos para Orientación

En la comprobación de **supuestos de normalidad**, en varios grupos los resultados de las pruebas de KS y/o SW resultaron significativos y no muestran normalidad gráfica, por lo tanto, no podemos asumir que los datos provengan de una distribución normal, en los grupos que se mencionan a continuación:

- El grupo experimental de 3º, en el pre-test [KS ($D(17)=.31, p<.05$) y SW ($D(17)=.85, p<.05$)]; y en el post-test [KS ($D(17)=.26, p<.05$) y SW ($D(17)=.86, p<.05$)].
- El grupo experimental de 1º, en el post-test [KS ($D(18)=.89, p<.05$)]
- El grupo control de 1º, durante el post-test [KS ($D(17)=.88, p<.05$)]

En el seguimiento, el grupo control de 3º, los resultados de la prueba de SW ($D(14)=.87, p<.05$) son significativos, sin embargo, se observa normalidad gráfica.

Sin embargo, se procedió con el análisis gracias a que la distribución no fue extremadamente asimétrica y la prueba MANOVA es resistente ante la violación de este supuesto.

En los resultados de la prueba de **esfericidad** de Mauchly, se cumplió con el supuesto de esfericidad ($\chi^2(2)=1.6, p>.05$).

Los resultados de la prueba de Levene permitieron asumir **homogeneidad de las varianzas** en el nivel pre-test ($F(5,90)=1.03, p>.05$), post-test ($F(5,90)=1.17, p>.05$) y seguimiento ($F(5,90)=1.62, p>.05$).

9.4.2. Resultados de MANOVA en relación al efecto de Orientación

En **análisis de contrastes** de los factores Medición por Grado por Grupo, se observó un efecto entre el post-test y el pre-test ($F(2,90)=3.45, p<.05, r=.071$), dicho efecto no se observó en el análisis multivariado.

En el **análisis por pares**, el cambio se observó en el grupo control de 2º entre la medición pre-test ($m=83.27ms$) y post-test ($m=17.20ms$) ($p<.025$), esto correspondió al efecto observado en el análisis de contrastes. Como se puede observar en la Figura 11 el grupo control de 2º

durante el pre-test se encontraba muy alejado de la muestra, se corroboró que esta diferencia no se debió a errores de captura, por lo que es probable que se debió a factores externos que impactaron sobre la medición, también pudo deberse a los cambios entre la red de orientación y la red de control ejecutivo que se estaban llevando a cabo en esta etapa del desarrollo.

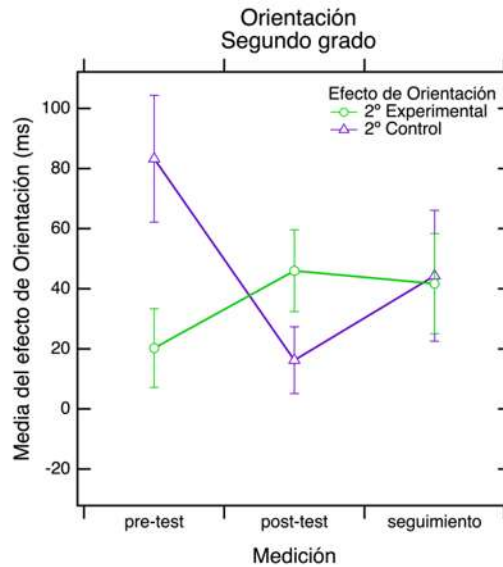


Figura 11. Efecto de Orientación del grupo control y experimental de 2° durante las 3 mediciones

El efecto del factor medición de 1° y 3° no resultó significativo. En la Figura 12, se observó un cambio entre el post-test y el seguimiento, en el grupo control y experimental de 1°, sin embargo, no se obtuvo significancia estadística para estos efectos.

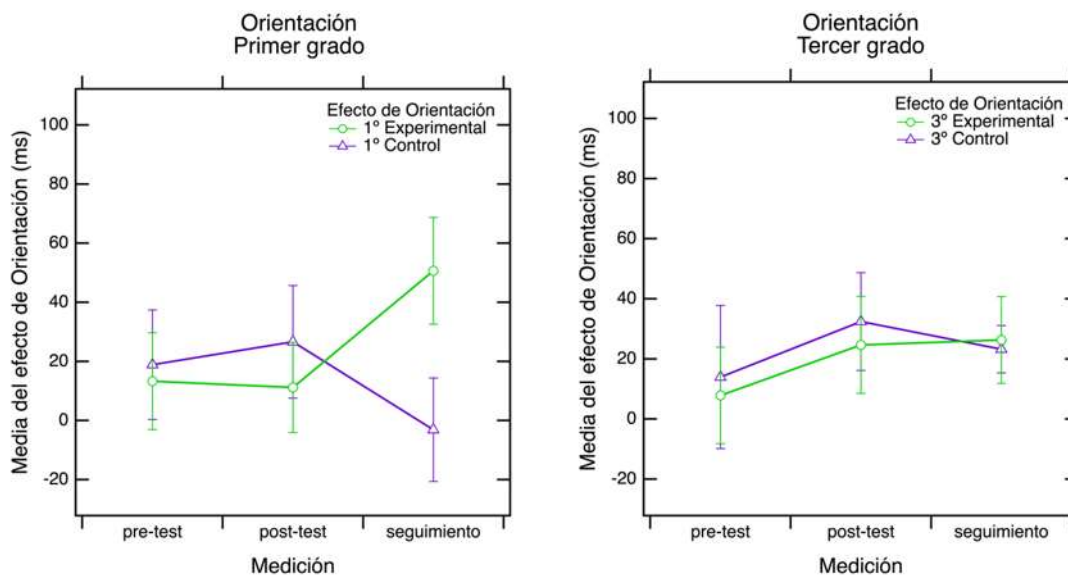


Figura 12. Efecto de Orientación del grupo experimental y control de 1° y 3° durante las 3 mediciones.

Para analizar el cambio que se observó en el efecto de Orientación entre la medición pre-test y post-test del grupo control de 2º, se obtuvieron las medias de las condiciones "señal espacial" y "señal central". La condición señal central mostró una diferencia entre el pre-test y post-test mayor a la observada en la condición Señal espacial (Tabla 15, Figura 13). Esto se debió a que durante el pre-test la condición señal central tomó mucho más tiempo de lo esperado en este grupo de edad.

Tabla 15. Media de los TR en milisegundos y error estándar (e.e.) de los ensayos con "señal espacial" y "señal central" de los grupos de 2º.

Grupo		Pre-test	e.e.	Post-test	e.e.	Diferencia
2º control	Señal espacial	822.51	26.66	801.23	33.59	21.28
	Señal central	906.02	28.05	817.52	29.70	88.50
2º experimental	Señal espacial	819.29	20.98	742.62	25.97	76.67
	Señal central	839.70	21.82	788.78	26.94	50.92

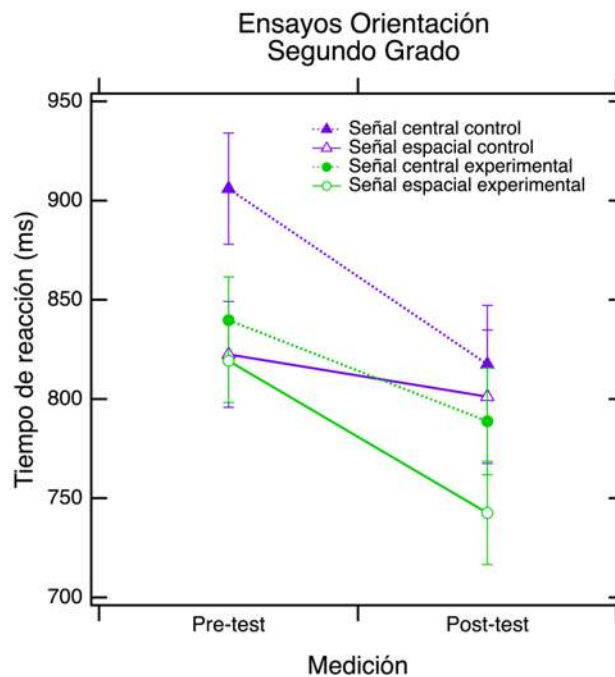


Figura 13. TR de los ensayos con señal espacial y central de 2º durante el pre-test y post-test

No obstante, en el grupo experimental de 2º se observó un efecto contrario, los TR de la condición señal espacial son los que disminuyeron más entre el pre-test y el post-test. Lo que nos indicó que la intervención tuvo un impacto sobre la regulación exógena de la atención.

En el análisis de los factores inter-sujeto, se observó que el efecto del Grado (previamente observado en el análisis Multivariado), se encontró en la red de Orientación ($F(2)=4.01$, $p<.05$).

En el análisis *post hoc*, utilizando la corrección de Sidak, se observó diferencia entre 1° ($m=18.51ms$) y 2° ($m=42.02ms$) ($p<.05$).

En la comparación por pares se observó que el efecto de Grado en la red de Orientación fue importante entre el grupo control de 1° ($m=18.50ms$) y el grupo control de 2° ($m=42.02ms$) ($p<.025$), también entre el grupo control 2° y el grupo control de 3° ($m=19.65ms$) ($p<.025$).

Al realizar un análisis por pares más específico, pudimos ver que la diferencia ocurrió durante la medición pre-test entre los grupos control de 1° ($m=15.19ms$) y 2° ($m=83.27ms$) ($p<.025$) y entre 2° y 3° ($m=2.39$) ($p<.025$). El grupo control de 2° fue el que mayor peso tuvo en esta diferencia, al presentar un efecto mayor durante el pre-test (Figura 14).

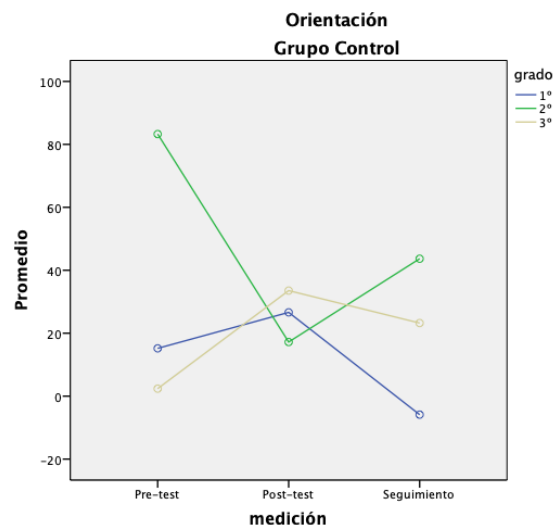


Figura 14. Efecto del factor Grado para la red de Orientación en los grupos control

9.5. Resultados del efecto de Control Ejecutivo

9.5.1. Comprobación de supuestos para el efecto de Control Ejecutivo

En la comprobación de supuestos de normalidad se observó una distribución normal gráfica en la mayoría de los grupos. A excepción los grupos control de 2° y 3° en la medición pre-test dónde los resultados de las pruebas de KS y SW resultaron significativos y no se observó

normalidad gráfica. (2° [KS ($D(15)$)=.26, p <.05], SW ($D(15)$)=.85, p <.05]). 3° [KS($D(14)$)=.24, p <.05], SW ($D(14)$)=.75, p <.05)].

En los resultados de la prueba de **esfericidad** de Mauchly, no se observó esfericidad en la variable de Control Ejecutivo ($\chi^2(2)$)=16.98, p <.05) por lo que se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser (ϵ =.852).

Los resultados de la prueba de Levene permitieron suponer **homogeneidad de las varianzas** en el pre-test ($F(5,90)$)=1.59, p >.05, post-test ($F(5,90)$)=1.27, p >.05) y seguimiento ($F(5,90)$)=1.95, p >.05).

9.5.2. Resultados MANOVA en relación al efecto de Control Ejecutivo

En el **análisis univariado** se observó que el efecto de medición es significativo para la red de control ejecutivo ($F(1,70)$, 153.37)=15.58, p <.001, η^2 =.148).

En el **análisis de contrastes**, observamos que el efecto del post-test ($F(1,90)$)=19.01, p <.001, r =.174) y efecto del seguimiento ($F(1,90)$)=19.82, p <.001, r =.18) fueron mayores que el pre-test. En lo que respecta a la interacción de Medición por Grupo, el efecto del post-test fue mayor al efecto del seguimiento ($F(1,90)$)=5.43, p <.05, r =.057), este último efecto no se observó en el análisis multivariado ni en el análisis por pares por lo que pudo deberse a un artefacto de la medición.

Al realizar el **análisis por pares**, pudimos observar un efecto entre el pre-test (m =105.87ms) y el post-test (m =59.27ms) (p <.001), así como entre el pre-test y seguimiento (m =61.18ms) (p <.001).

Realizando un análisis por pares más específico, el cambio se observó en el grupo experimental de 1° entre el pre-test (m =119.5ms) y el post-test (m =48.33ms) (p <.025). Esta diferencia pudo ser atribuida a un efecto de la intervención (Figura 15).

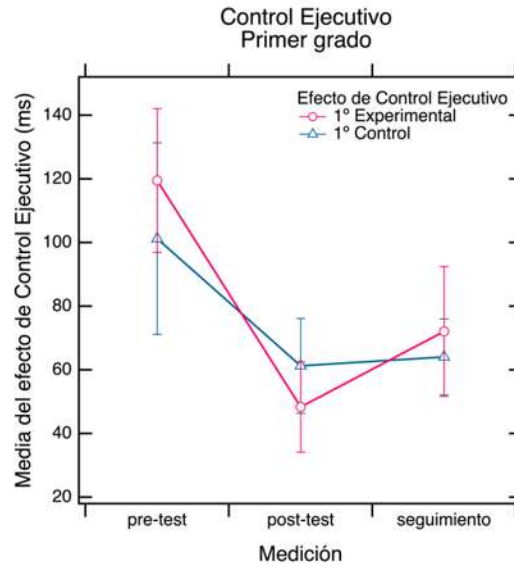


Figura 15. Efecto de Control Ejecutivo en el grupo control y experimental de 1° en las 3 mediciones.

De igual forma, en el grupo experimental de 2° se observó un cambio entre el pre-test ($m=118.12\text{ms}$) y post-test ($m=59.29\text{ms}$) ($p<.025$) (Figura 16). Por lo que también se pudo hacer referencia a un efecto de la intervención.

En el grupo control de 2° se observó una diferencia entre la medición pre-test ($m=94.47\text{ms}$) y seguimiento ($m=33.6\text{ms}$) ($F(6)=2.864$, $p<.025$) lo cuál es esperado, ya que este grupo se encontraba en un periodo crítico del desarrollo de la atención ejecutiva.

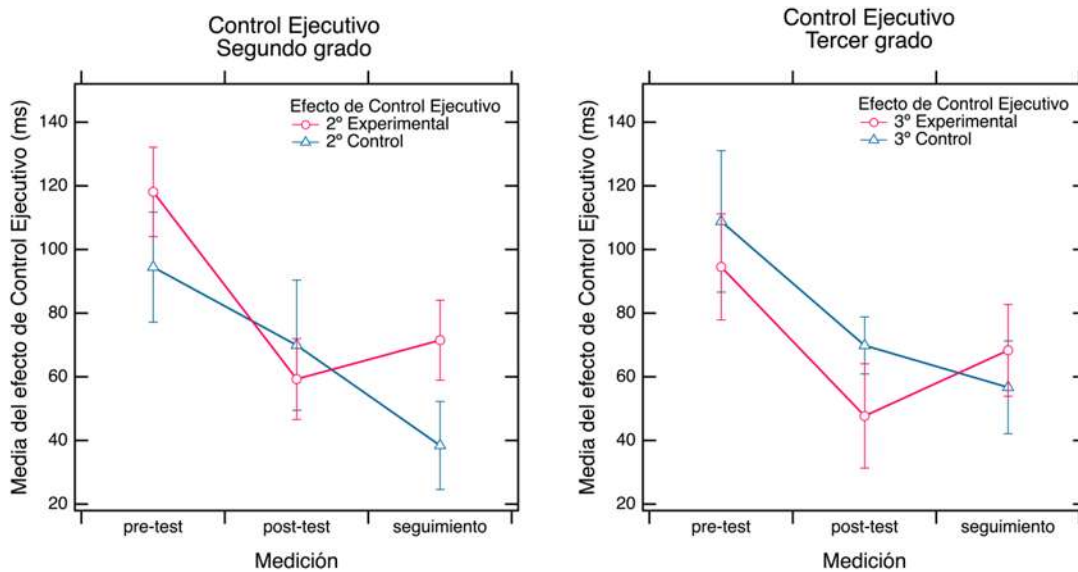


Figura 16. Efecto de Control Ejecutivo en el grupo control y experimental de 2° y 3° durante las 3 mediciones

Para analizar el efecto de Control Ejecutivo el grupo experimental de 1° entre el pre-test y el post-test se obtuvieron las medias de los ensayos incongruentes y congruentes. Se observó una diferencia mucho mayor del TR de los ensayos incongruentes en comparación con los ensayos congruentes (Tabla 16 y Figura 17), lo que nos indica que la intervención pudo tener un impacto en la resolución del conflicto, es decir, la capacidad de ignorar el estímulo predominante y reaccionar al estímulo blanco en los ensayos incongruentes.

Tabla 16. Medias y errores estándar (ee) de los TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo experimental de 1°

1° experimental	Pre-test	e.e.	Post-test	e.e.	Diferencia
Congruentes	913.22	(30.63)	903.43	(32.81)	9.79
Incongruentes	1033.06	(33.51)	952.07	(32.05)	80.98

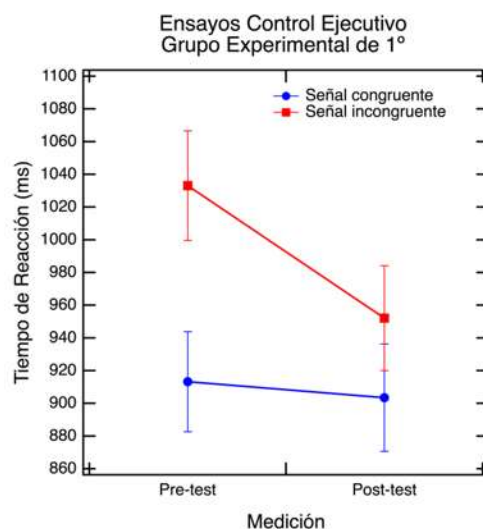


Figura 17. TR de los ensayos congruentes e incongruentes de 1° experimental durante el pre-test y post-test

En el grupo experimental de 2° se observó el mismo efecto (Tabla 17, Figura 18), la diferencia mayor se encontró en el TR de los ensayos incongruentes en comparación con la diferencia observada en los ensayos congruentes.

Tabla 17. Medias y errores estándar (ee) de los TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo experimental de 2°

2° experimental	Pre-test	e.e.	Post-test	e.e.	Diferencia
Congruentes	801.0147	(22.33)	762.9263	(24.33)	38.08
Incongruentes	919.5	(25.66)	822.5147	(22.40)	96.98

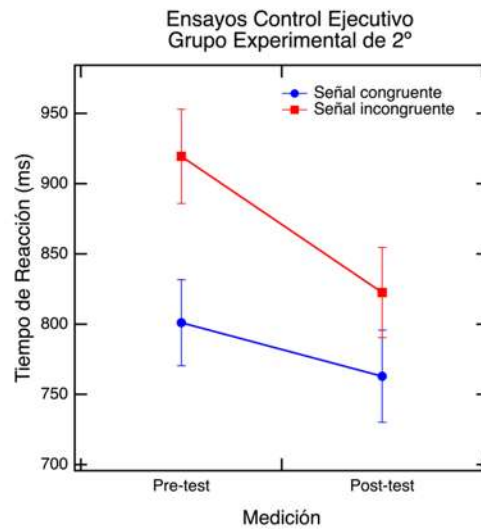


Figura 18. TR de los ensayos congruentes e incongruentes de 2º experimental durante el pre-test y post-test

En el grupo control de 2º el cambio se observó entre el pre-test y el seguimiento, al analizar los ensayos pudimos observar que la diferencia mayor se dio en los ensayos incongruentes (Tabla 18, Figura 19), por lo que pudimos concluir que en esta etapa del desarrollo existió una mejora en la resolución del conflicto que presenta esta tarea. Esta mejora se dio en un tiempo mayor (3 meses) en comparación con el grupo experimental (5 semanas).

Tabla 18. Medias y errores estándar (ee) de los TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo control de 2º

2º control	Pre-test	e.e.	Seguimiento	e.e.	Diferencia
Congruentes	856.3667	(25.91)	792.4375	(28.46)	63.9292
Incongruentes	951.3167	(27.53)	831.1406	(22.08)	120.1761

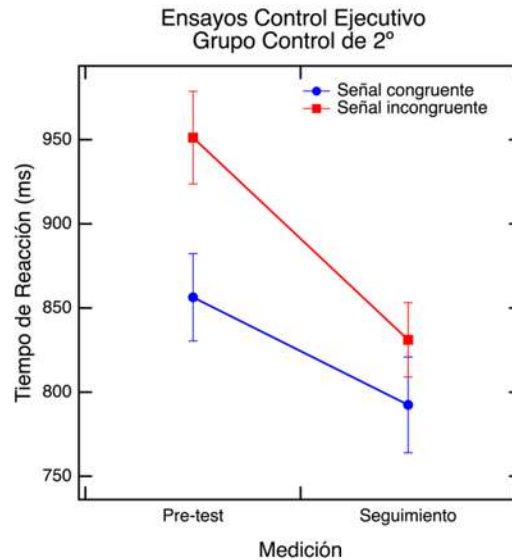


Figura 19. TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo control de 2º durante el pre-test y el seguimiento

9.6. Resultados de la Precisión

9.6.1. Comprobación de supuestos para la Precisión de la Respuesta

En lo que refiere a la comprobación del supuesto de normalidad, en la mayoría de los grupos en los distintos niveles de medición, se observaron resultados significativos en las pruebas de KS y SW a excepción de los siguientes grupos:

- 1º control en el pre-test [KS ($D(18)=.14, p>.05$), SW ($D(18)=.89, p>.05$)] y seguimiento [(KS ($D(17)=.14, p>.05$), SW ($D(17)=.96, p>.05$)).
- 3º control en el post-test [(KS ($D(14)=.14, p>.05$), SW ($D(14)=.97, p>.05$)] y seguimiento [(KS ($D(13)=.15, p>.05$) y SW ($D(13)=.92, p>.05$))
- 3º experimental en el post-test [(KS ($D(17)=.18, p>.05$), SW ($D(17)=.90, p>.05$))
- 2º control en el seguimiento [(KS ($D(17)=.217, p>.05$))

Sólo se observó normalidad gráfica en los grupos control de 1º y 2º durante el seguimiento. Se procedió con el análisis gracias a la resistencia de ANOVA ante tales violaciones y a que la distribución no resultó extremadamente asimétrica.

9.6.2. ANOVA factorial mixto para la Precisión

Se realizó un ANOVA mixto de medidas repetidas, con un factor intra-sujeto “Medición” con tres niveles: pre-test, post-test, seguimiento, y dos factores inter-sujeto “Grado” con tres niveles: primero, segundo y tercero; y “Grupo” con dos niveles: control y experimental; se realizaron contrastes simples.

Se inició con la prueba de **esfericidad** de Mauchly cuyos resultados mostraron esfericidad ($\chi^2(2)=4.64, p>.05, \epsilon = .95$).

En los resultados de la prueba de Levene pudimos observar **homogeneidad en las varianzas** en la medición pre-test ($F(5,90)=.91, p>.05$), sin embargo, no pudimos asumir homogeneidad de las varianzas en las mediciones post-test ($F(5,90)=2.43, p<.05$) y seguimiento ($F(1,90)=3.39, p<.05$). Se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser ante la falta de homogeneidad a pesar de mostrar esfericidad.

En el **análisis intra-sujeto** se observó un efecto de la medición ($F(1.9, 171.3)=7.88, p<.001, r=.08$) y en el **análisis inter-sujeto** se observó un efecto del grado ($F(2,90)=9.51, p<.001, r=.174$)

En el **análisis de contrastes** se observó un puntaje mayor en la medición de seguimiento que en la medición pre-test ($F(1,90)=16.22, p<.001, r=.15$), también se observó un puntaje mayor en el seguimiento que en el post-test ($F(1,90)=5.17, p<.05, r=.054$).

Utilizando la corrección de LSD con un nivel de significancia de 0.025, en el **análisis por pares** se observaron diferencias entre la medición seguimiento ($m=92.73$ aciertos) y post-test ($m=86.33$ aciertos) del grupo control de 2º ($p<.05$). En la Figura 20 se observó que en un primer momento, este grupo disminuyó notablemente el número de aciertos entre el pre-test y el post-test, pero logró alcanzar el desempeño del grupo experimental en el seguimiento, lo cual causó un cambio significativo entre el post-test y el seguimiento. La diferencia observada en el post-test entre el grupo control y experimental resultó significativa ($F(1,90)=4.471, p<.05$). Este decremento en el número de aciertos durante el post-test no se presentó en el grupo experimental, al contrario, se observó una pequeña mejora de 2.6 aciertos.

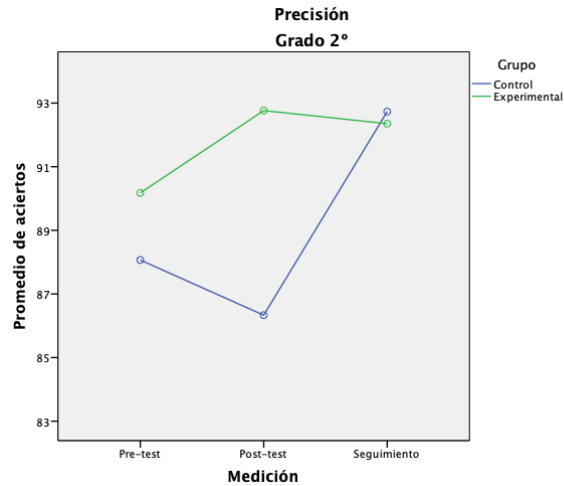


Figura 20. Precisión del grupo control y experimental de 2° en las tres mediciones

También se observó una diferencia estadísticamente significativa en el grupo control de 3° entre la medición pre-test ($m=85.31$ aciertos) y seguimiento ($m=93.85$ aciertos) ($p<.025$), en la Figura 21 se observó que el desempeño del grupo control fue mucho menor durante el pre-test, sin embargo, durante el post-test y el seguimiento logró acercarse al grupo experimental, lo que podría indicar un efecto de aprendizaje de la prueba.

En el grupo control y experimental de 1° no se observaron cambios significativos en las tres mediciones, en la Figura 21 se observó que ambos grupos tuvieron una pequeña mejora a lo largo de las tres mediciones. En comparación con los grupos de 2° y 3°, el grupo de 1° tuvo un menor desempeño en las tres mediciones, este efecto se reparó en el análisis de contraste del factor Grado que se expone a continuación.

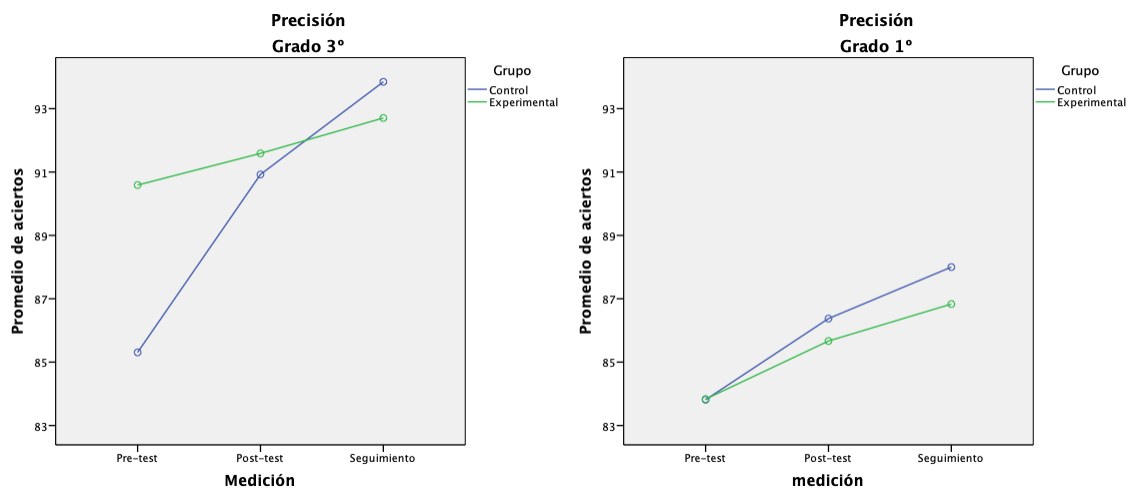


Figura 21. Precisión del grupo control y experimental de 3º y 1º en las tres mediciones

En el análisis de contrastes del factor Grado, se observó una diferencia entre 1º ($m=85.75$ aciertos) y 2º ($m=90.405$); y entre 1º y 3º ($m=90.827$).

En el análisis por pares, el efecto se observó en la medición de seguimiento entre los grupos control de 1º ($m=88$) y 2º ($m=92.73$), y entre 1º y 3º ($m=93.84$) ($p<.025$). Así como, en el grupo experimental durante la medición post-test se observó una diferencia entre 1º ($m=85.66$) y 2º ($m=92.77$) ($p<.025$) y durante la medición de seguimiento entre 1º ($m=86.83$) y 2º ($m=92.35$) ($p<.025$) y entre 1º y 3º ($m=92.70$) ($p<.025$).

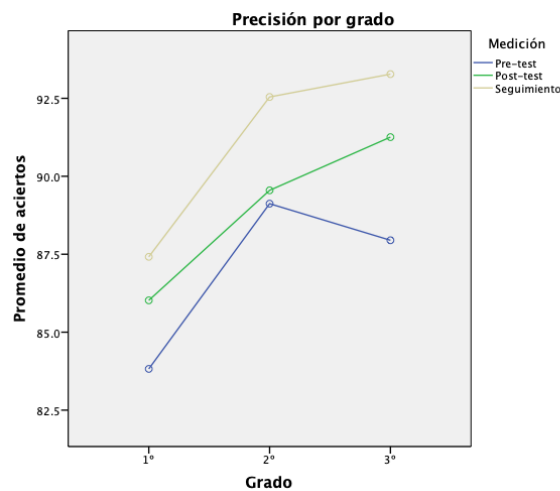


Figura 22. Precisión de la respuesta por grado

A pesar de que en casi todos los grupos se pudo observar que el promedio de la precisión de la respuesta aumentó con el nivel de medición y de acuerdo al grado escolar, no todos estos cambios resultaron significativos, sin embargo, la tendencia fue a una mejora en el número de aciertos tanto en el grupo control como en el grupo experimental, lo que podría indicar un efecto de aprendizaje de la prueba y una mejora de la precisión de la respuesta propia del desarrollo de la atención.

También pudimos observar que la desviación estándar disminuyó en todos los grupos entre el pre-test y el seguimiento, en la mayoría de los gráficos se observó cómo la población se concentró cada vez más hacia los puntajes altos, lo que podría indicar un efecto techo de la prueba.

9.7. Resultados batería Towi

El objetivo de analizar esta batería fue observar la transferencia del entrenamiento hacia otras funciones ejecutivas, esto se evaluó utilizando la batería Towi la cual se compone de distintas pruebas. Se seleccionaron los indicadores que se utilizaron en el estudio de Rosseti et al. (2017) para observar la diferencias entre el grupo control y experimental, así como el cambio a lo largo de las tres mediciones. No se analizó el factor del grado escolar, porque no se pretende estudiar su desarrollo ni el cambio en relación a la edad.

9.7.1. Atención y memoria de trabajo: prueba “Empacar”

Esta prueba mide atención, concentración y memoria de trabajo. Para medir la Atención y la concentración se utilizó una tarea de retención de objetos en progresión. Para medir la memoria de trabajo se utilizó una tarea de retención de objetos en regresión. Esta prueba fue diseñada en base al NEURPSI.

Para el análisis se realizó un análisis de varianza ANOVA factorial de medidas repetidas para cada función, con contrastes simples, para el análisis por pares se utilizó un ajuste LSD con nivel de significancia a priori de $p < 0.025$.

9.7.1.1. Atención y concentración. Retención de objetos en progresión

Se cumplió con el supuesto de **esfericidad** de Mauchly ($\chi^2(2)=.17, p > .05$) y con el supuesto de **homogeneidad de las varianzas** en el pre-test ($F(1,88)=2.54, p > .05$), post-test ($F(1,88)=1.77, p > .05$) y seguimiento ($F(1,88)=.0004, p > .05$).

No se observó un efecto de la medición ni de la medición por grupo. En los **análisis de contrastes** no se observaron efectos. En el **análisis por pares**, en el grupo control no se observaron diferencia entre el pre-test ($m=3.125, e.e.=.172$), post-test ($m=3.3, e.e.=.158$) y seguimiento ($m=3.05, e.e.=.158$) ($F(2,87)=.826, p > .025$). De igual manera, en el grupo experimental no se observaron diferencias entre las mediciones pre-test ($m=3.4, e.e.=.154$), post-test ($m=3.4, e.e.=.142$) y seguimiento ($m=3.56, e.e.=.142$) ($F(2,87)=.563, p > .025$). En el análisis por pares del factor Grupo, se observó una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control ($m=3.05, e.e.=.158$) y experimental ($m=3.56, e.e.=.142$) ($p < 0.025$)

durante el seguimiento, esta diferencia pudo deberse a un artefacto de la medición y un error tipo 1 por el ajuste LSD utilizado, ya que solo se observó en el análisis por pares.

9.7.1.2. Memoria de trabajo. Retención de objetos en regresión

Se cumplió con el supuesto de **esfericidad** de Mauchly ($\chi^2(2)=1.045, p>.05$) y con el supuesto de **homogeneidad de las varianzas** en el pre-test ($F(1,88)=2.58, p>.05$), post-test ($F(1,88)=.67, p>.05$) y seguimiento ($F(1,88)=.06, p>.05$).

No se observó un efecto de la medición ni de la medición por grupo. En el **análisis de contrastes** en la interacción de la medición por grupo, se observó una diferencia entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=5.10, p<.05, r=.055$). En el **análisis por pares**, en el grupo control se observa una diferencia entre el pre-test ($m=2.43$ objetos, $e.e.=.216$) y el seguimiento ($m=3$ objetos, $e.e.=.178$) ($p<.025$). En la Figura 23 podemos observar que número de objetos recordados en orden regresivo del grupo control durante el pre-test era menor al grupo experimental, en las siguientes dos mediciones mostraron un desempeño similar, lo que podría indicar un efecto producto de la repetición de la prueba.

En el grupo experimental, no se observaron diferencias entre las mediciones pre-test ($m=2.98$, $e.e.=.194$), post-test ($m=3.04$, $e.e.=.161$) y seguimiento ($m=2.86$, $e.e.=.160$). Tampoco se observó diferencia entre el grupo control y experimental en las tres mediciones.

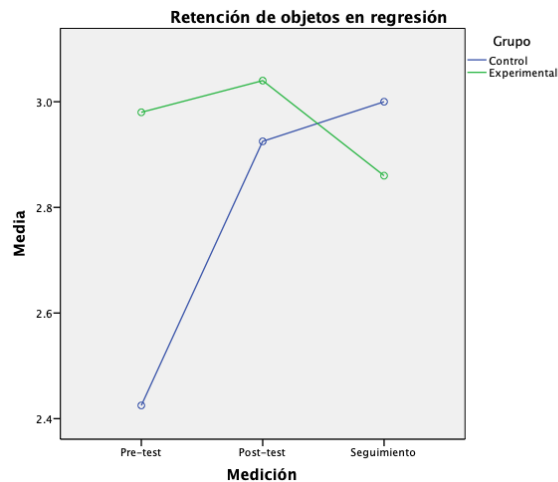


Figura 23. Objetos recordados en orden regresivo de la Prueba Empacar a lo largo de las tres mediciones

9.7.2. Planeación. Prueba “Conducir al aeropuerto”

Esta prueba es similar a la presentada en la batería BANFE, la tarea consiste en realizar tres laberintos de dificultad creciente, para el análisis se tomaron como indicadores el tiempo total de ejecución (Tiempo), el tiempo total de latencia (Latencia), el número de caminos sin salida que se tomaron (Caminos sin salida) y el número de cruces de las barreras del laberinto (Cruces).

Se realizó un análisis ANOVA factorial de medidas repetidas de 4 factores: Tiempo, Latencia, Caminos sin salida, Cruces. Se utilizaron contrastes simples, para el análisis por pares se utilizó un ajuste LSD con un nivel de significancia a priori de $p < 0.025$.

No se cumplió con el supuesto de **esfericidad** de Mauchly para las variables Caminos sin salida ($\chi^2(2)=20.06, p < .001, \epsilon = .829$), Cruces ($\chi^2(2)=12.85, p < .01, \epsilon = .879$) y Latencia ($\chi^2(2)=9.63, p < .01$), sólo se cumple este supuesto para la variable Tiempo ($\chi^2(2)=1.46, p > .05, \epsilon = .984$), por lo que se utilizará la corrección de Greenhouse-Geisser.

Se cumplió el supuesto de **homogeneidad de la varianza** para la variable Tiempo y Latencia en la medición pre-test, post-test y seguimiento; para la variable Caminos sin salida y Cruces solo se cumple este supuesto durante el seguimiento.

Se observó un efecto de la medición en la variable Tiempo ($F(1.97, 173.12)=4.39, p < .05$).

En el **análisis de contrastes** se observó una diferencia en el Tiempo entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=7.66, p < .05, r = .08$), así como entre el post-test y el seguimiento ($F(1,88)=4.0, p < .05, r = .43$). Para la Latencia se observó una diferencia entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=4.31, p < .05$), este efecto en el factor Latencia solo se observó en este análisis por lo que puede deberse a un artefacto de la medición.

En el **análisis por pares**, para la variable Tiempo se observó un efecto en el grupo experimental entre el post-test ($m=191.84\text{seg}, e.e.=12.68$) y el seguimiento ($m=157.86\text{seg}, e.e.=12.71$) ($p < .025$). En la Figura 24 se observó como el grupo experimental aumentó su tiempo de ejecución y el grupo control lo disminuyó notablemente durante el post-test, aunque esta diferencia no alcanzó significancia estadística ($p = .028$).

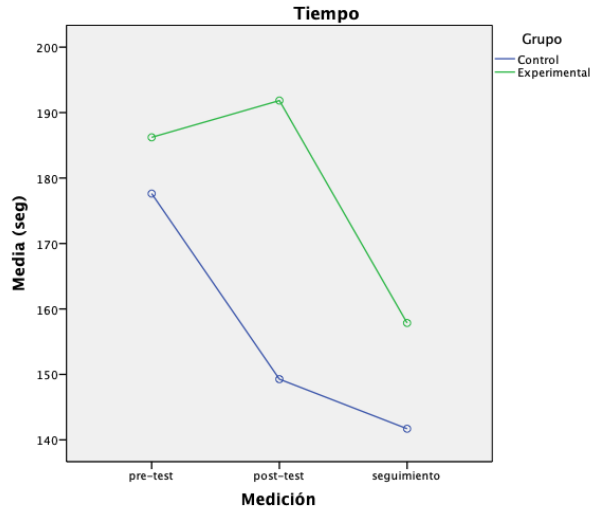


Figura 24. Media del tiempo de ejecución de los laberintos durante las tres mediciones.

En el **análisis univariado** del factor Grupo, se observa una diferencia entre el grupo control y experimental para la variable Caminos sin salida ($F(1,88)=6.35$, $p<.05$) y Cruces ($F(1,88)=6.88$, $p<.01$). En el **análisis por pares**, se observaron diferencia para la variable Caminos sin salida, en la medición post-test entre el grupo control ($m=8.25$ caminos) y experimental ($m=5.22$ caminos) ($p<.025$). En la Figura 25 se observó que el grupo experimental tomó menos caminos sin salida durante el post-test en comparación con las otras dos mediciones y el grupo control.

Para la variable Cruces, en la medición post-test se observa una disminución de los cruces realizados por lo participantes del grupo experimental, esto se ve reflejado en una diferencia entre el grupo control ($m=28.8$ cruces) y experimental ($m=17.32$ cruces) ($p<.025$).

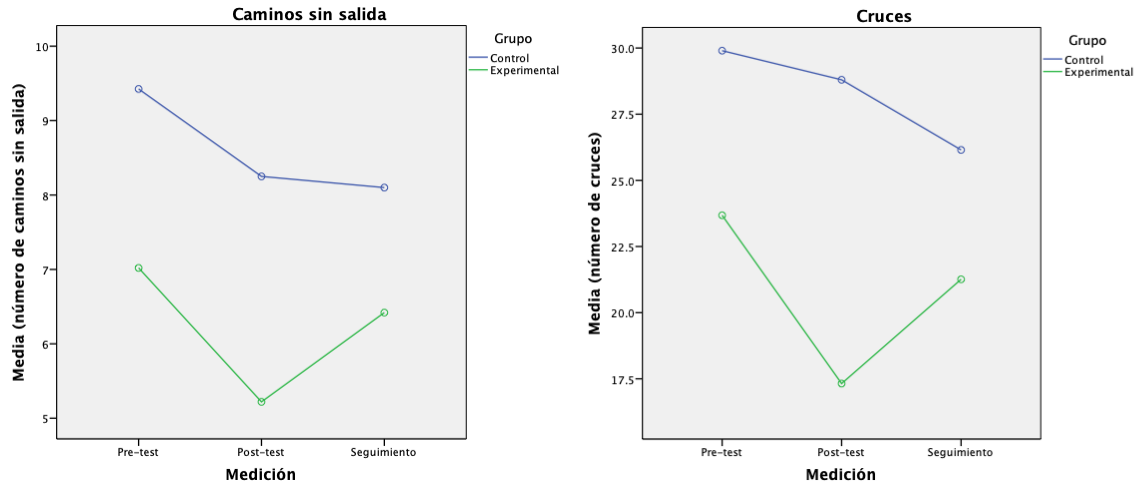


Figura 25. Caminos sin salida y cruces en el grupo control y experimental durante las tres mediciones

En base a estos resultados podemos concluir que el grupo experimental logró disminuir los errores de planeación en la cantidad de cruces y la llegada a caminos sin salida, a pesar de que aumentó su tiempo total de ejecución, lo que nos puede indicar que después del entrenamiento los participantes que llevaron a cabo la intervención, dedicaron más tiempo a planear y cometieron menos errores.

9.7.3. Detección de dígitos. Prueba “Sala de espera”

La prueba “Sala de espera” se basa en la prueba del NEUROPSI sobre atención y concentración: detección de dígitos. La tarea consistió en detectar una serie de letras y números que son presentados verbalmente, los indicadores para medir el desempeño en esta prueba fueron el número de series correctas detectadas y el número de errores.

Para evaluar los efectos de la intervención en la detección de dígitos se realizó un análisis ANOVA factorial de medidas repetidas de dos factores: respuestas correctas y errores.

No se cumplió con el supuesto de **esfericidad** para las respuestas correctas ($\chi^2(2)=7.52, p<.05, \epsilon=.924$) e incorrectas ($\chi^2(2)=13.76, p>.05, \epsilon=.872$). Se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser. Se cumplió el supuesto de **homogeneidad de las varianzas** de las dos variables en los tres niveles de medición.

Se observó un efecto de la medición en las respuestas correctas ($F(1.85, 162.54)=3.74, p<.05, r=.041$), En el **análisis de contrastes** se observó un efecto entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=4.41, p<.05, r=.048$). En el **análisis por pares**, con ajuste LSD utilizando una

$p < .025$, se observó una diferencia entre el pre-test ($m=8.75$, $e.e.=.265$) y el post-test ($m=9.37$, $e.e.=.201$) sin tomar en cuenta el grupo, sin embargo, al tomar en cuenta factor grupo este efecto no se observó, lo que podría indicar un cambio similar en los dos grupos. En la Figura 26 pudimos observar que el número de respuestas correctas aumentó para el grupo experimental durante el seguimiento y disminuyó en el grupo control. También se observó una disminución de las respuestas incorrectas para el grupo control durante el post-test, ninguna de estas diferencias resultó significativa.

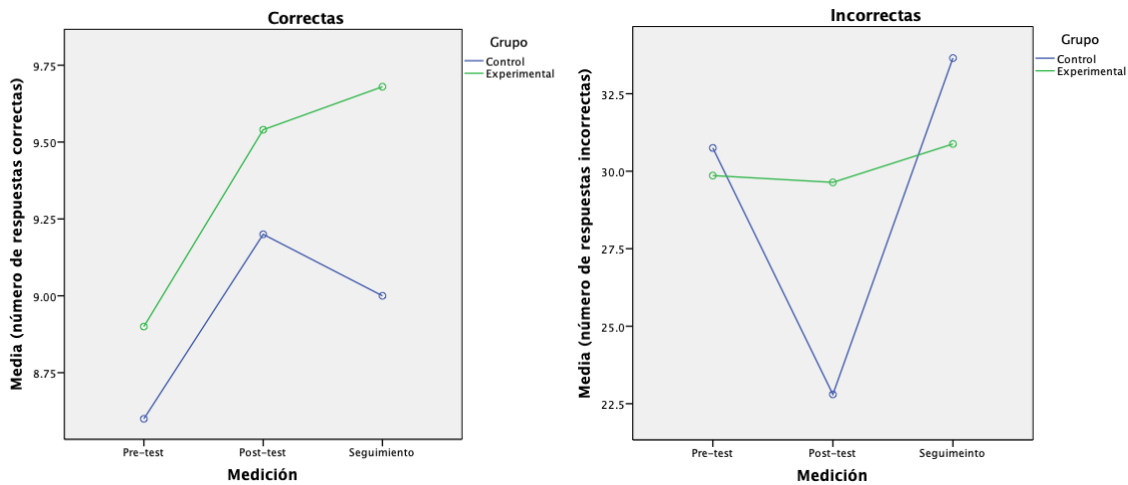


Figura 26. Media de respuestas correctas (derecha) e incorrectas (izquierda) de la Prueba Sala de espera, para el grupo control y experimental en las tres mediciones

9.7.4. Inhibición. Prueba “Volar el avión”

Esta prueba consiste en identificar la dirección de una flecha y dar click a la flecha del teclado con la misma dirección, a excepción de las flechas verdes, en las cuales la consigna es dar click a la flecha de sentido contrario, lo cuál supone una tarea de inhibición. Esta tarea fue rediseñada a partir de la prueba de Stroop del NEUROPSI.

Para evaluar el efecto de la intervención sobre esta tarea se realizó un ANOVA de medidas repetidas, tomando como factores el número de respuestas correctas y el tiempo total de ejecución de la tarea. Se realizaron contrastes simples, y análisis por pares con ajuste LSD estableciendo un nivel de significancia a priori de $p < .025$.

El factor de respuestas correctas mostró **esfericidad** ($\chi^2(2)=.657, p>.05$), pero el factor Tiempo no mostró esfericidad ($\chi^2(2)=8.696, p>.05$) por lo que se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser. Casi todos los factores cumplieron con el supuesto de **homogeneidad de la varianza** a excepción de la variable Tiempo durante las mediciones pre-test ($F(1,88)=4.013, p<.05$) y post-test ($F(1,88)=4.960, p<.05$).

Se observó el efecto de la medición tanto en el factor respuestas correctas ($F(1.99,174.67)=10.02, p<.001$) como en el factor tiempo ($F(1.83, 160.71)=22.86, p<.001$).

En el **análisis de contrastes** para el factor respuestas correctas se observó una diferencia entre el post-test y el pre-test ($F(1,88)=6.282, p<.05, r=.067$) y entre el seguimiento y el pre-test ($F(1,88)=20.646, p<.001, r=.190$). Para el factor tiempo se observó una diferencia entre el post-test y el pre-test ($F(1,88)=22.481, p<.001, r=.203$); ente el seguimiento y el pre-test ($F(1,88)=33.711, p<.001, r=.277$) así como entre el post-test y el seguimiento ($F(1,88)=4.729, p<.05, r=.051$).

En el **análisis por pares**, el efecto de la medición se observó tanto en el grupo control como en el experimental en lo que se refiere al número de respuestas correctas (rc) En el grupo control el efecto se observó entre la medición pre-test ($m=20.95rc$) y el seguimiento ($m=23.3rc$), de igual forma, en el grupo experimental el cambio se observó entre el pre-test ($m=21.54rc$) y el seguimiento ($m=23.94rc$). En la Figura 47 se observó que ambos grupos aumentaron su número de respuestas correctas sin existir diferencias entre el grupo control y experimental, por lo que podríamos suponer un efecto del desarrollo y la repetición de la prueba.

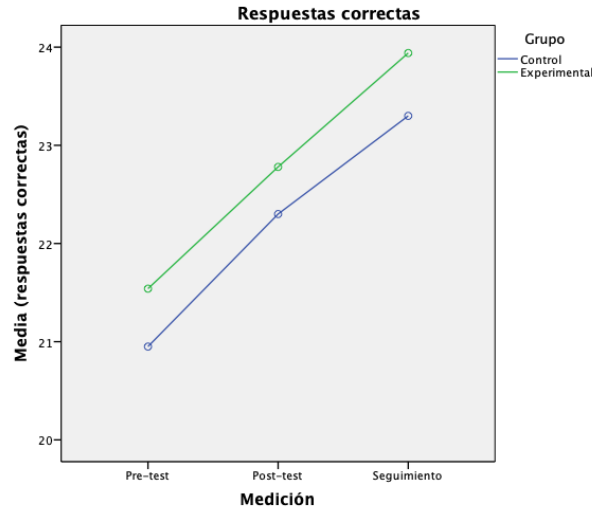


Figura 27. Media de respuestas correctas para la Prueba Volar el avión durante las tres mediciones

Para el factor Tiempo el cambio en el grupo control se observó entre el pre-test ($m=119.6\text{seg}$) y el post-test ($m=93.975\text{seg}$), así como entre el pre-test y el seguimiento ($m=77.7\text{seg}$). De igual manera, en el grupo experimental el cambio se observó entre el pre-test ($m=106.38\text{ms}$) y el post-test ($m=79.22\text{seg}$), así como entre el pre-test y el seguimiento ($m=74.32\text{seg}$). En la Figura 28 se observó que el tiempo de ejecución de la prueba disminuyó de igual forma tanto en el grupo control como en el grupo experimental, por lo que podemos suponer un efecto de repetición de la prueba y del desarrollo.

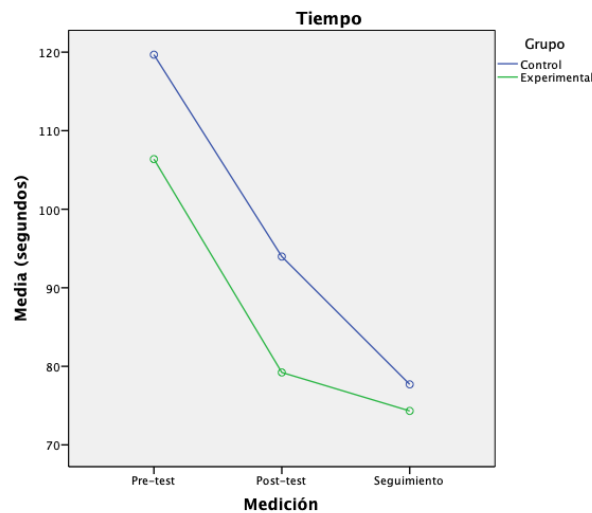


Figura 28. Media del tiempo total de ejecución de la Prueba Volar el avión durante las tres mediciones

9.7.5. Detección visual. Prueba “Recoger monedas”

Esta prueba consiste en detectar un objeto dentro de una matriz. Esta prueba esta basada en la prueba de Atención y concentración: Detección visual del NEUROPSI.

Para su análisis se realizó un ANOVA de medidas repetidas con 3 factores: las respuestas correctas, las respuestas incorrectas y el tiempo total de ejecución.

No se observó **esfericidad** en el factor respuestas incorrectas ($\chi^2(2)=20.143, p<.001$) y el factor tiempo ($\chi^2(2)=16.078, p<.001$), solo en el factor respuestas correctas mostró esfericidad ($\chi^2(2)=.240, p>.05$). Se utilizará la corrección de Greenhouse-Geisser. En casi todas las variables se observa **homogeneidad de las varianzas** a excepción de la variable Tiempo durante el seguimiento ($F(1,88)=6.130, p<.05$).

Se observó un efecto de la medición únicamente en la variable Tiempo ($F(1.71, 150.59)=9.24, p<.001$). En el **análisis de contrastes** el efecto de medición de la variable Tiempo se observó entre el pre-test y el post-test ($F(1,88)=8.030, p<.01, r=.084$), así como entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)= 15.932, p<.001, r=.153$). Para el factor “respuestas incorrectas” se observó una diferencia entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=4.707, p<.05, r=.051$), este efecto no se observó en el análisis univariado ni en el análisis por pares.

En el **análisis por pares**, para la variable Tiempo se observó una diferencia en el **grupo control** entre el pre-test ($m=127.025\text{seg}$) y el seguimiento ($m=96.225\text{seg}$) ($p<.025$). En el **grupo experimental** se observaron diferencias entre el pre-test ($m=132.56\text{seg}$) y el post-test ($m=107.8\text{seg}$) y entre el pre-test y el seguimiento ($m=112.1, e.e.=5.2$) ($p<.025$). En la Figura 29 y en los análisis se observó que el grupo experimental disminuye significativamente su tiempo entre el pre-test el post-test, por lo que podemos asumir un efecto de la intervención sobre el tiempo de reacción ante una tarea de detección visual.

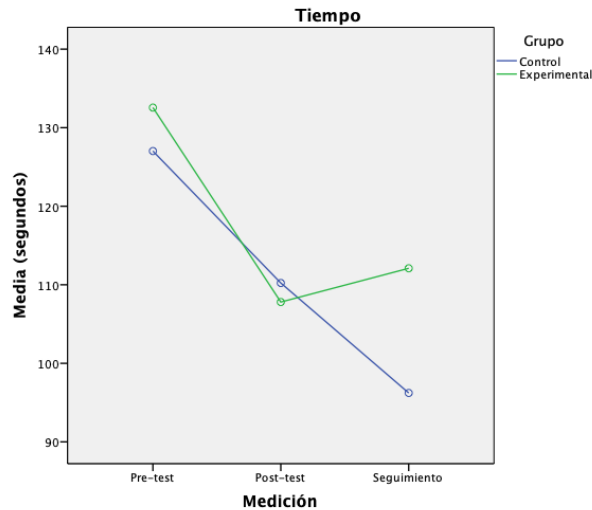


Figura 29. Tiempo de ejecución de la prueba “Recoger monedas”

9.7.6. Memoria verbal espontánea. Prueba “Desempacar”

Esta prueba consiste en recordar tres objetos que le fueron presentados al participante al principio de la prueba. Está basada en la prueba “Funciones de evocación, memoria verbal espontánea” del NEUROPSI.

Para su análisis se utilizó un ANOVA de medidas repetidas con dos factores: respuestas correctas e intrusiones. Se realizaron contrastes simples. Para en análisis por pares se utilizó un ajuste LSD con nivel de significancia a priori de $p < .025$

Se cumplió con el supuesto de **esfericidad** para el factor respuestas correctas ($\chi^2(2)=2.61$, $p > .05$) y para el factor Intrusiones ($\chi^2(2)=.91$, $p > .05$). No se cumplió con el supuesto de **homogeneidad de las varianzas** en la medición pre-test ($F(1,88)=8.67$, $p < .05$) y post-test ($F(1,88)=6.84$, $p < .05$) de las respuestas correctas.

Se observó en efecto de la medición para las respuestas correctas ($F(1,176)=9.76$, $p < .001$, $r=.10$). En el **análisis de contrastes** la diferencia se observó entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=18.02$, $p < .001$), así como entre el post-test y el seguimiento ($F(1,88)=4.12$, $p < .05$).

En el **análisis por pares**, la diferencia en las respuestas correctas se observa entre el pre-test ($m=1.45$) y el seguimiento ($m=2.15$) del grupo control ($p < .025$). Durante el pre-test, se observa una diferencia entre el grupo control ($m=1.45$, $e.e.=.127$) y el grupo experimental ($m=1.88$, $e.e.=.114$) ($p < .025$) en el número de respuestas correctas (Figura 30). En base a estas

observaciones no se atribuyó ningún efecto de la intervención a la función de memoria verbal espontánea.

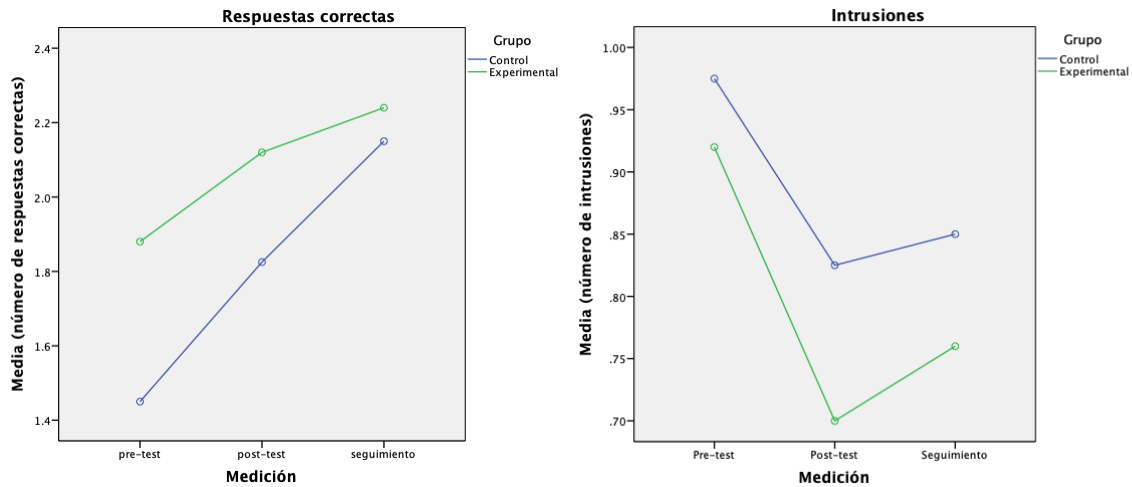


Figura 30. Respuestas correctas e intrusiones de la prueba "Desempacar"

9.7.7. Memoria verbal por claves. Prueba "Acomodar el cuarto"

Esta prueba consistió en recordar 12 objetos y acomodarlos en una habitación en el orden en que fueron presentados previamente, la prueba se realizó tres veces seguidas de las cuales se obtuvo el total de respuestas correctas.

Para su análisis se utilizó un ANOVA de medidas repetidas y como factor se tomó el número de respuestas correctas. Se realizaron contrastes simples y se utilizó la corrección LSD con nivel de significancia a priori de $p < .025$ para el análisis por pares.

No se cumplió con el supuesto de **esfericidad** por lo que se utilizó la corrección de Greenhouse-Geisser ($\chi^2(2)=10.34, p < .05$). No se cumplió con el supuesto de **homogeneidad de las varianzas** en los resultados de la prueba de Levene para la medición post-test ($F(1,88)=7.67, p < .05$) y seguimiento ($F(1,88)=3.4, p < .05$).

Se observó un efecto de la medición ($F(1.8, 158.27)=3.59, p < .05$), en el análisis de contrastes se observó un efecto entre el pre-test y post-test ($F(1,88)=5.23, p < .05, r=.056$), así como entre el pre-test y el seguimiento ($F(1,88)=3.92, p < .05, r=.043$) En el análisis por pares, el efecto se observó en el grupo experimental entre el pre-test ($m=21.86, e.e.=.853$) y el post-test ($m=24.44, e.e.=.633$), así como entre el pre-test y el seguimiento ($m=23.96, e.e.=.545$)

($p < .025$), por lo que podríamos suponer que el entrenamiento tuvo un impacto en la memoria verbal por claves (Figura 31).

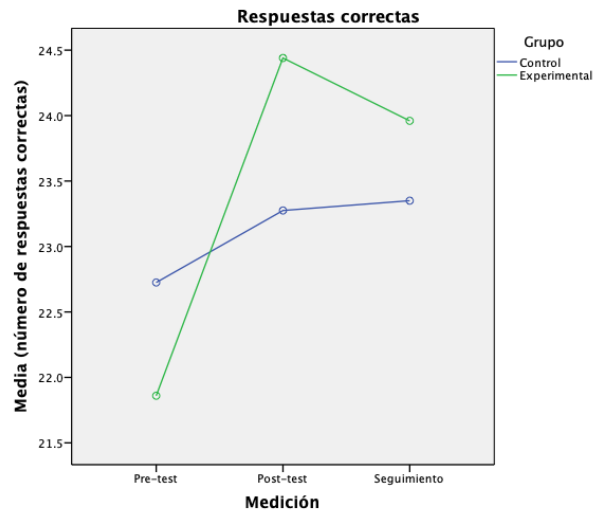


Figura 31. Respuestas correctas de la prueba "Acomodar el cuarto"

10. Discusión

Los participantes de esta investigación se encuentran en un periodo crítico en el desarrollo de la atención, especialmente de la atención ejecutiva. Muchos cambios se están llevando a cabo a nivel neuronal y su manifestación conductual es evidente. La estimulación que otorga el entorno en el cual se está desarrollando el niño es crucial para un buen funcionamiento de este sistema atencional.

Gracias a esta investigación pudimos observar que el implementar el entrenamiento cognitivo informatizado estilo videojuego “Towi” durante un periodo relativamente corto (9 sesiones), donde se trabajaron distintas funciones ejecutivas, logró tener un efecto inmediato sobre la eficiencia de las tres redes atencionales. El efecto de Alerta aumentó entre el pre-test y el post-test en el grupo experimental de 2º, el cual se debió a una disminución en los TR de los ensayos precedidos por una señal de alerta. El efecto de Orientación disminuyó en el grupo control de 2º entre el pre-test y el post-test, gracias a la disminución del TR de los ensayos precedidos por una señal que no indicaba la ubicación espacial del estímulo, este efecto fue contrario al observado en grupo experimental el cual disminuyó los TR de los ensayos precedidos por una señal que indicaba la ubicación del estímulo. El efecto de Control Ejecutivo disminuyó en los grupos experimentales de 1º y 2º entre el pre-test y el post-test, al disminuir el TR de los ensayos incongruentes, en el grupo control de 2º el efecto de control ejecutivo disminuyó entre el pre-test y el seguimiento. En los grupos de 3º no se observaron cambios estadísticamente significativos.

De acuerdo a los objetivos de esta investigación se logró trabajar con un entrenamiento de Funciones Ejecutivas estilo videojuego, que incorporó diversos elementos, lo que logró tener un impacto mayor sobre la atención en comparación con otros estudios similares (Rueda et al. 2005, 2012, Goldin et al. 2014).

El efecto de cada red fue analizado a profundidad teniendo en cuenta la interacción que existe entre las tres redes atencionales durante el desarrollo, utilizando el análisis multivariado, para identificar los cambios conductuales manifestados en la prueba ANT.

Alerta

De acuerdo con las hipótesis planteadas, para la red de Alerta, se logró observar un cambio después del entrenamiento, aunque solo en los niños de segundo año, esto se corroboró al observar una disminución del TR de los ensayos precedidos por una señal de alerta en comparación con los ensayos que no son precedidos por una señal, lo cual se traduce en una mayor sensibilidad a la señal de alerta, es decir, se produce con mayor rapidez un cambio fásico en el estado de alerta; en los participantes del grupo control no se observó este cambio por lo que podemos suponer un efecto de la intervención.

Sin embargo, no se observó un efecto del entrenamiento en los otros grados escolares; en los niños de tercero la red de alerta ya se encuentra desarrollada y de acuerdo a la literatura (Posner, Rothbart, Sheese, & Voelker, 2014; Rueda et al., 2004) ya se tiene un desempeño similar al adulto, por lo que no se esperaba observar cambios.

En los niños de primero el efecto de Alerta desde la primera evaluación fue mucho mayor al grupo de segundo, es decir, ya existía una buena sensibilidad a la señal de alerta por lo que no se observó un cambio significativo después del entrenamiento.

Orientación

En los tres grupos que llevaron a cabo la intervención, no se observaron efectos del entrenamiento para la red de Orientación, algunos autores (e.g. Rueda et al., 2012, 2005) argumentan que esta versión del ANT para niños es poco sensible al efecto de orientación. Existen otras pruebas como la versión revisada ANT-R (ver Anexo A. Otras versiones del ANT) que utiliza señales inválidas y el desenganche de la atención es mayor, pero no existe una versión para niños de esta revisión, en investigaciones futuras se podría investigar sobre otras versiones del ANT infantil que sean más sensibles o tener la posibilidad de desarrollar otra versión infantil del ANT.

En relación al grupo control, en los niños de 2º se observó un cambio importante entre el pre-test y el post-test. Al analizar los ensayos que comprenden el efecto de Orientación se observó una disminución del TR en los ensayos donde la señal no indicaba la localización de los flancos (señal central) y no se observó un cambio en los ensayos que favorecen la

orientación exógena (señal espacial). En el grupo experimental el cambio fue a la inversa: la disminución mayor fue en los ensayos con señal espacial. En el estudio de Goldin et al (2014) se llevó a cabo un entrenamiento que no tenía elementos estilo videojuego y observó un efecto contrario al de este entrenamiento; los autores argumentan que estos resultados pueden develar la diferencia entre los videojuegos que fomentan la orientación exógena y las actividades que fomentan la orientación endógena en el contexto del control cognitivo. Por lo que podemos suponer que al incluir elementos estilo videojuego en un entrenamiento puede favorecer la orientación exógena de la atención.

Control Ejecutivo

Los resultados más favorecedores se encuentran en la red de Control Ejecutivo. En los distintos estudios expuestos en esta investigación se subraya la capacidad de la atención ejecutiva de ser moldeada por la experiencia (Bherer et al., 2005; Mullane, Lawrence, Corkum, Klein, & McLaughlin, 2014; Rueda et al., 2005; Sala & Gobet, 2017), y esta intervención logró observar la capacidad plástica de ésta durante el periodo sensible de su desarrollo.

En los grupos experimentales de 1º y 2º disminuyó el efecto de control ejecutivo después del entrenamiento, lo que puede indicar claramente un efecto inmediato de la intervención; este cambio se debe a la disminución de los TR de los ensayos incongruentes, lo cual está en acuerdo con las hipótesis planteadas y se traduce en una mayor facilidad para resolver el conflicto e inhibir un estímulo dominante.

La etapa del desarrollo de la Atención Ejecutiva en la que se encuentran los niños de 1º y 2º se vio reflejada en los resultados: el grupo control logró igualar su desempeño al del grupo experimental en el seguimiento, es decir, a pesar de que el grupo experimental logró una mejora posterior al entrenamiento el grupo control también lo logró en un lapso de tiempo mayor; al final de la investigación el efecto de Control Ejecutivo de los dos grupos era muy parecido. Diversos estudios han dado cuenta de este fenómeno (Karbach & Kray, 2009; Posner et al., 2015; Tang & Posner, 2009; Wass, Scerif, & Johnson, 2012). Al parecer, los entrenamientos logran un efecto inmediato pero los cambios no logran permanecer, muchas veces debido a la corta duración de las intervenciones, como es el caso de esta investigación.

Sin embargo, el efecto de control ejecutivo no presentó un aumento significativo en el seguimiento, lo que puede indicar que el efecto continúa sin disminuir a los niveles iniciales. En investigaciones futuras se podría extender la duración de la intervención, lo cual podría ayudar a que los cambios obtenidos después del entrenamiento continúen durante el seguimiento.

En los niños de 3º, la red de Control Ejecutivo ya se encuentra desarrollada. Los niños han pasado el periodo crítico de su desarrollo, logran tener más autocontrol y mejor capacidad de inhibición; además, se encuentran rodeados de fuentes de estimulación dentro de la escuela y en sus actividades extraescolares. En esta investigación no se observaron cambios en esta red a esta edad, posiblemente aumentar la duración de la intervención podría tener mayor impacto, o tal vez el efecto podría verse reflejado en otras funciones cognitivas que todavía se encuentran en desarrollo como la memoria de trabajo, planeación y razonamiento.

Precisión

El número de aciertos en la prueba ANT nos otorga una medida sobre la precisión con la que un niño responde. La prueba es muy sencilla, por lo que los errores se cometen cuando la persona disminuye su nivel de vigilancia o se distrae con un estímulo externo.

A pesar de que en casi todos los grupos se puede observar que el número de aciertos aumentó con el nivel de medición, no todos estos cambios resultaron significativos, lo que llama la atención es observar que los cambios significativos se dieron en el grupo control y no en el grupo experimental.

Explorando más a fondo estos cambios nos percatamos que en los grupos de 1º se dio un aumento pequeño pero constante a lo largo de las tres mediciones. En los grupos de 2º el grupo experimental mantuvo un incremento constante de su precisión incluso presentó una mejora durante el post-test, pero el grupo control disminuyó de manera significativa su desempeño durante el post-test, sin embargo, a raíz de la repetición de la prueba, logró alcanzar el desempeño del grupo experimental durante el seguimiento. En los grupos de 3º observamos que durante la primera medición el grupo control y experimental no tuvieron el mismo desempeño, siendo el grupo control el que logró menos aciertos, sin embargo, en las mediciones subsecuentes, el grupo control y experimental igualaron su desempeño. Estos

resultados pueden indicar un efecto de aprendizaje de la prueba y debido a la disminución en la dispersión podemos suponer un efecto techo de la prueba.

En el estudio de Rueda et al. en el 2012, también se observó un aumento del número de aciertos entre el pre-test y el seguimiento, de igual forma, este aumento se dio tanto en el grupo control como en el grupo experimental, aunque solo en el grupo control resultó significativo, lo que también les llevó a concluir que la repetición de la tarea es responsable del incremento y mencionan la probabilidad de que los niños alcanzaron un efecto techo al haber realizado la prueba en varias ocasiones.

Desarrollo

Adicionalmente, en esta investigación tuvimos la posibilidad de observar el desarrollo de la red de Orientación y Alerta así como el rol cada vez más activo de la red de Control Ejecutivo en la autorregulación.

En la red de Orientación, tomando como referencia los tres grupos control durante el pre-test, se observó que el efecto de orientación disminuye notablemente de primero a tercero de primaria, los TR de los ensayos con señal espacial (regulación exógena) disminuyen linealmente de 1° hasta 3° de primaria, sin embargo los TR de los ensayos con señal espacial (regulación endógena) disminuyen mucho más entre 2° y 3° de primaria lo que nos indica la importancia de la autorregulación que otorga de la red de Control Ejecutivo en los niños de 3°, ya que a esta edad ya se encuentra desarrollada.

En la red de Alerta, también se observó el efecto de grado tanto en el grupo control como experimental, en la medición pre-test se observó una clara diferencia entre los niños de primero, segundo y tercero de primaria, los TR de los ensayos con doble señal y sin señal disminuyen de igual manera con la edad, es decir, existe una mejora en el estado de vigilancia.

De igual forma, con la edad la precisión de la respuesta aumenta significativamente de 1° a 2° de primaria, este aumento continúa en menor medida de 2° a 3°, lo que puede indicarnos que con la edad mejora el mantenimiento de la atención.

Transferencia o generalización del entrenamiento

En la prueba de laberintos llamada “Conducir al aeropuerto” se observó que después de llevar a cabo el entrenamiento disminuyen tanto la cantidad de cruces de las barreras como la llegada a caminos sin salida, a pesar de que se observa que aumenta el tiempo total de ejecución. Sin embargo, podemos concluir que la planeación se llevó a cabo de forma más precisa, los niños dedicaron más tiempo a planear y encontrar el camino correcto. La planeación es una función ejecutiva que requiere un periodo más largo para su desarrollo, y necesita del correcto desarrollo de otras funciones como la atención, la memoria de trabajo, la memoria a largo y corto plazo. Este entrenamiento, al tener un impacto sobre la atención ejecutiva, logró tener un impacto más general hacia la planeación. Este efecto ha sido observado en otros estudios (Thorell, Lindqvist, Nutley, Bohlin, & Klingberg, 2009), sin embargo, sería conveniente profundizar el estudio de este efecto y fortalecerlo con bases teóricas y experimentales.

Un efecto muy puntual fue el observado sobre el tiempo en una tarea de detección visual, los niños que llevaron a cabo la intervención fueron más rápidos para concluir la tarea, sin embargo, su desempeño mejoró poco después del entrenamiento, pero fue mayor al observado en el grupo control. La detección visual tiene un fuerte componente atencional, requiere de un buen rastreo visual, del enganche y desenganche de la atención, de la inhibición de respuestas, de la capacidad de discriminar estímulos y sobre todo mantener la concentración. Por lo que podemos suponer que los efectos observados en la atención pueden tener una transferencia hacia la rapidez y precisión con la que se realiza una tarea de detección visual.

Otra generalización del entrenamiento fue hacia las funciones de evocación, especialmente hacia la memoria verbal por claves. La capacidad de evocación requiere de la atención y de la memoria a corto plazo, en este entrenamiento se manejaron diversos ejercicios en donde se estimula la memoria a corto plazo, por lo que podríamos hablar de un efecto directo del entrenamiento, más que de una transferencia de la atención hacia esta función, aunque no podemos negar que una mejor capacidad atencional repercute sobre la memoria.

Limitaciones y bondades

Este estudio logró obtener mejoras conductuales en las redes atencionales, especialmente en la red de control ejecutivo, muchas de estas no continuaron disminuyendo tres meses después,

pero se llegó a un punto donde el desarrollo y la estimulación hubieran alcanzado de manera natural. Esta intervención fue corta (9 sesiones) y es sabido que en jóvenes y adultos las intervenciones necesitan más tiempo para tener un impacto (Wass et al., 2012) muy probablemente por la disminución de la plasticidad cerebral, en esta investigación pudimos mostrar que a partir de tercero de primaria el desempeño del niño es parecido al del adulto y los cambios son más difíciles de observar, por lo que en investigaciones futuras se podría aumentar la duración de la intervención.

Una limitación importante de los entrenamientos informatizado es la falta de interacción del adulto con el niño y de la interacción entre pares. En línea con la teoría de Vigotsky, diversas investigaciones han dado cuenta del efecto de la interacción social en el desarrollo de la atención ejecutiva; este efecto es mayor al observado en las intervenciones en computadora (Moreau, Kirk, & Waldie, 2017). Se debe tener en cuenta que los entrenamientos informatizados son solo una herramienta complementaria para ayudar al desarrollo de diversas funciones cognitivas.

En comparación con estudios anteriores, la incorporación de ejercicios con una fuerte carga atencional pero que al mismo tiempo trabajan otras funciones ejecutivas y añaden elementos estilo videojuego logró mejores efectos, y privilegió la regulación exógena en comparación con otras intervenciones que tienen un impacto mayor en la regulación endógena.

La eficiencia de las redes atencionales puede ser modelada por la experiencia, esta investigación da cuenta de ello. Los entrenamientos cognitivos informatizados estilo videojuegos constituyen una buena herramienta que complementa la estimulación social y educativa que recibe el niño día a día. También pueden ayudar a los niños con deficiencias atencionales a estimular diversas funciones que les ayudarán a prevenir el fracaso escolar y a disminuir sus problemas conductuales vinculados a la autorregulación.

Esta investigación es un punto de partida para el desarrollo de entrenamientos informatizados con elementos estilo videojuego, y da cuenta de la importancia de la integración teórica y experimental para la creación de intervenciones más integrales.

10.1. Anexos

10.2. Anexo A. Otras versiones del ANT

10.2.1. ANT para estudios de neuroimagen

La versión del ANT original fue modificada para ser utilizada en estudios con RMf (Fan et al., 2005) con el objetivo de estudiar las estructuras cerebrales relacionadas con cada uno de los aspectos de las tareas y detectar anomalías en pacientes clínicos. Esta versión solo utiliza 3 tipos de señal: sin señal, señal central y señal espacial; así como, solo 2 clases de flancos: congruentes e incongruentes (ver Figura 32). Donde para obtener los efectos de cada red se realizan las siguientes extracciones:

- Efecto de alerta: TR sin señal – TR señal central
- Efecto de orientación: TR señal central – TR señal espacial
- Efecto de conflicto: TR flancos incongruentes – TR flancos congruentes

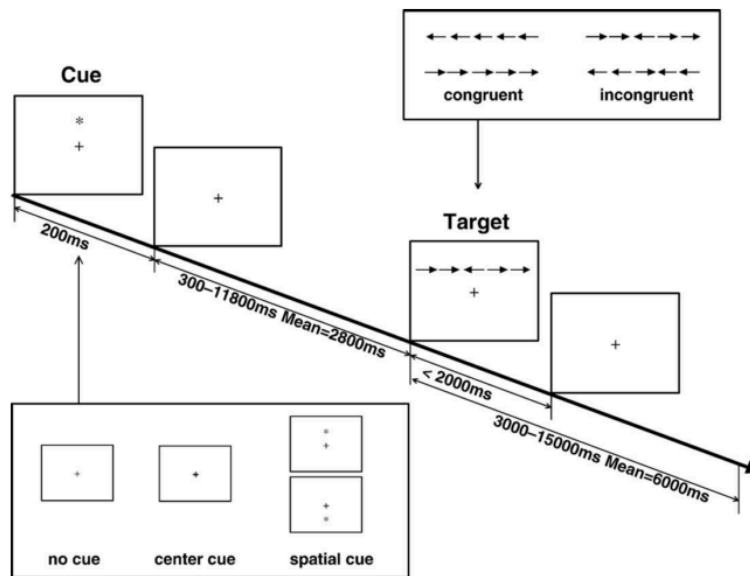


Figura 32. Estructura del ANT modificado para RMf (obtenido de Fan et al. 2005)

10.2.2. Versión Revisada del ANT (ANT-R)

En el 2009 Fan et al. dan a conocer la nueva versión del ANT (ANT-R) (Jin Fan et al., 2009). Esta nueva versión pretende aumentar la interacción y la integración entre las tres redes atencionales que versiones anteriores no habían logrado.

El ANT-R surge de cuatro estudios fundamentales, la primera versión del ANT (Fan et al., 2002), el estudio del ANT con RMf (Fan et al., 2005), el estudio de patrones oscilatorios de las redes atencionales (Fan et al., 2007) y el estudio del ANT con señal de alerta auditiva (Callejas, Lupiáñez, & Tudela, 2004). El estudio de Callejas et al. mostró que la red de alerta inhibe el control ejecutivo y aumenta la orientación, mientras que la orientación aumenta el control ejecutivo, por lo que se puede afirmar que la alerta modula la red de control ejecutivo debido a que el CCA se encuentra involucrado tanto en la anticipación de la respuesta (alerta) y la respuesta ante una situación de conflicto (control ejecutivo).

Los principales cambios que se realizaron en esta versión fueron:

- a) La utilización de señales de orientación inválidas o erróneas, con la intención de evaluar la interacción entre la orientación y el control ejecutivo; y obtener una medida sobre el cambio en la orientación de una ubicación esperada a una no esperada.
- b) La manipulación del intervalo entre la señal de alerta y el objetivo (aumento del intervalo) para observar la interacción entre la alerta y el control ejecutivo. El intervalo entre la señal de alerta y la tarea de flancos es manipulado en tres condiciones 0, 400 y 800ms con un promedio de 400ms.
- c) La localización de los flancos fue manipulada para evaluar situaciones de doble conflicto y desafiar la función del control ejecutivo.
- d) Se redujo el tiempo de exposición de los flancos de 1700ms a 500ms

En la figura 6 se muestra el diseño del ANT-R. Esta versión utiliza tres condiciones de señal: sin señal, doble señal y señal espacial; la señal de alerta tiene forma de rectángulo, representando un marco donde será presentado el estímulo; la señal espacial es dividida en

dos condiciones: válida y no válida. Se utilizan solo dos condiciones de flancos: congruentes e incongruentes.

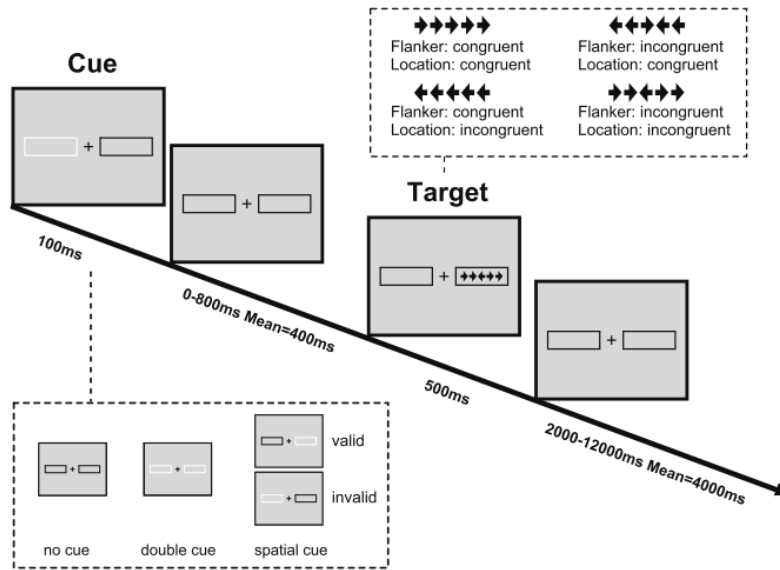


Figura 33. Diseño del ANT-R (obtenido de Fan et al. 2009)

La tarea consiste en que el participante identifique la dirección de la flecha central presionado el botón izquierdo o derecho (según corresponda), tratando de ignorar la ubicación (derecha o izquierda) del conjunto de flancos, que se encuentra en relación correcta o incorrecta con la señal de fijación. Se ejecutan 4 bloques con 72 ejercicios cada uno, los ejercicios están contrabalanceados según las condiciones. Para observar cómo se obtienen los distintos efectos ver Figura 33

Tabla 19. Cálculo de los efectos del ANT-R (obtenida de Xuan et al. 2016)

Condición de prueba		Condición de referencia
Efectos de las redes		
Alerta	Sin señal	Doble señal
Orientación (desenganche)	Señal inválida	Doble señal
Orientación (movimiento y fijación)	Doble señal	Señal válida
Orientación general (Validez)	Señal inválida	Señal válida
Ejecutiva (conflicto)	Incongruente	Congruente

Interacciones				
Alerta según efecto de flancos	Sin señal, incongruente <i>menos</i>	Sin señal, congruente	Doble señal, incongruente <i>menos</i>	Doble señal, congruente
Orientación general según efecto de flancos	Señal inválida, incongruente <i>menos</i>	Señal inválida, congruente	Señal válida, incongruente	Señal válida, congruente

Gracias a esta adaptación del ANT se logró observar mejor las interacciones entre las tres redes atencionales. Se observó que la alerta mejora la velocidad de reacción general, pero ejerce interferencia con el control ejecutivo en ciertas condiciones (condición de intervalo de 400ms). La orientación correcta mejora el control ejecutivo, mientras que la orientación incorrecta ejerce una interferencia negativa.

En el 2016 esta versión del ANT (ANT-R) fue corroborada utilizando RMf (Xuan et al., 2016) para examinar la actividad de las estructuras corticales y subcorticales de las funciones atencionales. Se observó que la función de alerta está asociada con la activación del locus cerúleo y varias regiones de la red fonto-parietal (RFP). La red de orientación se relacionó con la activación del culículo superior y el campo visual frontal. La red de control ejecutivo se asoció con la activación de la RFP y el cerebelo. La interacción entre la alerta y el control ejecutivo se asoció a la activación de la RFP. La interacción entre la orientación y el control ejecutivo se asoció con el pulvinar.

10.2.3. ANT no ortogonal

En el 2014 Wang et al. proponen un nuevo método para obtener los distintos puntajes de las redes atencionales y su interacción. Este método pretende clarificar la interacción entre las redes y disminuir los efectos de dicha interacción (Wang et al., 2014). Se basa en evidencia genética y de neuroanatomía sobre la interacción de las distintas redes. Consiste en separar las distintas condiciones de las tareas originales del ANT utilizando seis condiciones:

1. Sin señal congruente (NCC): línea base
2. Sin señal incongruente (NCI): línea base + control ejecutivo
3. Señal centrada congruente (CC): línea base + alerta
4. Señal central incongruente (CCI): línea base + alerta + control ejecutivo

5. Señal espacial congruente (SCC): línea base + alerta + orientación
6. Señal espacial incongruente (SCI): línea base + alerta + orientación + control ejecutivo

Se utilizan 7 ecuaciones diferentes para calcular las puntuaciones de las distintas redes y sus interacciones.

Este método logró aumentar las puntuaciones de alerta y disminuir las puntuaciones de control ejecutivo, mostrando interacciones unidireccionales entre la red de alerta y la red ejecutiva, así como entre la red ejecutiva y la red de orientación, más específicamente, la alerta aumentó la diferencia entre las condiciones congruentes e incongruente y el control ejecutivo aumentó la diferencia entre la señal espacial y la señal centrada. Estos resultados son muy parecidos a los reportados en la versión original del ANT. Sin embargo, la red ejecutiva no influyó a la red de alerta; la red de orientación tampoco influyó en la red de control ejecutivo.

También mostró mayor nivel de confiabilidad test-retest y mayor consistencia interna. Las puntuaciones generadas por este método permiten eliminar el impacto de las interacciones entre las redes, así como estimar directamente las influencias entre estas. Sin embargo, este nuevo método ha sido poco estudiado y no utiliza la doble condición de señal, lo que no ha permitido verificar la inestabilidad de las relaciones entre redes.

En el 2015 el equipo de Wang realizó otro estudio tomando en cuenta la influencia entre ensayos, y entre redes. Comparó el método tradicional (mixto) y un método no ortogonal; el método no ortogonal consiste en utilizar bloques de tareas específicos para la medición de cada red y cada interacción, mientras que el método mixto consiste en mezclar las condiciones de forma aleatoria al interior de cada bloque.

Al dividir las distintas redes en seis bloques se evita el impacto entre redes que generan los ensayos anteriores, se utilizan tres bloques para medir las tres redes y tres para medir la interacción entre pares de redes (ver Figura 34). Más específicamente, las señales espaciales se eliminaron para poder medir la red de atención y ejecutiva sin la influencia de la orientación. La señal de alerta fue eliminada para medir la orientación y el control ejecutivo. Los ensayos incongruentes se eliminaron para medir la alerta y la orientación.

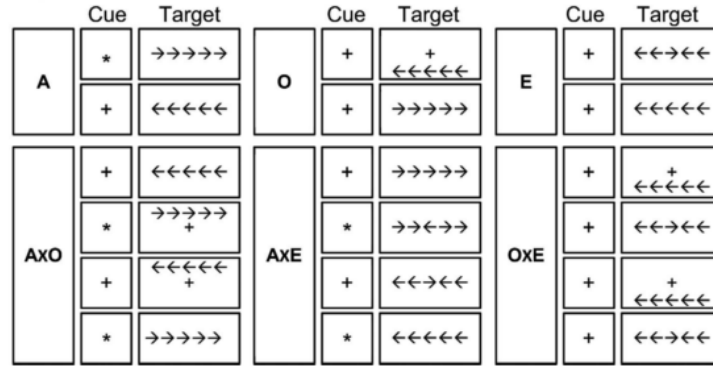


Figura 34. Programa de diseño mixto de seis bloques para medir las tres redes y la relación entre redes (obtenida de Wang et al. 2015)

Para eliminar el efecto de atención exógena y endógena se utilizó un intervalo fijo de 300ms entre la señal de alerta (eliminando la señal espacial) y el objetivo. Para medir el efecto de la alerta y la orientación se utilizó una condición sin señal de alerta, en lugar de utilizar otra modalidad de señal (ver Corbetta & Shulman, 2002).

Se observaron diferencias importantes entre el método ortogonal del ANT original y el método no ortogonal. Esto demuestra que el método no-ortogonal es mejor para obtener las medidas individuales de cada una de las redes. Para definir la eficiencia de las redes atencionales y las relaciones entre ellas, se utilizan nueve ecuaciones para obtener 3 medidas de redes individuales y 6 medidas de interacciones entre pares:

$$A = \frac{RT(CC) - RT(NC)}{RT(NC)}$$

$$O = \frac{RT(ST) - RT(CT)}{RT(CT)}$$

$$E = \frac{RT(IN) - RT(CO)}{RT(CO)}$$

$$A \rightarrow O = \frac{[RT(CC_{ST}) - RT(CC_{CT}) - RT(NC_{ST}) - RT(NC_{CT})]}{RT(NC_{ST}) - RT(NC_{CT})}$$

$$O \rightarrow A = \frac{[RT(ST_{CC}) - RT(ST_{NC}) - RT(CT_{CC}) - RT(CT_{NC})]}{RT(CT_{CC}) - RT(CT_{NC})}$$

$$A \rightarrow E = \frac{[RT(CC_{IN}) - RT(CC_{CO}) - RT(NC_{IN}) - RT(NC_{CO})]}{RT(NC_{IN}) - RT(NC_{CO})}$$

$$E \rightarrow A = \frac{[RT(IN_CC) - RT(IN_NC) - RT(CO_CC) - RT(CO_NC)]}{RT(CO_CC) - RT(CO_NC)}$$

$$O \rightarrow E = \frac{[RT(ST_IN) - RT(ST_CO) - RT(CT_CC) - RT(CT_NC)]}{RT(CT_CC) - RT(CT_NC)}$$

$$E \rightarrow O = \frac{[RT(IN_ST) - RT(IN_CT) - RT(CO_ST) - RT(CO_CT)]}{RT(CO_ST) - RT(CO_CT)}$$

Las abreviaciones de las ecuaciones se refieren a: efecto de alerta (A), efecto de orientación (O), efecto de control ejecutivo (E), señal central (CC), sin señal (NC), señal central (CT), señal espacial (ST), flancos congruentes (CO), flancos incongruentes (IN); $X \rightarrow Y$: la influencia de X hacia Y.

Estas ecuaciones, en lugar de utilizar una substracción, utilizan medidas de razón las cuales permiten evitar la diferencia basal y logran aislar el sistema atencional del tiempo de reacción global. El efecto negativo denota beneficio en el TR, mientras que el efecto positivo representa un costo en el TR, lo que proporciona más datos sobre las distintas redes y su interacción.

También se observó que al utilizar el método no-ortogonal en conjunto con un método mixto se redujo la varianza intrasujeto al evitar la interferencia entre redes y se obtuvo mejor confiabilidad entre mitades.

10.2.4. ANT estilo videojuego: AttentionTrip®

Recientemente se publicó una nueva versión del ANT llamada AttentionTrip® (Klein, Hassan, Wilson, Ishigami, & Mulle, 2017), en el que se utiliza un ambiente tipo videojuego, con el objetivo de aumentar la motivación y hacer más atractiva la prueba, especialmente para los jóvenes. Se lograron mejores puntajes de los reportados por anteriormente (Macleod et al., 2010) y medidas razonables de las tres redes.

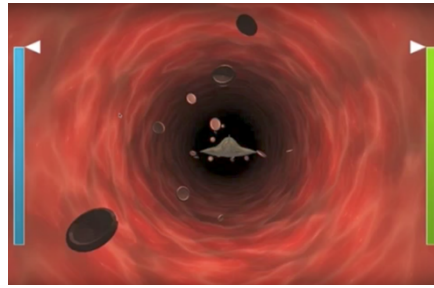


Figura 35. Entorno virtual del AttentionTrip

Al diseño se añadieron señales de alerta auditivas y visuales que fueron presentadas antes del objetivo, también se utilizaron flancos congruentes e incongruentes alrededor del objetivo. La tarea consiste en guiar una nave a través de un túnel (ver Figura 35) la persona debe seleccionar la dirección del flanco, que puede estar o no rodeado de flancos congruentes, incongruentes o por no-flancos. Una vez seleccionada la dirección del flanco, la nave lanza un misil hacia el objetivo. La dirección del volante debe corresponder con la dirección de la nave.

10.3. Anexo B. Cuestionario

Cuestionario para padres de familia

Les agradecemos por permitir a sus hijos participar en el proyecto “Efectos de un entrenamiento cognitivo informatizado sobre la eficiencia de las redes atencionales en niños”.

Para realizar un análisis más completo es necesario contar con algunos datos sobre sus niños(as) y sobre ustedes. Toda la información que proporcionen será confidencial, únicamente será utilizada con fines de esta investigación y solo será revisada por profesionales.

Agradecemos de antemano su honestidad y confianza.

Información con respecto a su hijo(a)

Nombre completo de su hijo(a) _____

Fecha de nacimiento de su hijo(a) (día / mes / año) ____/____/____

Año escolar que cursa actualmente

- 3° preescolar
 1° primaria
 2° primaria
 3° primaria

Seleccione cuál de estos grados escolares cursó su hijo(a):

- Maternal
 1° preescolar
 2° preescolar
 3° preescolar
 Pre-first

Sobre las actividades diarias de su hijo(a):

¿Qué días de la semana juega **videojuegos** en una consola (Xbox, Nintendo, PlayStation, etc.)?

-

No juega Lunes Martes Miércoles Jueves Viernes Sábado Domingo
 videojuegos

En los **días de clase** ¿durante cuánto tiempo, por día, juega videojuegos en la consola?

- Menos de 30min
 De 30min a 1hr
 De 1hr a 2hrs
 De 2hrs a 3hrs
 Más de 3hrs

En los días que **no hay clases** ¿durante cuánto tiempo juega videojuegos en la consola, por día?

- Menos de 30min
 De 30min a 1hr
 De 1hr a 2hrs
 De 2hrs a 3hrs
 Más de 3hrs

¿Qué videojuegos juega más frecuentemente?

- _____
- _____
- _____

¿Qué días de la semana juega en la **Tablet o Smartphone**?

- No juega en la Tablet o Smartphone Lunes Martes Miércoles Jueves Viernes Sábado Domingo

En los **días de clase** ¿durante cuánto tiempo juega en la Tablet o Smartphone?

- Menos de 30min De 30min a 1hr De 1hr a 2hrs De 2hrs a 3hrs Más de 3hrs

En los días que **no hay clases** ¿durante cuánto tiempo juega en la Tablet o Smartphone?

- Menos de 30min De 30min a 1hr De 1hr a 2hrs De 2hrs a 3hrs Más de 3hrs

En la Tablet o Smartphone ¿qué juega más frecuentemente?

- _____
- _____
- _____

¿Qué días de la semana realiza algún **deporte** fuera del horario escolar? (ya sea un deporte extraescolar ofrecido por colegio o fuera de este)

- No realiza ningún deporte Lunes Martes Miércoles Jueves Viernes Sábado Domingo

En caso de que su respuesta sea afirmativa, ¿qué deportes práctica?

En los días en los que realiza deporte ¿Cuánto tiempo dedica al deporte?

- De 30min a 1hr De 1hr a 2hrs De 2hrs a 3hrs Más de 3hrs

¿Qué días de la semana realiza alguna una **actividad artística, musical o cognitiva** fuera del horario escolar? (por ejemplo, piano, pintura, robótica, etc.)

- No realiza estas actividades Lunes Martes Miércoles Jueves Viernes Sábado Domingo

En caso de que su respuesta sea afirmativa, ¿qué actividades realiza?

En los días en que realiza estas actividades ¿cuánto tiempo le dedica?

- De 30min a 1hr De 1hr a 2hrs De 2hrs a 3hrs Más de 3hrs

¿Qué días de la semana ve la **televisión**?

-
- No ve la Lunes Martes Miércoles Jueves Viernes Sábado Domingo
televisión

En los días en que su hijo(a) ve la televisión, ¿cuánto tiempo diario pasa frente al televisor?

- Menos de 30min De 30min a 1hr De 1hr a 2hrs De 2hrs a 3hrs Más de 3hrs

Información sobre los padres de familia

Escolaridad de la madre:

- Primaria Secundaria Preparatoria Licenciatura o carrera técnica Posgrado

Escolaridad del padre:

- Primaria Secundaria Preparatoria Licenciatura o carrera técnica Posgrado

Muchas gracias por su cooperación.

Favor de devolver este cuestionario a la maestra

Cualquier duda sobre la privacidad de los datos o sobre la investigación en curso favor de comunicarse al (443)3171729 extensión 13 o al correo proyecto.cognicionhumana@gmail.com con la Lic. Camarero o con el Dr. Villuendas.

10.4. Anexo C. Consentimiento informado

Consentimiento informado

Proyecto: Efectos de un entrenamiento cognitivo informatizado sobre la eficiencia de las redes atencionales en niños.

Durante la infancia, la atención juega un rol primordial en la adaptación y el aprendizaje, los primeros años de vida son cruciales para lograr su correcto desarrollo; los modelos teóricos actuales establecen la atención como un conjunto de redes neuronales que interactúan entre ellas y logran orquestar desde la más simple de las tareas, debido a su base biológica la atención depende en gran medida de la genética, sin embargo, puede ser modelada por la experiencia y la estimulación cognitiva que se recibe.

Diversas investigaciones que utilizan entrenamientos cognitivos a manera de juegos informatizados (en computadora o Tablet) han mostrado ser herramientas eficientes para mejorar la atención y otros procesos como la memoria de trabajo, la inteligencia fluida, el control de las emociones, las matemáticas, el lenguaje, la lecto-escritura, entre otros.

El objetivo principal de este proyecto es *diseñar un programa de entrenamiento de la atención y analizar su impacto sobre la eficiencia de las redes atencionales en estudiantes de primero, segundo y tercero de primaria.*

El entrenamiento que se utilizará ha sido **diseñado por profesionales** en el área (psicólogos, neuropsicólogos e ingenieros) estudiantes y docentes del Posgrado en Psicología de la Universidad Michoacana, es ofrecido al Colegio Motolinía con **finés de investigación**. La participación en este proyecto no tiene **ningún costo económico** tanto para el participante como para el Colegio Motolinía. Se llevará a cabo **dentro del horario escolar** sin afectar sus actividades académicas.

Dicho entrenamiento tiene forma de videojuego y su dificultad se adapta al desempeño del participante, evitando la sobreestimulación, el aburrimiento y la frustración. Se espera que el participante obtenga diversos beneficios cognitivos, específicamente sobre su atención y memoria de trabajo, procesos que influyen en el desempeño académico y social. El proyecto de investigación contará con aprobación del comité de ética de la Facultad de Psicología de la UMSNH.

Procedimiento de la investigación.

1. Los padres responderán un cuestionario con algunos datos generales (la información obtenida será confidencial y utilizada solo con fines de la investigación).
2. Aplicación de dos pruebas psicológicas a cada uno de los niños que decidan participar:
 - a. Attention Network Test: prueba para medir la eficiencia de las redes neuronales de alerta, orientación y atención ejecutiva, se aplica en la computadora, se responde en 15 min*
 - b. Test de cubos de Kohs. Prueba para medir la inteligencia fluida, se responde en 20 min* **(La decisión de utilizar la batería de Towi en lugar del Test de Kohs fue tomada posteriormente, los padres fueron informados al respecto)**

* Las pruebas serán aplicadas de forma individual por un profesional durante el horario escolar.

Entrenamiento cognitivo: 2 sesiones semanales de 20 minutos dentro del horario escolar. Durante cada sesión se realizarán diversos ejercicios en computadora. Las sesiones son grupales y se llevarán a cabo en el centro de cómputo del Colegio Motolinía. Las sesiones serán supervisadas por un profesional responsable de la investigación y por un responsable del Colegio Motolinía.

A lo largo del estudio se mantendrá informados a los padres de familia sobre las sesiones y los ejercicios que se realizan. Podrán exponer sus dudas al correo electrónico

proyecto.cognicionhumana@gmail.com o directamente con los investigadores; los participantes pueden abandonar el estudio en cualquier momento de la investigación, sin necesidad de justificación.

En las presentaciones o publicaciones que se deriven de este estudio se manejará siempre información a nivel grupal y de manera anónima, por lo que toda la información proporcionada será confidencial. Al terminar la investigación los resultados individuales serán enviados en sobre cerrado a los padres de los participantes, un reporte global de los resultados será entregado a la dirección del colegio.

Los investigadores responsables de este proyecto son:

Lic. Martha E. Camarero Vargas	Estudiante de la Maestría en Psicología UMSNH marthaecv@gmail.com Tel. (443)3171729 x13
Dr. Erwin R. Villuendas González	Profesor Investigador Facultad de Psicología UMSNH evilluendas@umich.mx Tel. (443)3129909 x113 Tel. (443)3171729 x13
Dr. Esteve Gudayol Ferré	Profesor Investigador Facultad de Psicología UMSNH ferre@umich.mx Tel: (443)3129909

10.5. Anexo D. Batería “Towi”

10.5.1. Confiabilidad

Para la confiabilidad de la evaluación como instrumento de Screening, en 2016 se llevó a cabo una investigación para observar la correlación que existe entre el resultado que arroja NEUROPSI Y BANFE y el que arroja la batería Towi (Rosetti et al., 2017).

Como resultado de esta investigación, se concluye que hay una correlación significativa entre la mayoría de las métricas obtenidas con NEUROPSI y BANFE y las obtenidas en la batería Towi, por lo que se considera que la plataforma tiene potencial como instrumento de screening neuropsicológico. En la Tabla 20 se muestran los índices de correlación obtenidos.

Tabla 20. Pruebas que comprenden la batería Towi y su relación con las baterías NEUROPSI y BANFE

Tarea	Prueba en la que se basa	Subescala	Correlación
1) Pase de abordar	NEUROPSI	Atención y F.E. 1) Orientación	NR
2) Empacar	NEUROPSI	Atención y F.E.:	r=.35*
		2) Atención y concentración. Retención de dígitos en progresión	
Clima	N/A	Memoria:	r=.22
		3) Memoria de trabajo. Retención de dígitos en regresión	
3) Conducir al aeropuerto	BANFE	Planeación (Laberintos)	Tiempo r=.42**
			Caminos sin salida r=.19
			Cruces r=.4*
4) Sala de espera	NEUROPSI	Atención y FE: 17) Atención y concentración. Detección de dígitos	Correctas r=.38* Incorrectas r=.04
5) Volar el avión	NEUROPSI	Atención y F.E.: 27) Stroop	Correctas r=-0.13
			Tiempo r=.04

6) Recoger monedas	NEUROPSI	Atención y F.E.: 10) Atención y concentración. Detección visual	Correctas r=.49** Incorrectas r=.09 Faltantes r=.43** Tiempo r=.35*
7) Indicación a recordar y desempacar	NEUROPSI	Memoria: 9) Funciones de evocación. Memoria verbal. 9.1. Memoria verbal espontánea	Correctas r=.29* Intrusiones r=.13
7.1) Acomodar el cuarto	NEUROPSI	Memoria: 9) Funciones de evocación. Memoria verbal. 9.2. Memoria verbal por claves	Correctas r=.04

Nota: ***p < 0.001, **p < 0.01, *p < 0.05, NR=no reportada

La evaluación se plantea al niño como un evento imaginario que consiste en un viaje a la isla Towi. Se compone por nueve Pruebas, inspiradas en este viaje, que se explican a continuación:

10.5.2. Pase de Abordar

Habilidad cognitiva a evaluar: Orientación

En esta tarea, se solicita al participante que complete una tarjeta de embarque con su edad y cumpleaños. Dependiendo de su edad, se le solicitará la siguiente información: hasta los 6 años, su nombre. A partir de los 7 años y hasta los 9, su nombre y en dónde vive. A partir de los 10 años, se le solicita nombre, en dónde vive y la fecha del día en que está realizando la prueba.

El pase de abordar proporciona una medida aproximada de cuán consciente es el usuario de su entorno, como un indicio de su estado de alerta y atención.

Variables que se miden en la prueba

La falta de respuesta o la respuesta incorrecta a alguno de los reactivos puede tener varias explicaciones. Si el participante aparenta un estado adecuado de alerta y enfoque en la tarea, la falla en la respuesta puede deberse a un factor de distracción, impulsividad o a la falta de comprensión de las instrucciones. Si el participante se muestra aletargado o confundido y no

responde adecuadamente los reactivos de esta prueba, puede tener dificultades de orientación, prerrequisito esencial para un buen desempeño en el resto de las pruebas.



Ilustración 7. Entorno gráfico de la Prueba Pase de abordar

10.5.3. Empacar

Habilidad cognitiva a evaluar: Lapso atencional y memoria de trabajo.

En esta prueba, se muestra una habitación en donde se indica que el participante debe empacar su equipaje para el viaje. Un tutorial muestra que, para empacar una maleta, un objeto necesita ser retirado utilizando el mouse y luego debe dar click en la maleta para empacarlo.

Los estímulos se presentan verbalmente y en la pantalla por escrito, y el participante debe realizar un ensayo. Sólo cuando el ensayo se realizó correctamente comienza la tarea.

Se le presenta al participante una secuencia de tres objetos que se ubicarán y empacarán en el mismo orden en que se presentaron. Si el usuario tiene éxito, la cantidad de objetos aumentará en uno hasta que el participante falle dos veces en la misma secuencia. El máximo de niveles que puede alcanzar son 9.

Posteriormente, la pantalla gira a una parte diferente de la sala, en donde se le pide al usuario que empaque ciertos elementos en el orden inverso al que le son indicados. La magnitud de las secuencias, comenzando en dos, aumentará después de cada prueba. La prueba finaliza

cuando el usuario no recuerda los elementos en dos intentos seguidos. La máxima cantidad de niveles que puede alcanzar son 8.

La tarea de empacar está diseñada para medir el lapso de atención (spam atencional), en el caso en que los elementos se recuperan en orden directo y la memoria de trabajo, cuando los elementos se deben recuperar en orden inverso.

Variables que se miden en la prueba

Amplitud de serie en progresión

- Número máximo de estímulos respondidos correctamente en orden directo. Valor: 0, 3-9. Se obtiene una puntuación de 0 si el participante no logra recordar los tres estímulos iniciales

Amplitud de serie en regresión

- Número máximo de estímulos respondidos correctamente en orden inverso. Valor: 0, 2-8. Se obtiene una puntuación de 0 si el participante no logra recordar los dos estímulos iniciales.

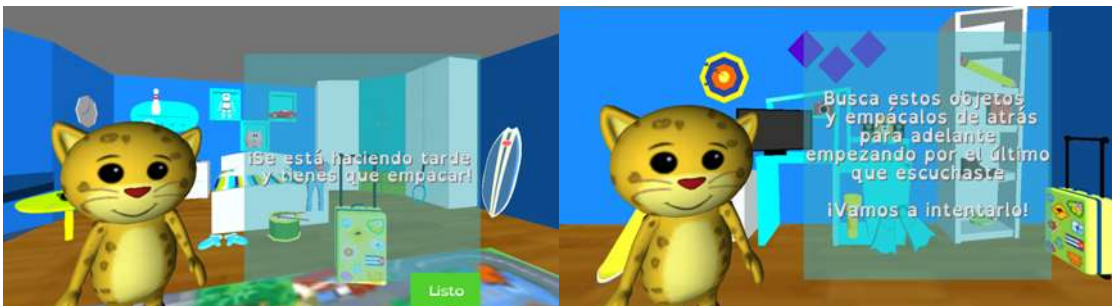


Ilustración 8. Entorno gráfico de la Prueba Empacar, en orden progresivo (derecha) e inverso (izquierda)

elección es posible que diga que el paraguas le puede servir para cubrirse del sol. En este caso la respuesta sería congruente.

10.5.5. Conducir al aeropuerto

Habilidad cognitiva a evaluar: Planeación y Habilidad visomotora

La prueba de Conducir al aeropuerto, implica usar el mouse para arrastrar el automóvil que llevará al usuario al aeropuerto a través de un laberinto, sin tocar ni atravesar las paredes. La tarea evalúa un total de tres laberintos.

A medida que el automóvil se mueve, deja una pista visible sobre la carretera. Además, se da retroalimentación visual cuando el automóvil toca un borde, pero el automóvil no está físicamente bloqueado para no cruzar los bordes.

Esta Prueba permite evaluar con gran precisión una serie de factores que en la prueba en papel es difícil medir, tales como el tiempo de latencia previo a la resolución de cada laberinto y el tiempo en el que se completa cada ruta.

Variables que se miden en la prueba

Por laberinto

- Tiempo de realización (en segundos). Latencia (en segundos). Choques (cantidad de veces que toca las paredes). Cruces (cantidad de veces que atraviesa las paredes). Llegada a una área sin salida. Tiempo en el que se completa la ruta, incluyendo latencia (en segundos). Promedio de tiempo para realizar los laberintos (en segundos). Latencia promedio (en segundos).

Todos los laberintos

- Choques totales. Promedio de choques. Cruces totales. Promedio de cruces. Llegadas a un área sin salidas totales. Promedio de llegar a un área sin salida. Tiempo promedio de ejecución de los laberintos, incluyendo latencia (en segundos).



Ilustración 9. Entorno gráfico de la Prueba Camino al aeropuerto.

10.5.6. Sala de espera

Habilidad cognitiva a evaluar: Atención sostenida

El participante llega a la sala de espera del aeropuerto. Los vuelos se anuncian a través del altavoz siempre utilizando dos letras y dos números. El participante debe hacer click en alguna de las pantallas cada vez que se anuncia un vuelo que comienza con " KW ". Un único tutorial de prueba va seguido de una lista de cincuenta vuelos, que incluye diez estímulos objetivo. La tarea tiene una duración de tres minutos.

Variables que se miden en la prueba

Respuestas correctas al estímulo objetivo ("KW")

- Número de estímulos blanco destacados correctamente. Valor: 0-10

Respuestas incorrectas

- Número de respuestas erróneas Valor: 0-50.

Omisiones

- Número de estímulos blancos omitidos. Valor: 0-10.

Tiempo de respuesta a estímulos

- Tiempo en segundos



Ilustración 10. Entorno gráfico de la Prueba Sala de espera.

10.5.7. Volar el avión

Habilidad cognitiva a evaluar: Control inhibitorio

El participante se encuentra en la cabina del avión, donde aparecen flechas de diferentes colores y direcciones en el centro de la pantalla. El usuario debe presionar las teclas de dirección en el teclado que concuerden con la dirección de la flecha de la pantalla, a excepción de las flechas verdes. Cuando aparezcan las flechas verdes, el participante deberá presionar la tecla que va en dirección contraria.

Se registran las coincidencias entre las flechas en la pantalla y las teclas oprimidas, para los estímulos en los cuales se debía seguir la misma dirección (respuesta “go”), así como la cantidad de veces que el participante logro inhibir la respuesta automática y oprimir la tecla que iba en sentido correcto a la flecha cuando ésta era de color verde (respuesta “no-go”). Debido a que el estímulo aparece automáticamente en Towi, también se registra la cantidad de estímulos a los que no se dio respuesta.

El tiempo máximo de duración de la tarea es un minuto, sin embargo, si el usuario responde rápidamente a las flechas, éstas se presentan más rápidamente y la duración de la prueba disminuye.

Variables que se miden en la prueba

Respuestas correctas al estímulo

- Número de estímulos emparejados correctamente

Respuestas incorrectas

- Número de flechas verdes a las cuales respondieron incorrectamente

Omisiones

- Número de estímulos flechas a las cuáles no se dio respuesta

Tiempo de respuesta a estímulos en segundos

- Tiempo total de la tarea en segundos (a mayor velocidad de respuesta del participante, menor tiempo total de la tarea)



Ilustración 11. Entorno gráfico de la Prueba Volar de avión

10.5.8. Recoger monedas

Habilidad cognitiva a evaluar: Atención, Gnosias visuales y Organización

El participante recibe el aviso de que se ha caído un frasco lleno de monedas y se le indica que debe recogerlas lo más rápido que pueda. Se le muestra una moneda con un patrón particular y se le indica que debe recoger todas las que sean iguales al patrón haciendo click sobre ellas. Hay en total 224 monedas de las cuales, 24 son correctas. Al hacer click en una moneda, ésta desaparece del tablero. El usuario puede elegir terminar la tarea cuando decida que todas las monedas correctas han sido recogidas, haciendo click en el botón en la parte inferior de la pantalla.

En el reporte de esta prueba se indica no sólo cuántas y cuáles monedas recogió el participante, sino también, en qué orden las recogió. Esto proporciona una idea clara de su patrón de rastreo visual, mismo que se asocia con su capacidad de organización.

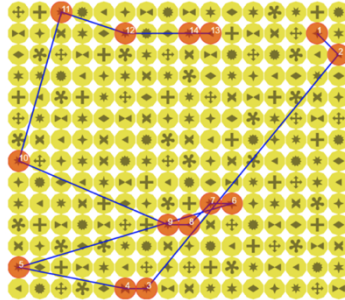


Ilustración 12. Entorno gráfico de la Prueba Recoger monedas.

Variables que se miden en la prueba

Respuestas correctas dentro de un minuto: Número de monedas elegidas correctamente dentro de un minuto. Valor: 0-24

Respuestas incorrectas dentro de un minuto: Número de monedas elegidas erróneamente dentro de un minuto. Valor: 0-200

Omisiones dentro de un minuto: Número de monedas “blanco” omitidas dentro de un minuto. Valor: 0-24

Respuestas correctas durante tiempo extra: Número de monedas elegidas correctamente durante el tiempo extra hasta la selección del botón de listo. Valor: 0-24

Respuestas incorrectas durante tiempo extra: Número de monedas elegidas erróneamente durante el tiempo extra hasta la selección del botón de listo. Valor: 0-200

Omisiones durante tiempo extra: Número de monedas “blanco” omitidas durante el tiempo extra hasta la selección del botón de listo. Valor: 0-24

Monedas seleccionadas: Secuencia de monedas seleccionadas

Curvas de aprendizaje:

- Ascendente: Se recuerdan más objetos en el tercer ensayo que en el primero.
- Plana: Se recuerda la misma cantidad de objetos.
- Descendente: Se recuerda una menor cantidad de objetos en el tercer ensayo que en el primero.

Objetos acomodados incorrectamente por ensayo. Valor 0-12

Intrusiones= cantidad de objetos elegidos incorrectamente (no formaban parte de la lista de objetos a recordar)

Perseveraciones por ensayo= cantidad de objetos repetidos por ensayo

Perseveraciones totales= cantidad de objetos repetidos totales

10.6. Anexo E. Resultados del cuestionario

10.6.1. Edad y años escolares cursados

En la división por grado de la muestra podemos determinar que la edad de los niños de primero fue desde los 6:4 (*años:meses*) hasta los 7:3, el grupo de segundo desde los 7:4 hasta los 8:3 años, y los de tercero desde los 8:4 hasta los 9:3, no se observaron diferencias con respecto a la edad entre el grupo control y el grupo experimental ($\chi^2(3)=2.004, p>.05$).

Para observar la interacción entre el número de años escolares cursados y el desempeño atencional, se realizó un análisis de correlación entre estas variables. No se observó correlación entre el total de años escolarizados y el efecto de Alerta ($r=-.197, p>.05$), ni el efecto de Orientación ($r=.116, p>.05$), ni el Control Ejecutivo ($r=-.60, p>.05$), ni la precisión de la respuesta ($r=.159, p>.05$); solo se observó una correlación negativa con en el efecto general ($r=-.299, p<.05$).

El promedio de edad y de años escolares cursados de cada grupo*grado puede ser observado en la *Tabla 21*.

Tabla 21. Estadísticos descriptivos de la edad y años cursados por grupo

	1° Experimental	1° Control	2° Experimental	2° Control	3° Experimental	3° Control
Media de edad (d.e.)	6.2 (0.38)	6.3 (0.47)	7.3 (0.47)	7.4 (0.49)	8.4 (0.49)	8.1 (0.36)
Mediana	6	6	7	7	8	8
Min - max	6-7	6-7	7-8	7-8	8-9	8-9
Años escolares cursados	3.9 (1.44)	3.5 (1.57)	5.1 (1.22)	4.7 (1.26)	6.0 (1.20)	5.6 (1.73)

10.6.2. Uso de videojuegos, Tablet o celular y televisión

Siendo el uso de videojuegos el que más sesgo puede crear debido a la naturaleza de la intervención que se llevó a cabo, esta variable se controló por igualdad de uso entre grupos, los padres reportaron que la mayoría de los participantes **no** utiliza videojuegos en una consola (62.6%) seguido por quienes juegan 2 veces por semana (14.2%) (ver Figura 36); el grupo experimental de 2º muestra un mayor número de niños que sí juegan videojuegos, en su mayoría 2 veces por semana, en comparación con los otros grupos. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en el uso de videojuegos por semana entre los 6 grupos ($\chi^2(35)=46.38, p>.05$).

De los niños que sí utilizan los videojuegos en una consola la mayoría juega menos de 30 min entre semana (50%), aumentando a sesiones de 30 min a 1 hora los fines de semana (34.3%) (ver Figura 37).

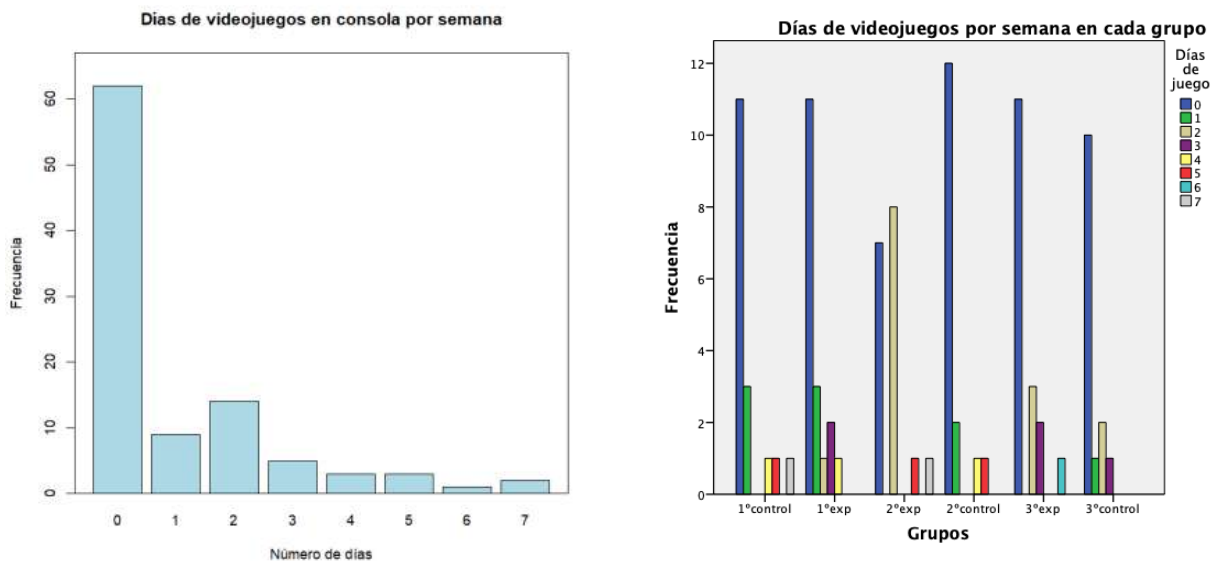


Figura 36. Frecuencia de días de videojuegos por semana en la muestra total (izquierda) y por grupo (derecha)

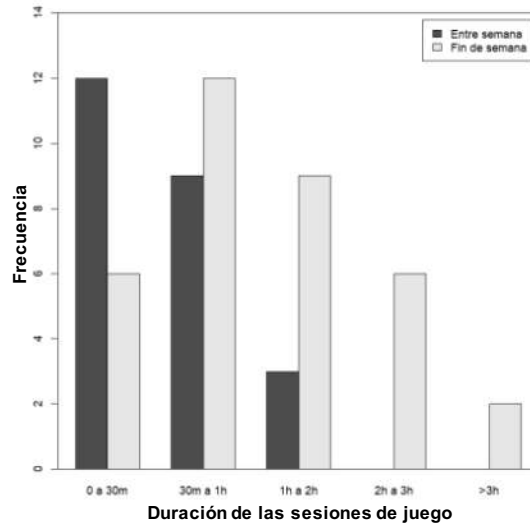


Figura 37. Frecuencia de la duración de las sesiones de videojuego en consola en la muestra de niños que sí utilizan los videojuegos

En lo que refiere a juegos en *Tablet* o *Smartphone*, el porcentaje más alto de la muestra juega 2 días por semana (26.3%) y el 17.2% no juega en estos dispositivos. De los niños que utilizan la *Tablet* o *Smartphone*, el 32.3% juega de 30 minutos a 1 hora entre semana y el 30.3% juega de 30 minutos a 1 hora los fines de semana, sin embargo, las sesiones de 1 a 2 horas aumentan de 13.1% a 24.2% los fines de semana, así como las sesiones de 2 a 3 horas de 1% al 8.1%, y las sesiones de más de 3 horas aumentan un 3.7%. Se observó que no existen diferencias significativas entre los grupos en el uso de estos dispositivos ($\chi^2=27.96$, $p>.05$) (ver Figura 38).

También se analizó la exposición a pantallas no interactivas, en este caso la **Televisión**, el 62.6% de los niños ve la tele 7 días por semana, la mayoría ve la televisión de 30 minutos a 1 hora por sesión diaria (49%). No se observaron diferencias entre los 6 grupos en el número de días que se utiliza la televisión ($\chi^2=28.728$, $p>.05$).

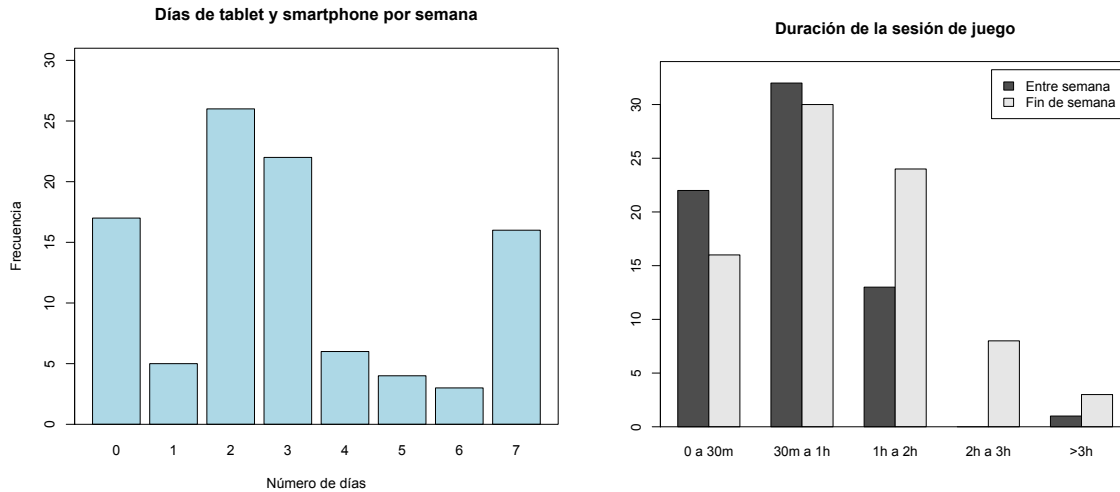


Figura 38. Frecuencia de días por semana de juego en Tablet o Smartphone (izquierda) y duración de las sesiones de juego entre semana y los fines de semana de la muestra de niños que sí utiliza estos dispositivos(derecha)

10.6.3. Deporte y actividades artísticas, musicales o cognitivas

La actividad más frecuente en los niños es el **deporte** (88.9%), siendo solo el 11.1% el que no realiza ninguna actividad física fuera del horario escolar, y el porcentaje más alto realiza estas actividades dos días por semana (32.3%) en sesiones de 1 a 2 horas (66.7%). Dentro del horario escolar tienen dos sesiones de 50 minutos a la semana de educación física. No se observaron diferencias entre los 6 grupos en número de días que realizan deporte por semana ($\chi^2=31.016, p>.05$).

La mayoría de los participantes no realiza ninguna **actividad artística, musical o cognitiva** fuera del horario escolar (81.8%) y de los que realizan alguna de estas actividades la mayoría solo la realiza durante sesiones de 30 minutos a una hora (10.1%), un día a la semana (10.1%). Cabe mencionar que en el colegio se les proporciona una clase de educación artística 1 hora por semana, en donde aprenden dibujo, música y flauta. No se observaron diferencias entre los 6 grupos en lo que respecta a estas actividades ($\chi^2=15.011, p>.05$).

10.6.4. Escolaridad de los padres

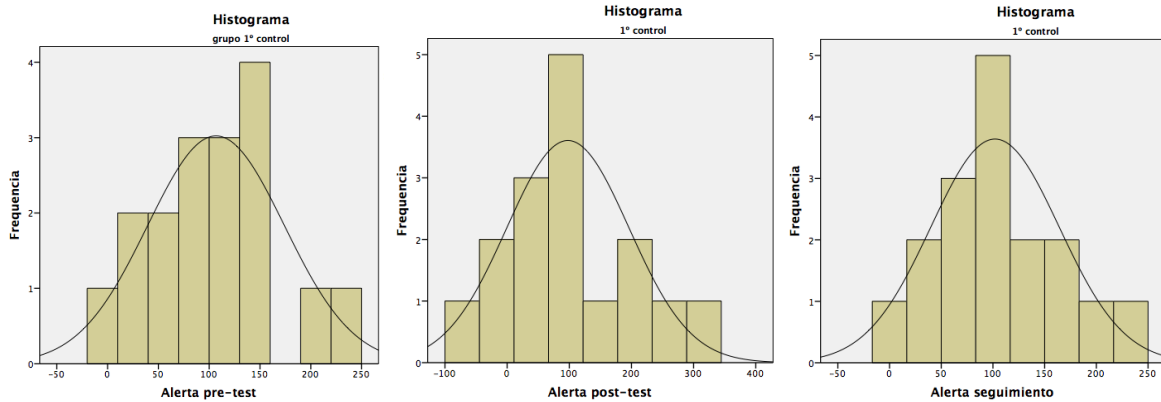
El 54.5% de los padres cuentan con estudios de licenciatura y el 28.3% con estudios de posgrado. La escolaridad de las madres es similar, un 65.7% cuentan con licenciatura y un 23.2% con estudios de posgrado. No se observan diferencias entre los 6 grupos con respecto a la escolaridad de la madre ($\chi^2=16.559$, $p>.05$) y del padre ($\chi^2=7.828$, $p>.05$).

10.7. Anexo E. Análisis exploratorio

1.1.1. Análisis exploratorio del efecto de Alerta

Tabla 22. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Alerta del grupo control y experimental de 1°

	1° experimental			1° control			
	Alerta pre-test	Alerta post-test	Alerta seguimiento	Alerta pre-test	Alerta post-test	Alerta seguimiento	
Promedio	83.83	81.72	114.5	106.71	97.75	102	
Error estándar del promedio	14.052	16.769	15.283	16.32	24.586	15.061	
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	54.19	46.34	82.26	72.11	45.35	70.07
	Límite superior	113.48	117.1	146.74	141.3	150.15	133.93
Mediana	75	109	122	101	82	88	
Varianza	3554.5	5061.389	4204.029	4528.096	9671.267	3856.25	
Desviación estándar	59.62	71.143	64.838	67.291	98.343	62.099	
Mínimo	-2	-102	-12	-9	-46	-2	
Máximo	212	199	210	241	312	221	
Simetría	0.651	-1.038	-0.192	0.145	0.598	0.449	
Curtosis	-0.21	1.32	-0.856	-0.261	0.054	-0.207	
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov	Estadístico	0.137 (18)	0.218 (18)	0.101 (18)	0.101 (17)	0.162 (16)	0.217 (17)
	Sig.	0.200 [*]	0.024	0.200 [*]	0.200 [*]	0.200 [*]	0.032
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.952 (18)	0.904 (18)	0.966 (18)	0.981 (17)	0.956 (16)	0.945 (17)
	Sig.	0.454	0.068	0.73	0.964	0.596	0.388



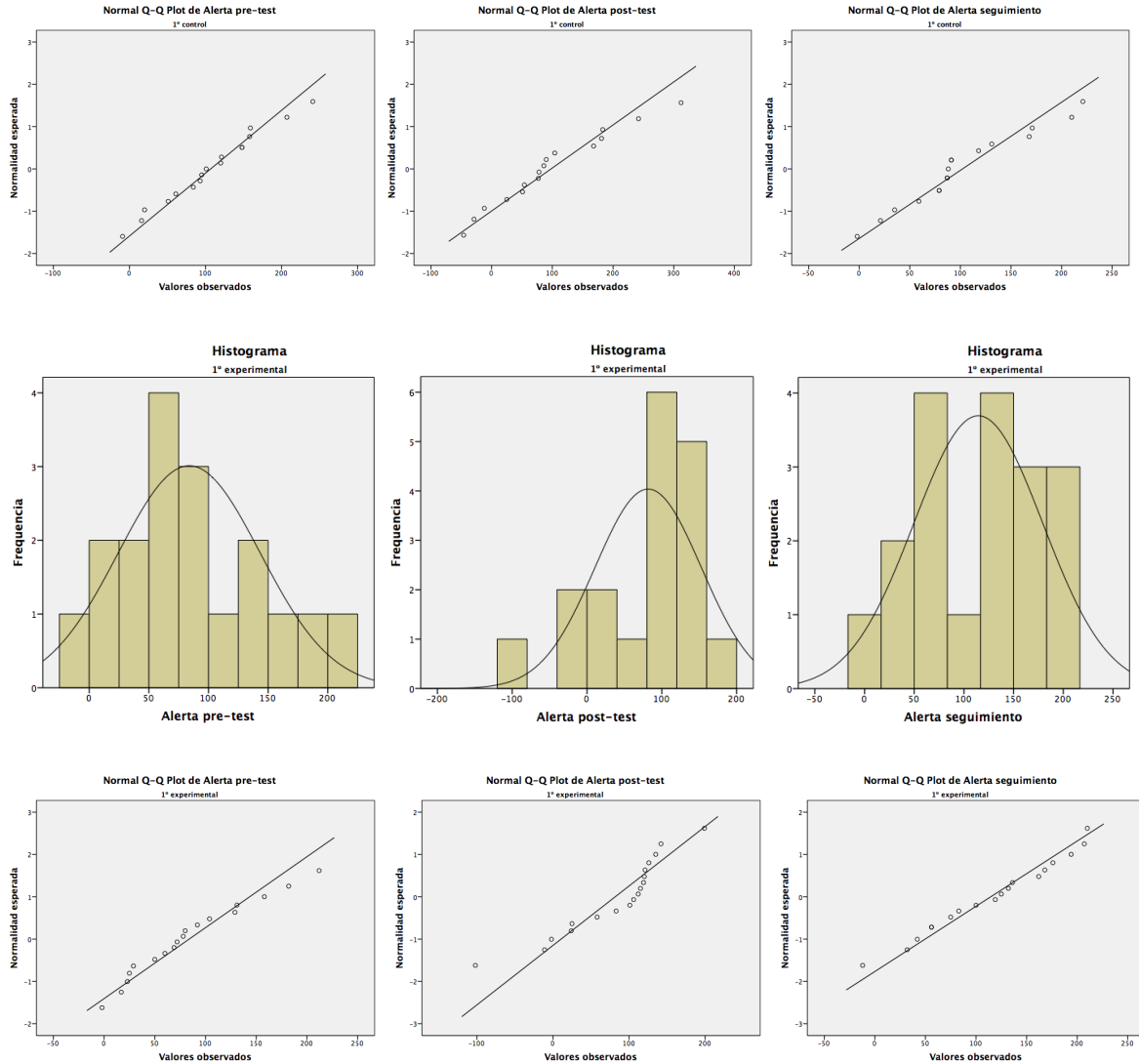
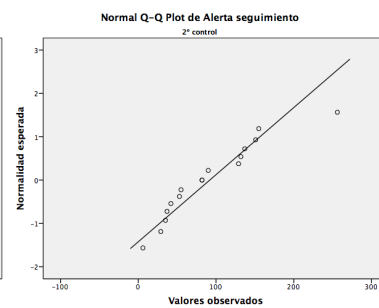
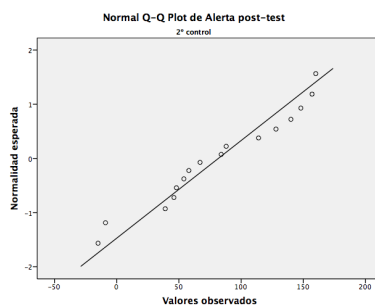
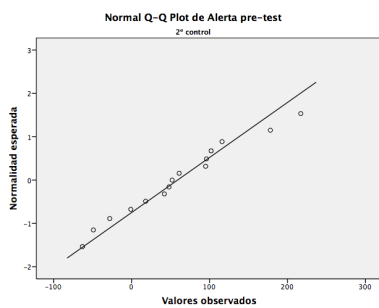
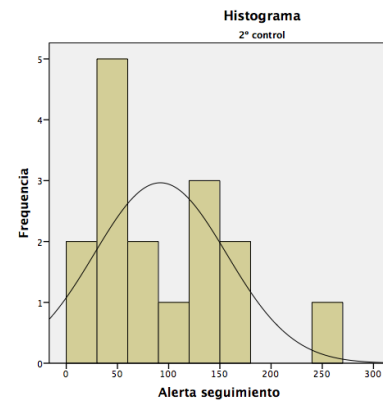
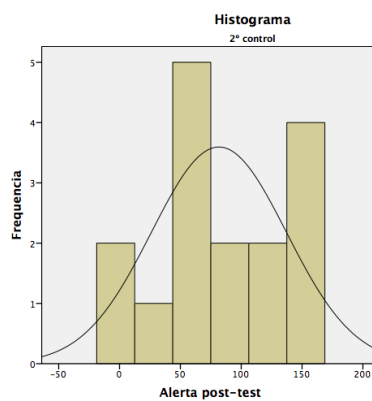
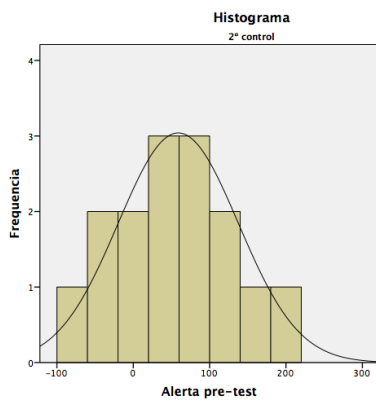


Figura 39. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Alerta para el grupo control y experimental de 1º

Tabla 23. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Alerta del grupo control y experimental de 2º

	2º experimental			2º control		
	Alerta pre-test	Alerta post-test	Alerta seguimiento	Alerta pre-test	Alerta post-test	Alerta seguimiento
Promedio	62.41	122.76	84.76	58.93	81.69	91.94
Error estándar del promedio	20.79	20.64	12.526	20.325	13.872	16.147
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior 18.34	79.01	58.21	15.34	52.12	57.52

	Límite superior	106.48	166.52	111.32	102.53	111.25	126.35
Mediana		76	100	88	52	75.5	82
Varianza		7347.757	7242.441	2667.316	6196.352	3078.896	4171.529
Desviación estándar		85.719	85.103	51.646	78.717	55.488	64.587
Mínimo		-119	-16	-1	-63	-15	6
Máximo		252	302	172	217	160	256
Simetría		0.184	0.7	0.075	0.335	-0.142	1.021
Curtosis		1.042	-0.119	-0.771	-0.127	-0.886	1.223
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov	Estadístico	0.144 (17)	0.193 (17)	0.13 (17)	0.101 (15)	0.111 (16)	0.154 (16)
	Sig.	0.200*	0.093	0.200*	0.200*	0.200*	0.200*
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.971 (17)	0.934 (17)	0.967 (17)	0.972 (15)	0.942 (16)	0.915 (16)
	Sig.	0.844	0.258	0.755	0.881	0.37	0.138



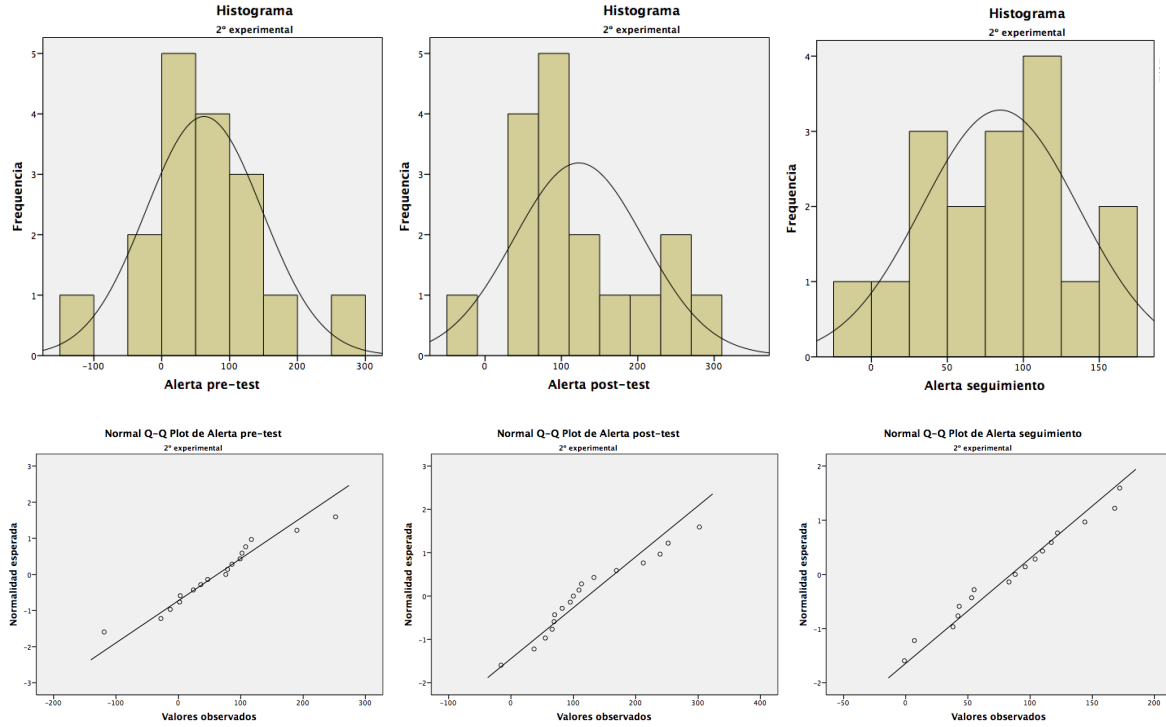
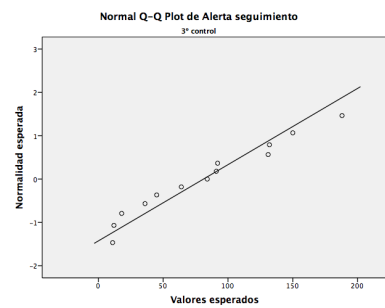
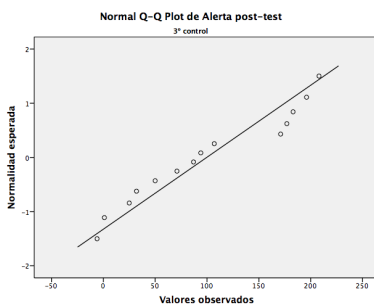
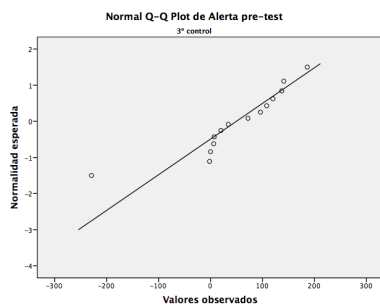
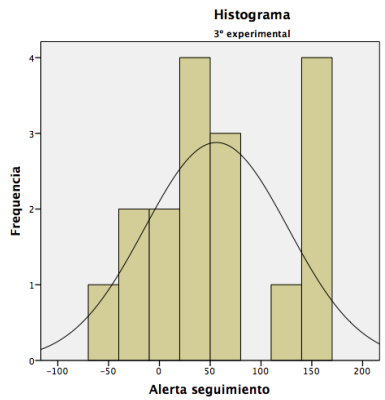
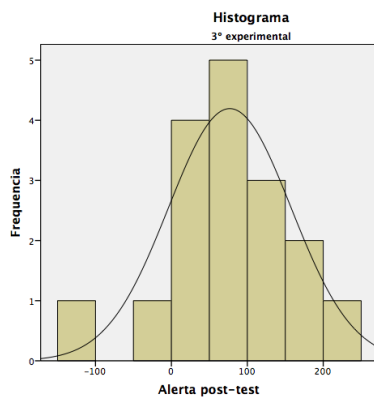
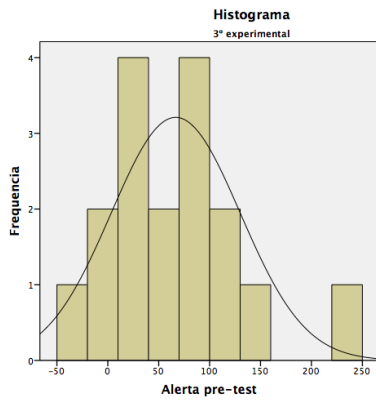
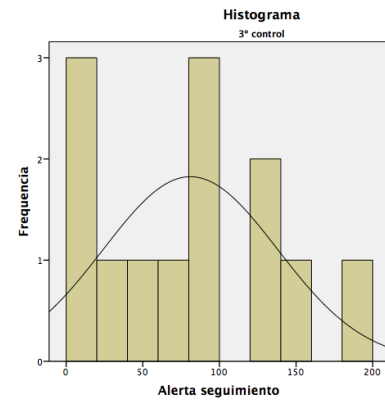
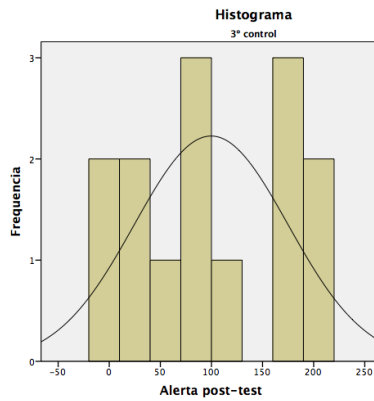
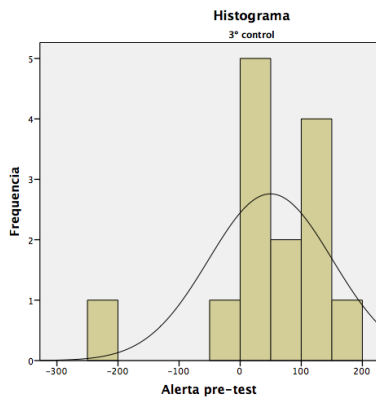


Figura 40. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Alerta para el grupo control y experimental de 2°

Tabla 24. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Alerta del grupo control y experimental de 3°

	3° experimental			3° control			
	Alerta pre-test	Alerta post-test	Alerta seguimiento	Alerta pre-test	Alerta post-test	Alerta seguimiento	
Promedio	66.71	76.88	56.12	49.71	99.71	81.08	
Error estándar del promedio	15.37	19.607	17.142	27.053	20.112	15.767	
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	34.12	35.32	19.78	-8.73	56.26	46.72
	Límite superior	99.29	118.45	92.46	108.16	143.16	115.43
Mediana	63	87	49	53	90.5	84	
Varianza	4015.971	6535.36	4995.235	10245.758	5662.989	3231.744	
Desviación estándar	63.372	80.842	70.677	101.221	75.253	56.848	
Mínimo	-25	-127	-52	-229	-6	11	
Máximo	227	213	163	186	208	188	
Simetría	0.842	-0.726	0.219	-1.514	0.115	0.397	
Curtosis	1.183	1.403	-1.094	3.817	-1.506	-0.827	

Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov	Estadístico	0.109 (17)	0.101 (17)	0.167 (17)	0.233 (14)	0.185 (14)	0.122 (13)
	Sig.	0.200*	0.200*	0.200*	0.038	0.200*	0.200*
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.948 (17)	0.966 (17)	0.926 (17)	0.861 (17)	0.917 (14)	0.941 (13)
	Sig.	0.426	0.747	0.186	0.031	0.201	0.475



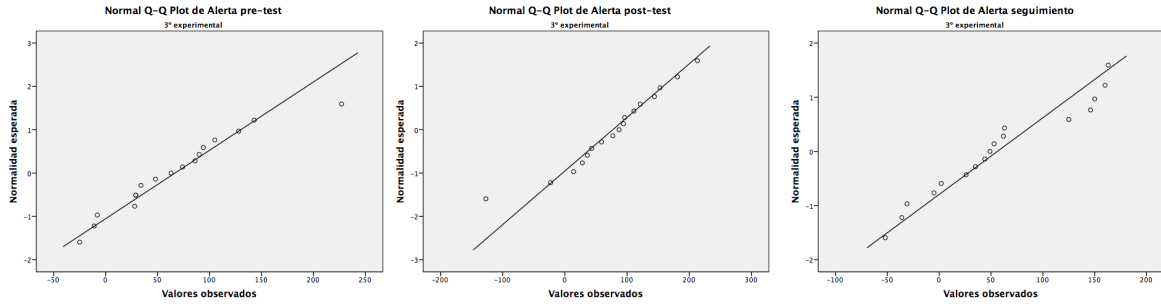


Figura 41. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Alerta para el grupo control y experimental de 3°

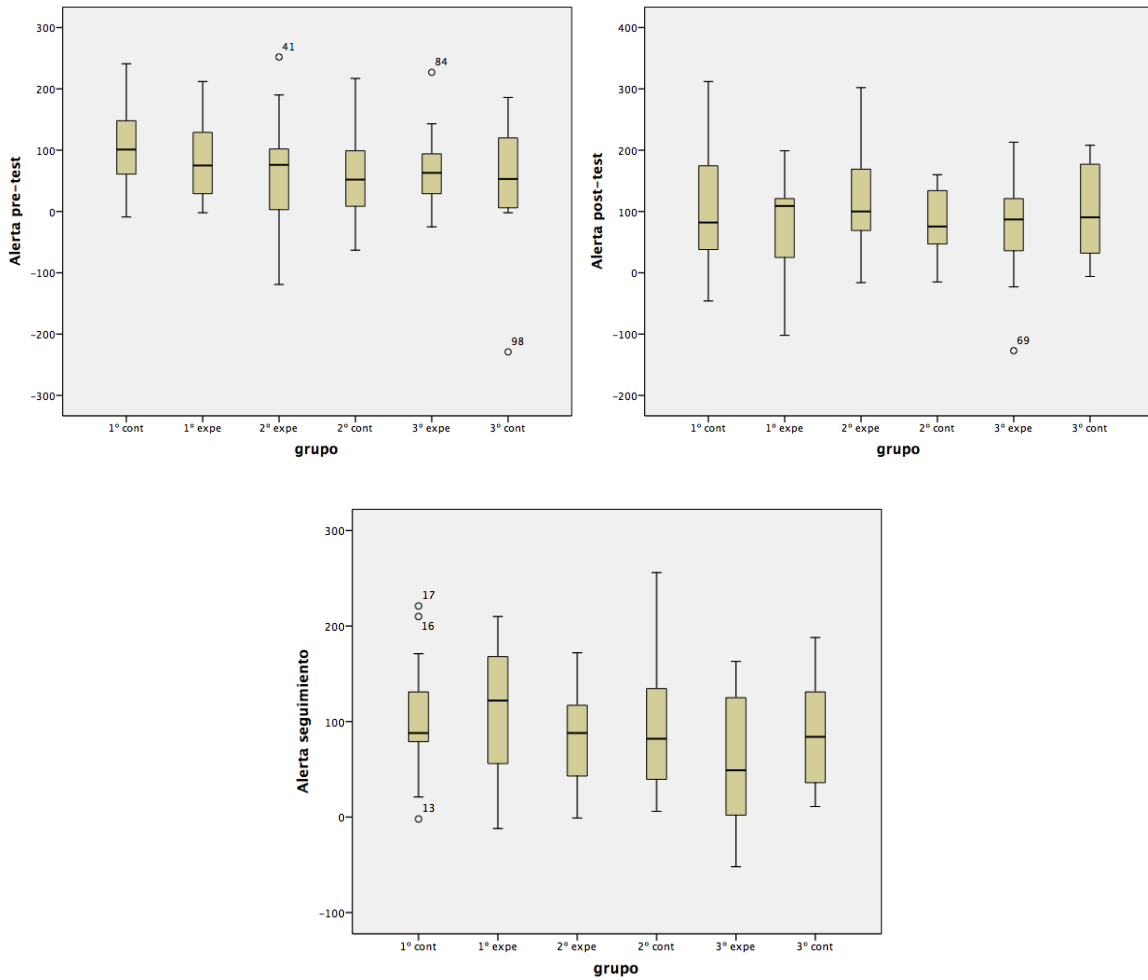
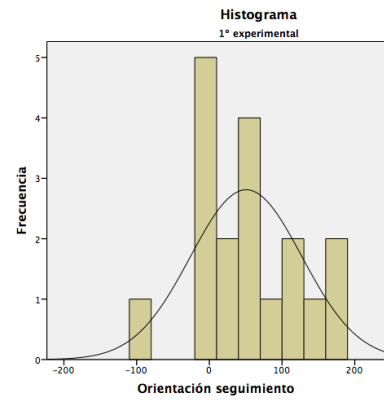
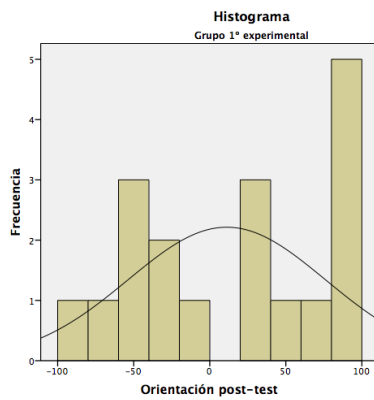
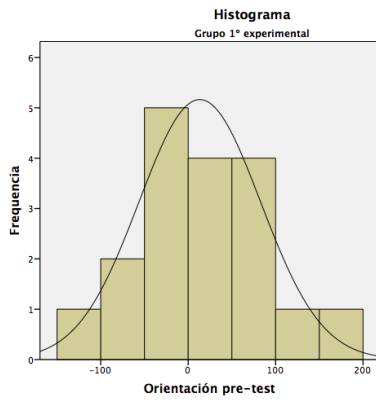
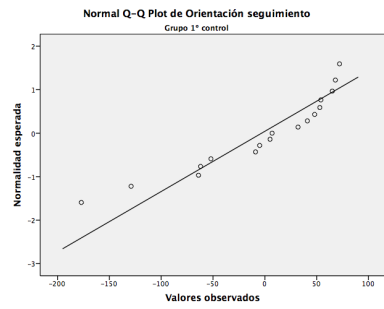
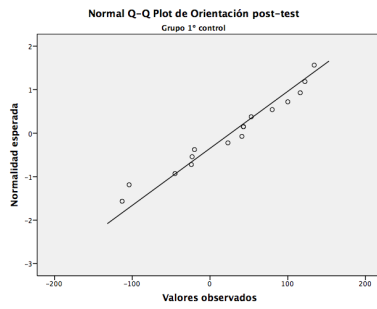
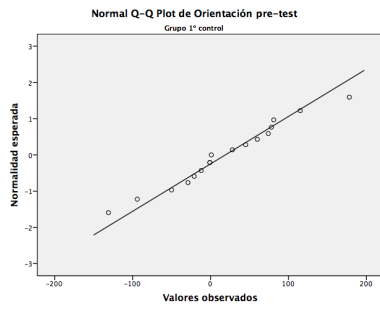
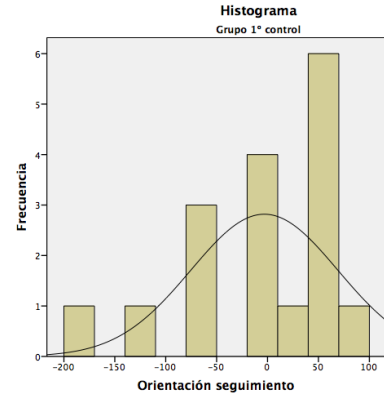
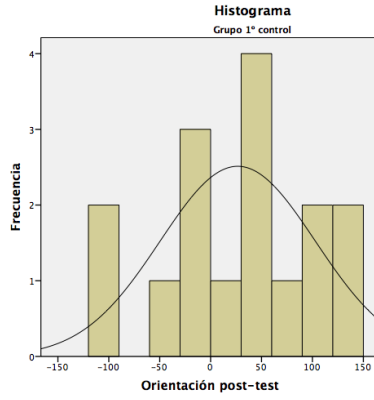
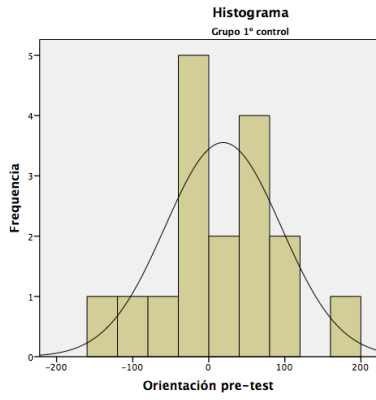


Figura 42. Diagramas de caja y bigote para el efecto de alerta durante el pre-test, post-test y seguimiento

1.1.1. Análisis exploratorio del efecto de Orientación

Tabla 25. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Orientación del grupo control y experimental de 1°

	1° Control			1° Experimental			
	Orientación pre-test	Orientación post-test	Orientación seguimiento	Orientación pre-test	Orientación post-test	Orientación seguimiento	
N	17	16	17	18	18	18	
Promedio	18.88	26.63	-3.12	13.28	11.17	50.67	
Error estándar del promedio	18.521	19.06	17.51	16.388	15.287	18.069	
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	-20.38	-14	-40.24	-21.3	-21.09	12.55
	Límite superior	58.15	67.25	34	47.85	43.42	88.79
Mediana	1	42	7	0	22	40.5	
Varianza	5831.485	5812.383	5212.235	4834.33	4206.382	5876.588	
Desviación estándar	76.364	76.239	72.196	69.529	64.857	76.659	
Mínimo	-131	-113	-177	-104	-87	-110	
Máximo	178	134	72	159	91	185	
Simetría	0.042	-0.391	-1.143	0.275	-0.134	0.16	
Curtosis	0.265	-0.665	0.729	-0.209	-1.639	0.064	
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov ^a	Estadístico	0.122	0.137	0.173	0.131	0.174	0.141
	gl	17	16	17	18	18	18
	Sig.	0.200*	0.200*	0.185	0.200*	0.157	0.200*
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.986	0.947	0.878	0.977	0.889	0.955
	gl	17	16	17	18	18	18
	Sig.	0.992	0.445	0.03	0.914	0.037	0.501



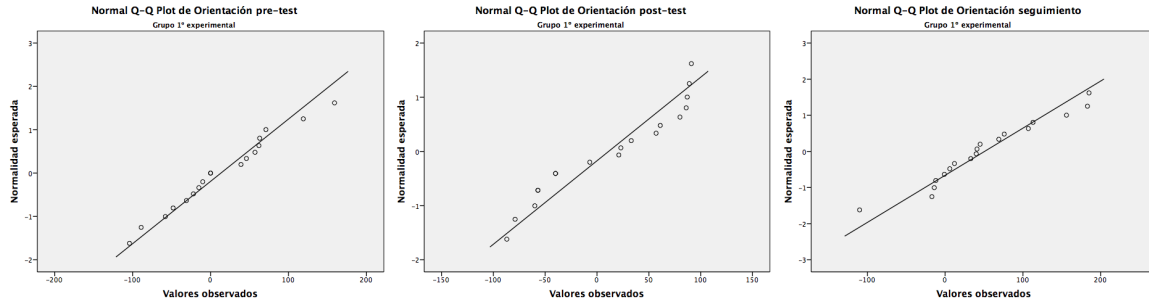
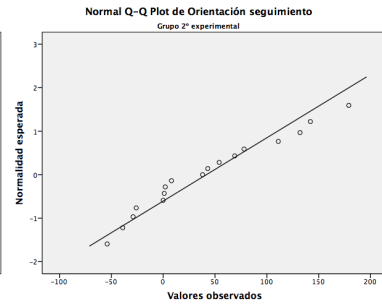
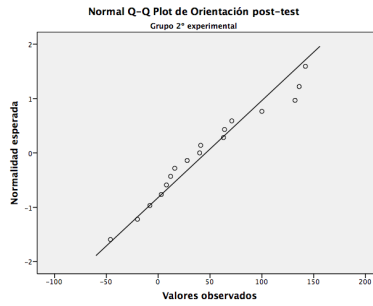
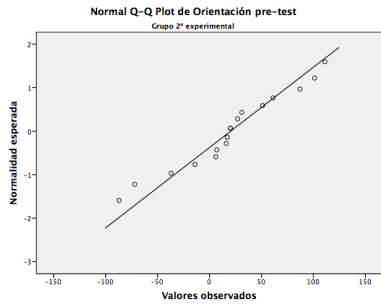
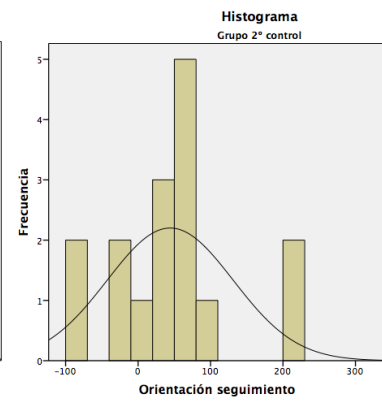
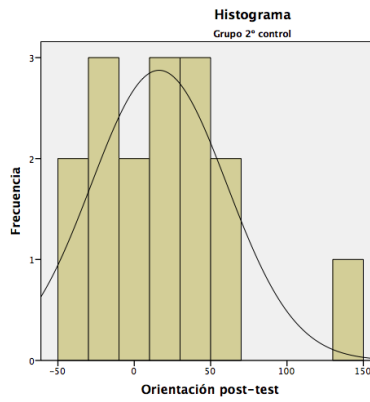
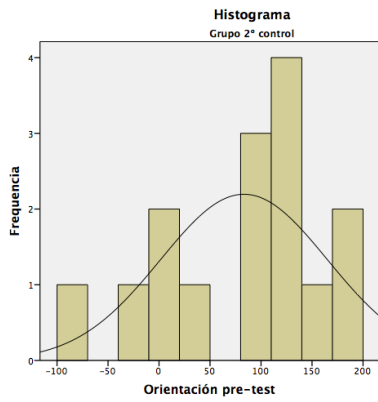
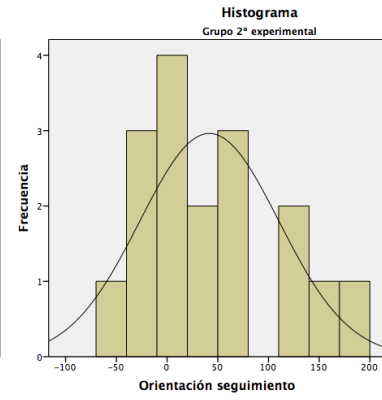
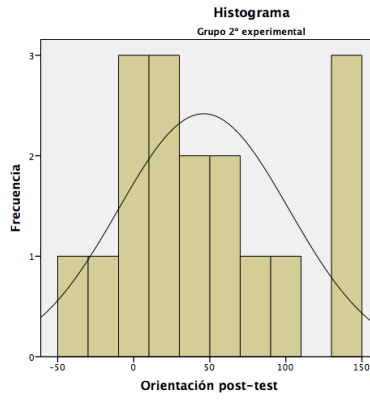
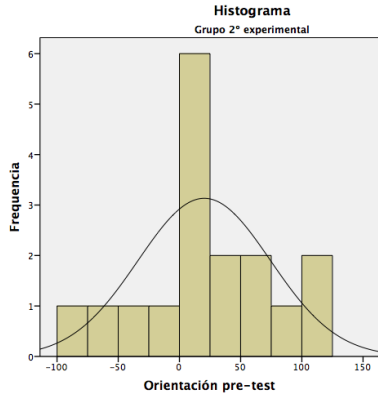


Figura 43. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Orientación para el grupo control y experimental de 1°

Tabla 26. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Orientación del grupo control y experimental de 2°

		2° Control			2° Experimental		
		Orientación pre-test	Orientación post-test	Orientación seguimiento	Orientación pre-test	Orientación post-test	Orientación seguimiento
N		15	16	16	17	17	17
Promedio		83.27	16.25	44.31	20.29	46	41.71
Error estándar del promedio		21.116	11.103	21.753	13.124	13.604	16.656
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	37.98	-7.41	-2.05	-7.53	17.16	6.4
	Límite superior	128.56	39.91	90.68	48.12	74.84	77.01
Mediana		102	15	46.5	20	40	38
Varianza		6688.495	1972.333	7570.763	2928.096	3146	4716.096
Desviación estándar		81.783	44.411	87.01	54.112	56.089	68.674
Mínimo		-93	-50	-97	-87	-46	-54
Máximo		197	136	225	111	142	179
Simetría		-0.686	1.09	0.553	-0.263	0.403	0.531
Curtosis		-0.165	2.482	0.822	0.07	-0.702	-0.667
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov ^a	Estadístico	0.214	0.141	0.192	0.161	0.124	0.159
	gl	15	16	16	17	17	17
	Sig.	0.063	0.200*	0.118	0.200*	0.200*	0.200*
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.932	0.926	0.919	0.958	0.949	0.949
	gl	15	16	16	17	17	17
	Sig.	0.292	0.214	0.165	0.586	0.435	0.436



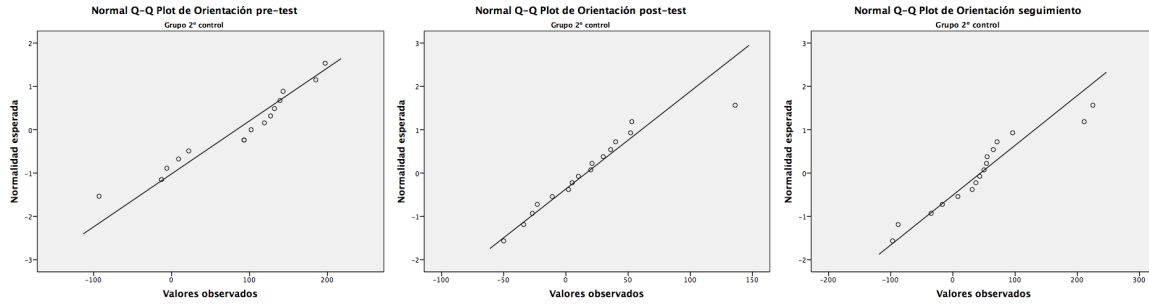
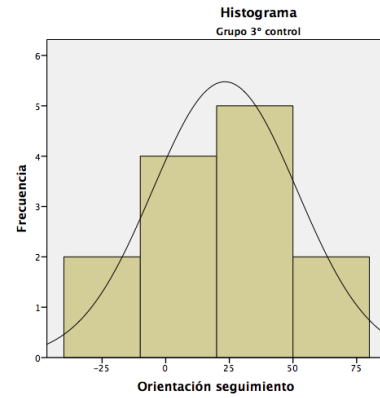
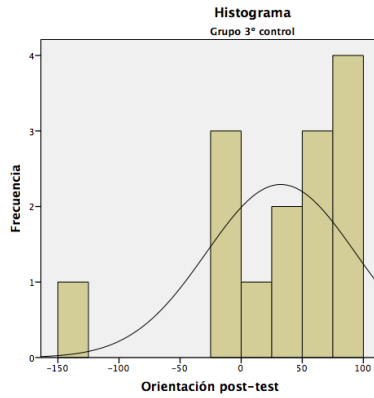
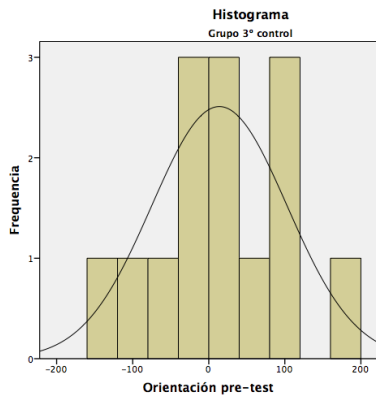
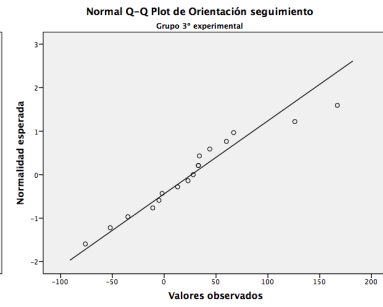
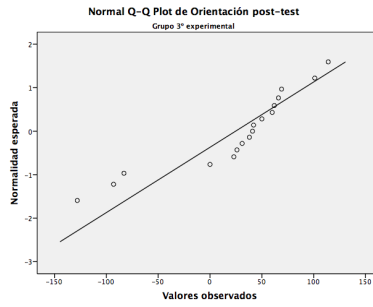
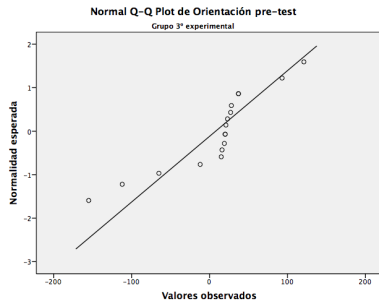
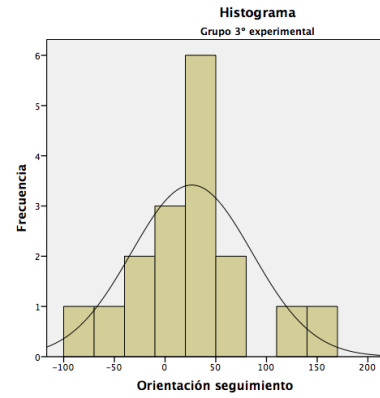
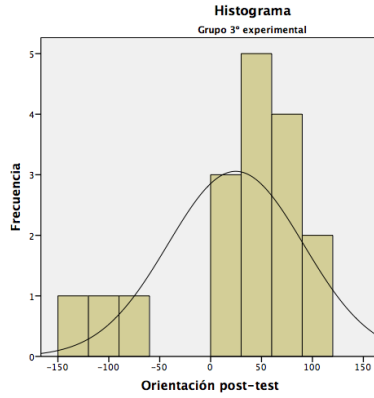
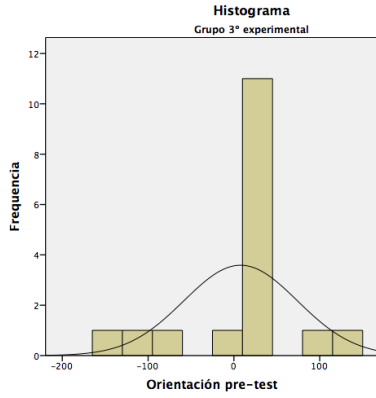


Figura 44. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Orientación para el grupo control y experimental de 2º.

Tabla 27. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Orientación del grupo control y experimental de 3º

		3º Control			3º Experimental		
		Orientación pre-test	Orientación post-test	Orientación seguimiento	Orientación pre-test	Orientación post-test	Orientación seguimiento
N		14	14	13	17	17	17
Promedio		13.93	32.43	23.23	7.82	24.65	26.29
Error estándar del promedio		23.789	16.287	7.877	16.048	16.146	14.439
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	-37.46	-2.76	6.07	-26.2	-9.58	-4.32
	Límite superior	65.32	67.61	40.39	41.84	58.87	56.9
Mediana		25.5	46	25	20	41	28
Varianza		7922.533	3713.648	806.692	4378.154	4431.743	3544.221
Desviación estándar		89.009	60.94	28.402	66.168	66.571	59.533
Mínimo		-156	-131	-26	-155	-128	-76
Máximo		164	96	69	121	114	167
Simetría		-0.364	-1.511	-0.155	-1.048	-1.202	0.672
Curtosis		-0.22	3.047	-0.835	1.835	0.877	1.126
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov ^a	Estadístico	0.117	0.148	0.141	0.308	0.255	0.154
	gl	14	14	13	17	17	17
	Sig.	0.200 [*]	0.200 [*]	0.200 [*]	0	0.005	0.200 [*]
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.975	0.869	0.977	0.846	0.858	0.951
	gl	14	14	13	17	17	17
	Sig.	0.931	0.04	0.963	0.009	0.014	0.48



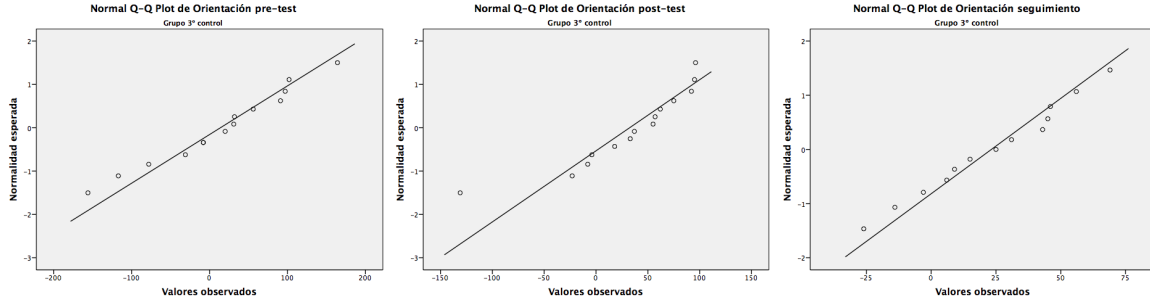


Figura 45. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Orientación para el grupo control y experimental de 3°.

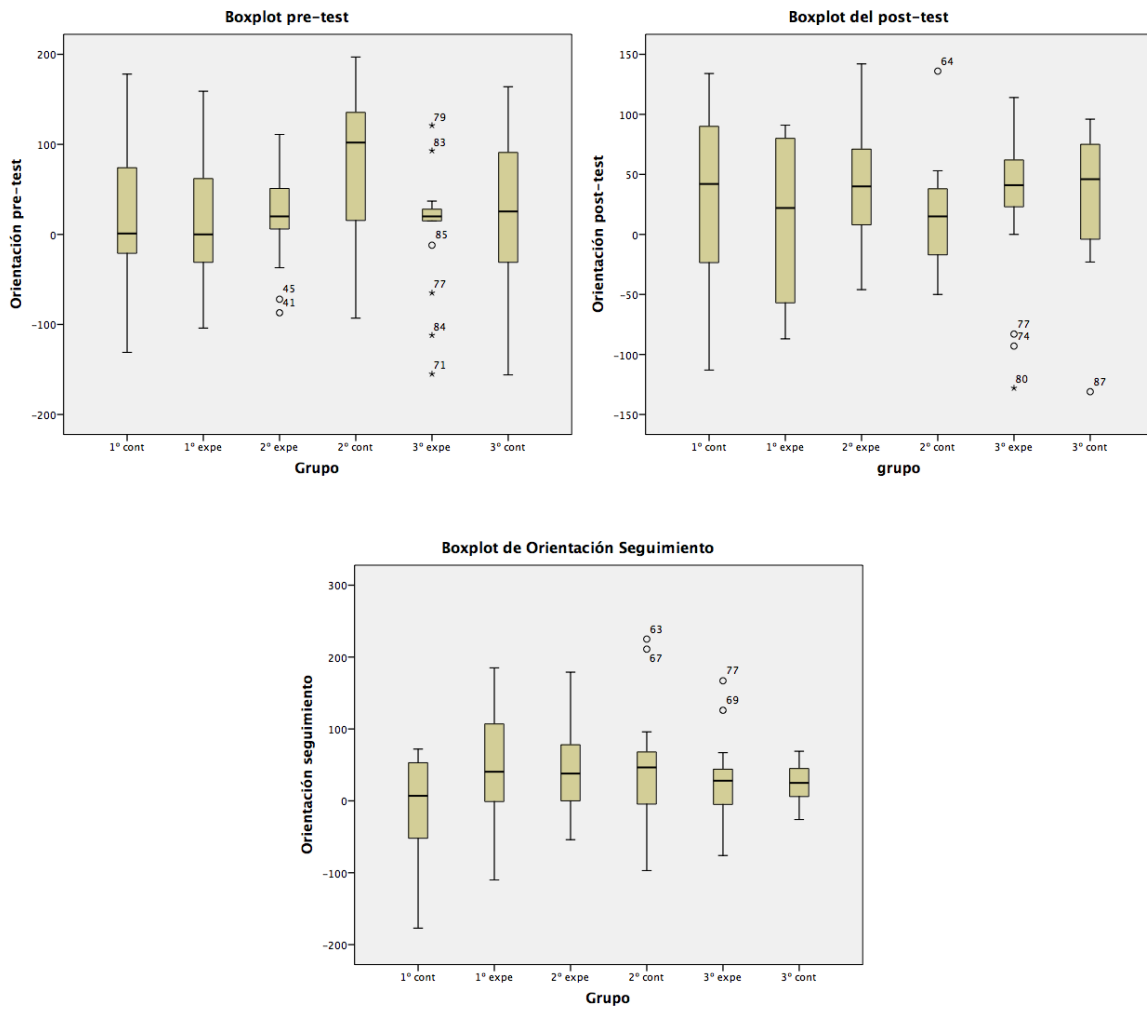
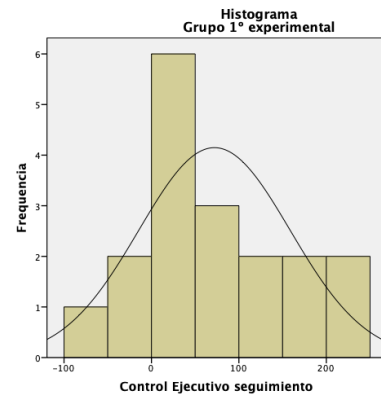
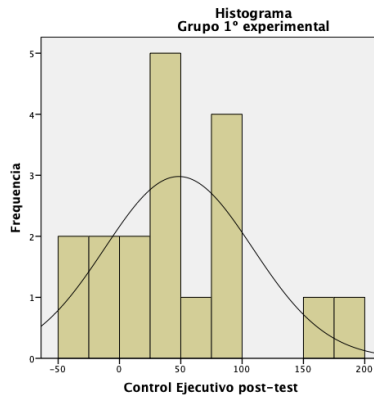
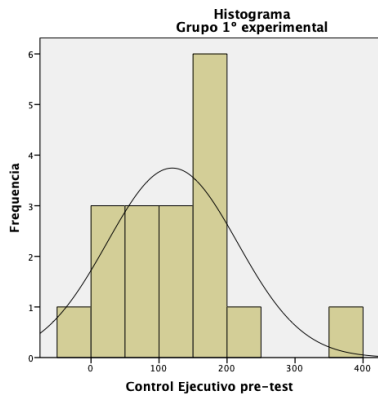
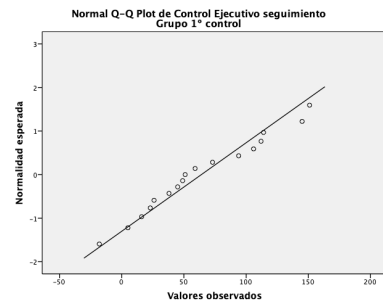
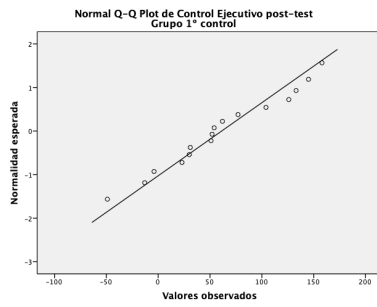
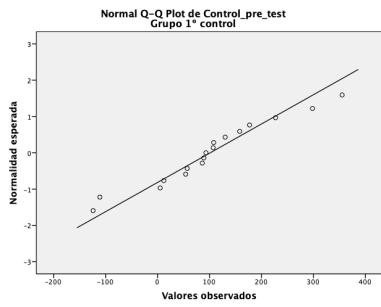
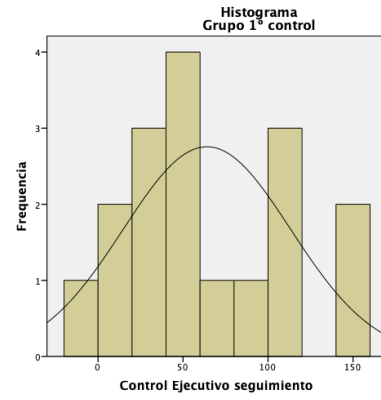
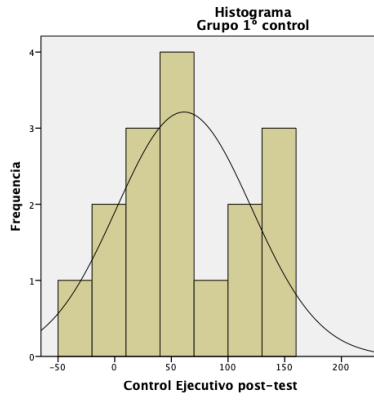
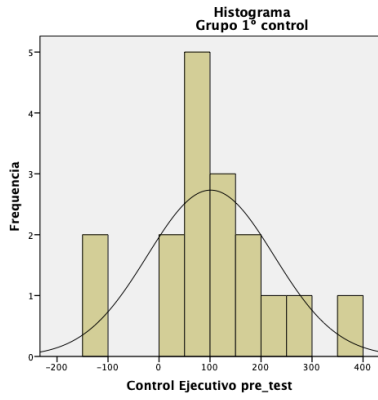


Figura 46. Diagramas de caja y bigote para el efecto de Orientación durante el pre-test, post-test y seguimiento.

1.1.1. Análisis exploratorio del efecto de Control Ejecutivo

Tabla 28. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Control Ejecutivo del grupo control y experimental de 1°

		1° Control			1° Experimental		
		Control Ejecutivo pre-test	Control Ejecutivo post-test	Control Ejecutivo seguimiento	Control Ejecutivo pre-test	Control Ejecutivo post-test	Control Ejecutivo seguimiento
N		17	16	17	18	18	18
Promedio		101.24	61.25	64.06	119.5	48.33	72.06
Error estándar del promedio		30.1	14.905	11.939	22.601	14.201	20.403
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	37.43	29.48	38.75	71.82	18.37	29.01
	Límite superior	165.04	93.02	89.37	167.18	78.3	115.1
Mediana		93	53	51	110.5	41	56.5
Varianza		15402.191	3554.333	2423.059	9194.853	3630.118	7493.35
Desviación estándar		124.106	59.618	49.225	95.89	60.25	86.564
Mínimo		-124	-49	-18	-29	-39	-61
Máximo		355	158	151	384	184	240
Simetría		0.141	0.026	0.296	1.068	0.73	0.678
Curtosis		0.451	-0.676	-0.804	2.171	0.423	-0.263
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov ^a	Estadístico	0.125	0.12	0.134	0.138	0.116	0.136
	gl	17	16	17	18	18	18
	Sig.	0.200*	0.200*	0.200*	0.200 [†]	0.200*	0.200 [†]
Shapiro-Wilk	Estadístico	0.963	0.968	0.962	0.925	0.945	0.936
	gl	17	16	17	18	18	18
	Sig.	0.694	0.804	0.677	0.16	0.354	0.245



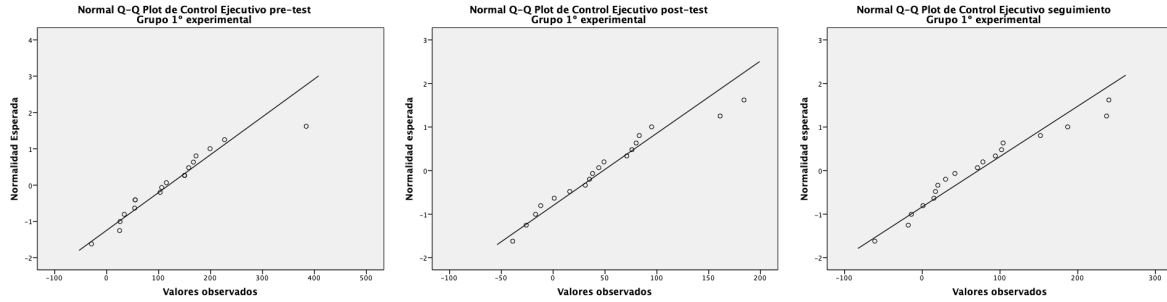
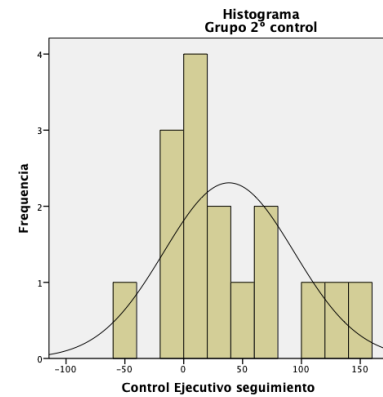
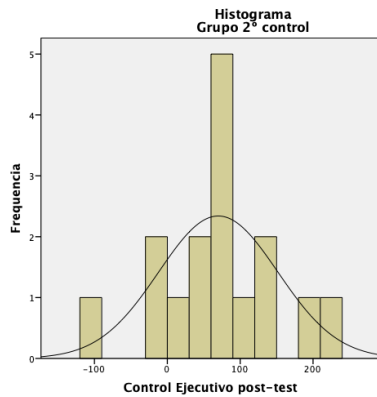
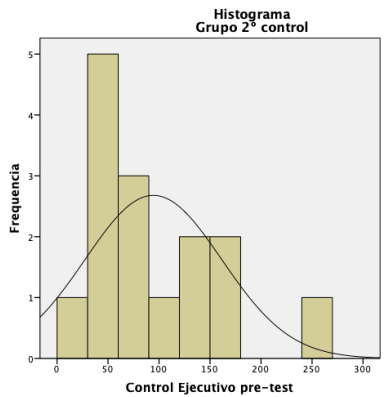
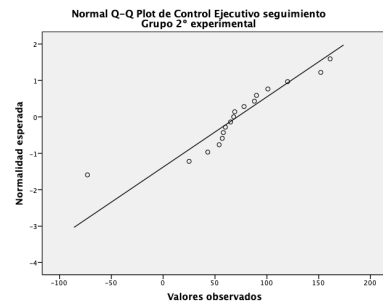
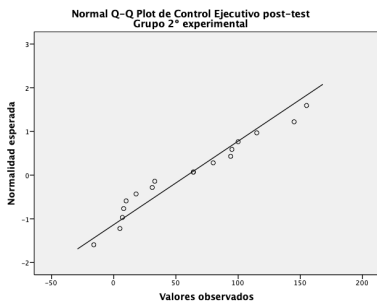
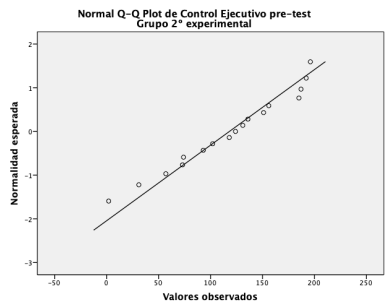
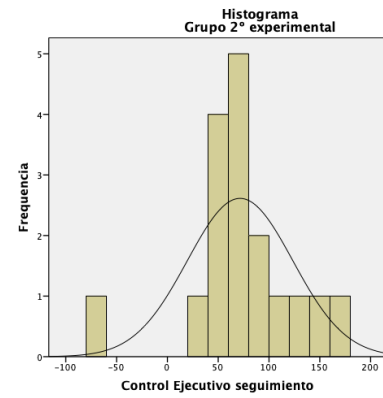
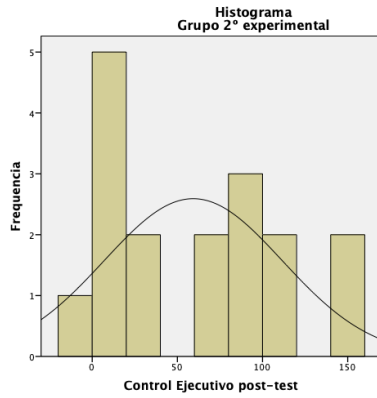
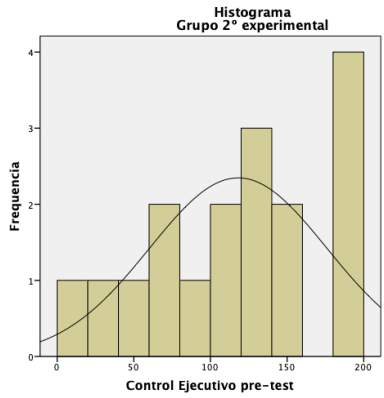


Figura 47. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Control Ejecutivo para el grupo control y experimental de 1°

Tabla 29. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Control Ejecutivo del grupo control y experimental de 2°

		2° Control			2° Experimental		
		Control Ejecutivo pre-test	Control Ejecutivo post-test	Control Ejecutivo seguimiento	Control Ejecutivo pre-test	Control Ejecutivo post-test	Control Ejecutivo seguimiento
N		15	16	16	17	17	17
Promedio		94.47	69.94	38.44	118.12	59.29	71.53
Error estándar del promedio		17.305	20.457	13.828	14.019	12.694	12.59
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	57.35	26.33	8.96	88.4	32.38	44.84
	Límite superior	131.58	113.54	67.91	147.84	86.2	98.22
Mediana		64	67.5	19	124	64	68
Varianza		4491.838	6695.796	3059.463	3341.235	2739.221	2694.765
Desviación estándar		67.021	81.828	55.312	57.803	52.338	51.911
Mínimo		18	-110	-51	2	-16	-73
Máximo		266	223	144	196	155	161
Simetría		1.397	-0.19	0.633	-0.386	0.369	-0.895
Curtosis		1.726	0.766	-0.304	-0.604	-1.003	3.295
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov ^a	Estadístico	0.259	0.14	0.186	0.112	0.163	0.191
	gl	15	16	16	17	17	17
	Sig.	0.008	0.200*	0.141	0.200*	0.200*	0.099

Shapiro- Wilk	Estadístico	0.853	0.97	0.936	0.957	0.936	0.896
	gl	15	16	16	17	17	17
	Sig.	0.019	0.836	0.299	0.579	0.274	0.058



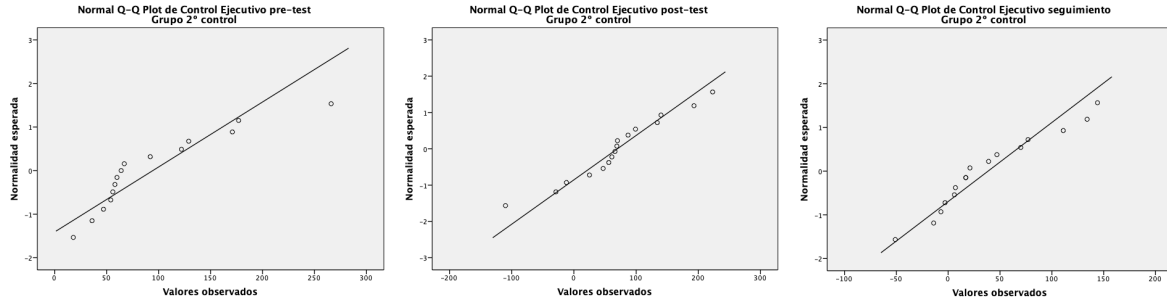
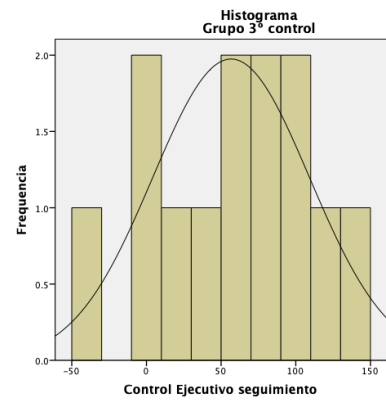
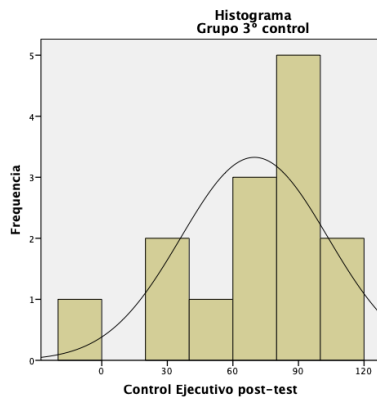
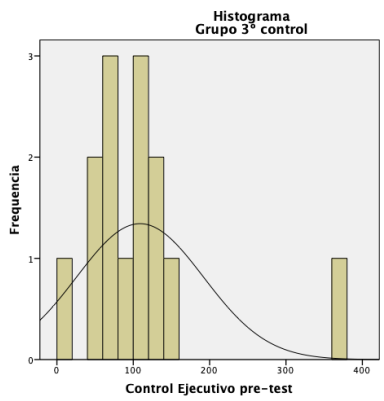
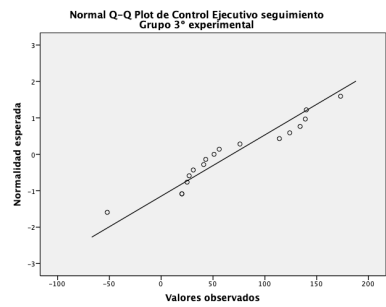
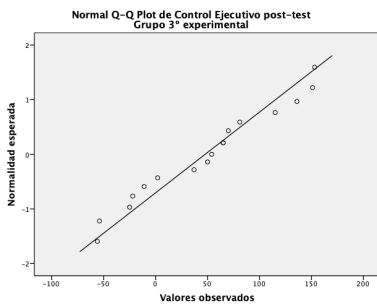
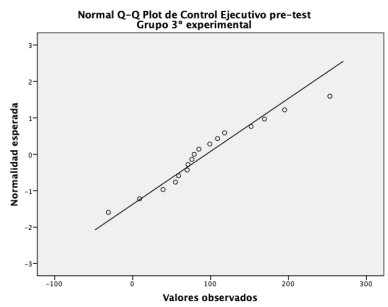
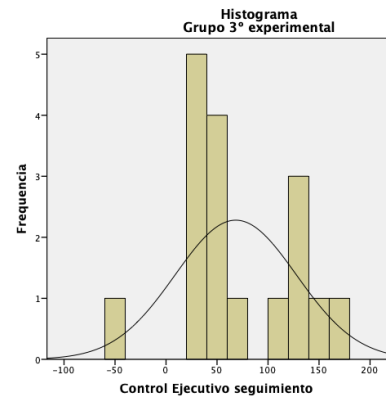
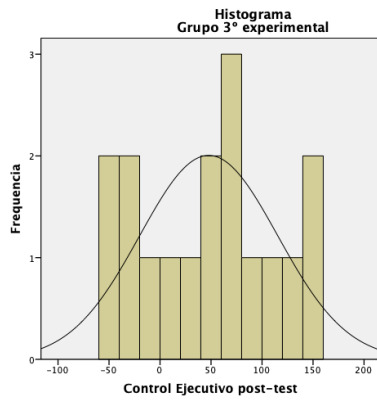
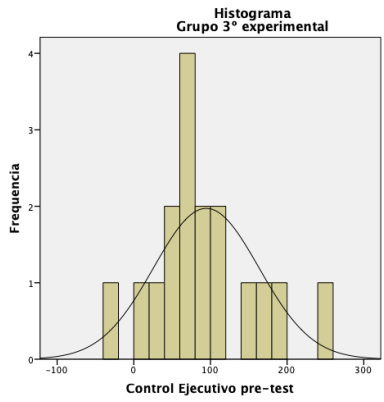


Figura 48. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Control Ejecutivo para el grupo control y experimental de 2º

Tabla 30. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Control Ejecutivo del grupo control y experimental de 3º

		3º Control			3º Experimental		
		Control Ejecutivo pre-test	Control Ejecutivo post-test	Control Ejecutivo seguimiento	Control Ejecutivo pre-test	Control Ejecutivo post-test	Control Ejecutivo seguimiento
N		14	14	13	17	17	17
Promedio		108.86	69.86	56.69	94.53	47.71	68.35
Error estándar del promedio		22.236	8.975	14.567	16.677	16.407	14.427
95% Intervalo de confianza de la media	Límite inferior	60.82	50.47	24.95	59.18	12.92	37.77
	Límite superior	156.89	89.25	88.43	129.88	82.49	98.94
Mediana		96	78.5	62	79	54	51
Varianza		6921.978	1127.67	2758.731	4728.015	4576.471	3538.368
Desviación estándar		83.198	33.581	52.524	68.761	67.65	59.484
Mínimo		11	-5	-38	-31	-56	-52
Máximo		365	118	143	253	153	173
Simetría		2.4	-0.87	-0.26	0.587	0.03	0.067
Curtosis		7.468	0.43	-0.674	0.787	-1.004	-0.501
Pruebas de normalidad							
Kolmogorov-Smirnov ^a	Estadístico	0.239	0.174	0.14	0.143	0.103	0.17
	gl	14	14	13	17	17	17
	Sig.	0.029	0.200*	0.200*	0.200*	0.200*	0.200*

Shapiro- Wilk	Estadístico	0.747	0.94	0.973	0.963	0.946	0.934
	gl	14	14	13	17	17	17
	Sig.	0.001	0.417	0.93	0.692	0.394	0.252



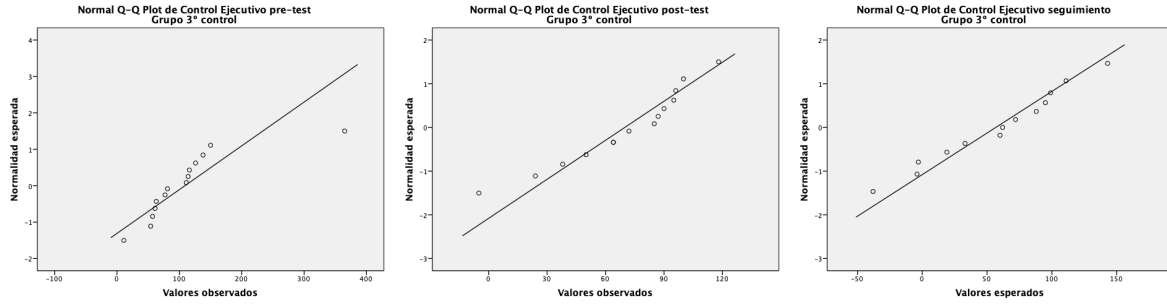


Figura 49. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Control Ejecutivo para el grupo control y experimental de 3°

10.7.1. Análisis exploratorio de la Precisión.

Tabla 31. Estadísticos descriptivos de la Precisión del grupo control y experimental de 1°

Precisión de la respuesta	1° control			1° experimental			
	Pre-test	Post-test	Seguimiento	Pre-test	Post-test	Seguimiento	
Media	83.82	86.38	88.29	83.83	85.67	86.83	
Error estándar	2.353	2.615	1.504	2.004	2.261	1.696	
95% Intervalo de confianza	Límite inferior	78.83	80.8	85.11	79.61	80.9	83.25
	Límite superior	88.81	91.95	91.48	88.06	90.44	90.41
Mediana	86	89	88	85.5	89	90	
Varianza	94.154	109.45	38.471	72.265	92	51.794	
Desviación Estándar	9.703	10.462	6.202	8.501	9.592	7.197	
Mínimo	61	54	77	61	60	71	
Máximo	93	96	98	93	97	95	
Simetría	-1.245	-2.233	-0.119	-1.174	-1.399	-0.9	
Curtosis	0.694	5.835	-1.062	1.672	1.745	-0.189	

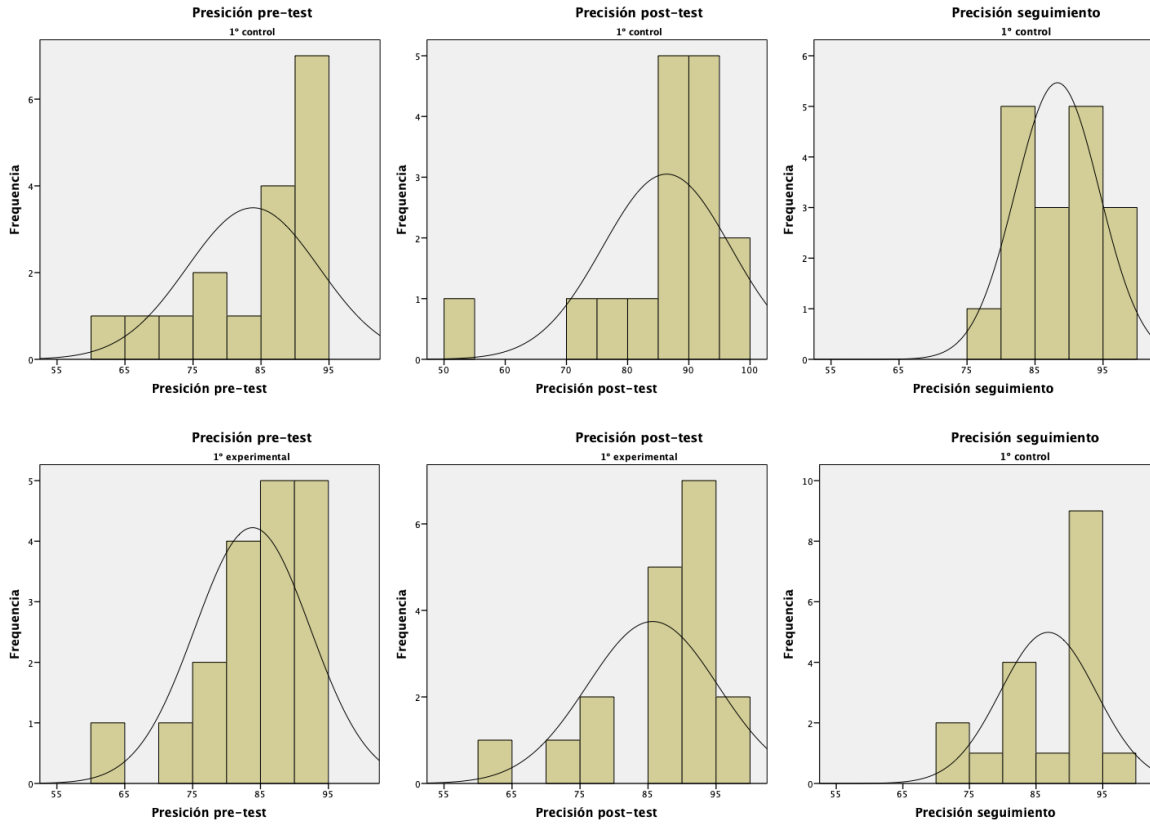


Figura 50. Histogramas de la Precisión de la respuesta para el grupo control y experimental de 1°

Tabla 32. Estadísticos descriptivos de la Precisión del grupo control y experimental de 2°

Precisión de la respuesta	2°experimental			2°control			
	Pre-test	Post-test	Seguimiento	Pre-test	Post-test	Seguimiento	
Media	90.18	92.76	92.35	88.07	86.5	92.75	
Error estándar	1.501	1.349	1.323	2.096	2.908	1.16	
95% Intervalo de confianza	Límite inferior	87	89.9	89.55	83.57	80.3	90.28
	Límite superior	93.36	95.62	95.16	92.56	92.7	95.22
Mediana	93	94	95	93	90	93	
Varianza	38.279	30.941	29.743	65.924	135.333	21.533	
Desviación Estandar	6.187	5.562	5.454	8.119	11.633	4.64	
Mínimo	77	76	81	72	60	85	
Máximo	96	100	98	97	98	100	
Simetría	-0.927	-1.873	-1.101	-0.816	-1.169	-0.175	

Máximo	98	99	99	97	99	98
Simetría	-1.322	-0.881	-0.965	-1.988	0.132	-0.245
Curtosis	0.632	-0.113	0.528	4.116	-0.623	-1.445

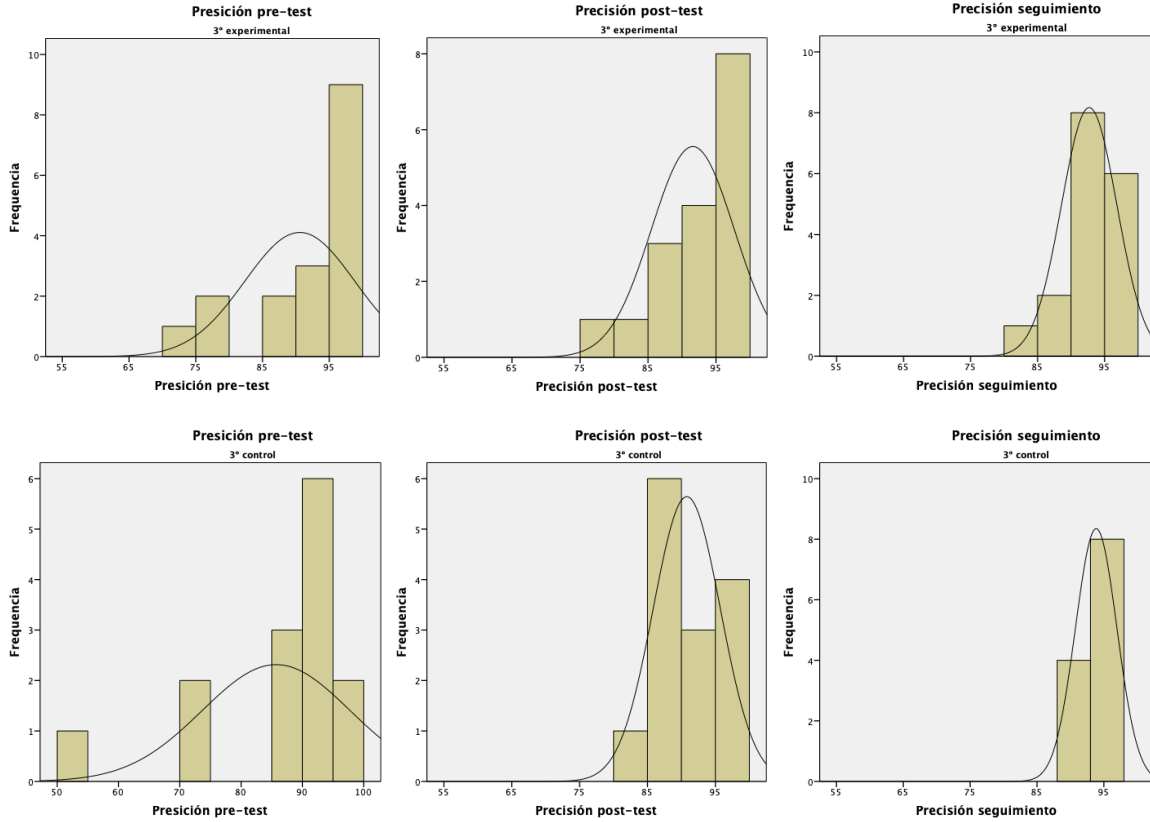


Figura 52. Histogramas de la Precisión de la respuesta para el grupo control y experimental de 3°

11. Referencias

- Akhtar, N., & Enns, J. T. (1989). Relations between covert orienting and filtering in the development of visual attention. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48(2), 315–334. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(89\)90008-8](https://doi.org/10.1016/0022-0965(89)90008-8)
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Faraji, F., Janowich, J., Kong, E., ... Al-Hashimi, O. (2013). Video game training enhances cognitive control in older adults. *Nature*, 501(7465), 97–101. <https://doi.org/10.1038/nature12486>
- Anguera, J. A., & Gazzaley, A. (2015). Video games, cognitive exercises, and the enhancement of cognitive abilities. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 4, 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2015.06.002>
- Aston-Jones, G., & Cohen, J. D. (2005). AN INTEGRATIVE THEORY OF LOCUS COERULEUS-NOREPINEPHRINE FUNCTION: Adaptive Gain and Optimal Performance. *Annual Review of Neuroscience*, 28(1), 403–450. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.28.061604.135709>
- Azouvi, P., Perrier, D., & Van der Linden, M. (1999). *La rééducation en neuropsychologie: études de cas*. Marseille: Solal. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=a1LcPQAACAAJ>
- Ben-Yishay, Y., & Diller, L. (2011). *Handbook of Holistic Neuropsychological Rehabilitation: Outpatient Rehabilitation of Traumatic Brain Injury*. Oxford University Press, USA. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=Yzg_zb94ZHcC
- Berger, A., Jones, L., Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2000). Computerized games to study the development of attention in childhood. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 32(2), 297–303. <https://doi.org/10.3758/BF03207798>
- Bherer, L., Kramer, A. F., Peterson, M. S., Colcombe, S., Erickson, K., & Becic, E. (2005). Training effects on dual-task performance: are there age-related differences in plasticity of attentional control? *Psychology and Aging*, 20(4), 695–709. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.20.4.695>
- Blasi, G., Mattay, V. S., Bertolino, A., Elvevåg, B., Callicott, J. H., Das, S., ... Weinberger, D. R. (2005). Effect of Catechol-O-Methyltransferase val¹⁵⁸-met Genotype on Attentional Control. *Journal of Neuroscience*, 25(20), 5038–5045. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0476-05.2005>
- Broadbent, D. E. (1958). Perception and communication. *Education + Training*, 8(6), 264–269. <https://doi.org/10.1108/eb015727>
- Bullock, T. H., Bennett, M. V. L., Johnston, D., Josephson, R., Marder, E., & Fields, R. D. (2005). NEUROSCIENCE: The Neuron Doctrine, Redux. *Science*, 310(5749), 791–793. <https://doi.org/10.1126/science.1114394>
- Bush, G. (2011). Cingulate, frontal, and parietal cortical dysfunction in attention-

- deficit/hyperactivity disorder. *Biological Psychiatry*.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2011.01.022>
- Bush, G., Luu, P., & Posner, M. I. (2000). Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex. *Trends Cogn Sci.*, 4(6), 215–222.
- Callejas, A., Lupiáñez, J., & Tudela, P. (2004). The three attentional networks: On their independence and interactions. *Brain and Cognition*, 54(3), 225–227.
<https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.02.012>
- Clohessy, A. B., Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2001). Development of the functional visual field. *Acta Psychol (Amst)*, 106(1–2), 51–68.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of Goal-Directed and Stimulus-Driven Attention in the Brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 215–229. <https://doi.org/10.1038/nrn755>
- Davidson, M. C., & Marrocco, R. T. (2000). Local infusion of scopolamine into intraparietal cortex slows covert orienting in rhesus monkeys. *Journal of Neurophysiology*, 83, 1536–1549.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention : Some theoretical considerations, 70(1), 80–90.
- Diamond, A., Briand, L., Fossella, J., & Gehlbach, L. (2004). Genetic and Neurochemical Modulation of Prefrontal Cognitive Functions in Children. *American Journal of Psychiatry*, 161(1), 125–132. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.161.1.125>
- Dijksterhuis, A., & Aarts, H. (2010). Goals, Attention, and (Un)Consciousness. *Annual Review of Psychology*, 61(1), 467–490. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.093008.100445>
- Donchin, E. (1995). Video Games as Research Tools - the Space Fortress Game. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*, 27(2), 217–223. <https://doi.org/10.3758/BF03204735>
- Dosenbach, N. U. F., Fair, D. A., Cohen, A. L., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2008). A dual-networks architecture of top-down control. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(3), 99–105.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.01.001>
- Dosenbach, N. U. F., Fair, D. a., Miezin, F. M., Cohen, A. L., Wenger, K. K., Dosenbach, R. a T., ... Petersen, S. E. (2007). Distinct brain networks for adaptive and stable task control in humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(26), 11073–8. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704320104>
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Fan, J., Byrne, J., Worden, M. S., Guise, K. G., McCandliss, B. D., Fossella, J., & Posner, M. I. (2007). The Relation of Brain Oscillations to Attentional Networks. *The Journal of Neuroscience*, 27(23), 6197–6206. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1833-07.2007>
- Fan, J., Gu, X., Guise, K. G., Liu, X., Fossella, J., Wang, H., & Posner, M. I. (2009). Testing the behavioral interaction and integration of attentional networks. *Brain and Cognition*, 70(2), 209–220. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2009.02.002>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Fossella, J., Flombaum, J. I., & Posner, M. I. (2005). The activation of

- attentional networks. *NeuroImage*, 26(2), 471–479.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.02.004>
- Fan, J., McCandliss, B. D., Sommer, T., Raz, A., & Posner, M. I. (2002). Testing the Efficiency and Independence of Attentional Networks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14(3), 340–347.
<https://doi.org/10.1162/089892902317361886>
- Fan, J., Wu, Y., Fossella, J. a, & Posner, M. I. (2001). Assessing the heritability of attentional networks. *BMC Neuroscience*, 2, 14. <https://doi.org/10.1186/1471-2202-2-14>
- Fossella, J., Sommer, T., Fan, J., Wu, Y., Swanson, J. M., Pfaff, D. W., & Posner, M. I. (2002). Assessing the molecular genetics of attention networks. *BMC Neuroscience*, 3, 14.
<https://doi.org/10.1186/1471-2202-3-14>
- Gazzaniga, M. S. (1975). *Handbook of Psychobiology*. Academic Press.
- Goldin, A. P., Hermida, M. J., Shalom, D. E., Elias Costa, M., Lopez-Rosenfeld, M., Segretin, M. S., ... Sigman, M. (2014). Far transfer to language and math of a short software-based gaming intervention. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(17), 6443–6448.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1320217111>
- Hart, H., Radua, J., Nakao, T., Mataix-Cols, D., & Rubia, K. (2013). Meta-analysis of functional magnetic resonance imaging studies of inhibition and attention in attention-deficit/hyperactivity disorder: Exploring task-specific, stimulant medication, and age effects. *JAMA Psychiatry*, 70(2), 185–198. <https://doi.org/10.1001/jamapsychiatry.2013.277>
- Herzog, M. H., & Fahlet, M. (1997). The Role of Feedback in Learning a Vernier Discrimination Task. *Vision Research*, 37(15), 2133–2141. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989\(97\)00043-6](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989(97)00043-6)
- Holmes, J., Gathercole, S. E., & Dunning, D. L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), 1–7.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00848.x>
- Ishigami, Y., & Klein, R. M. (2010). Repeated measurement of the components of attention using two versions of the Attention Network Test (ANT): Stability, isolability, robustness, and reliability. *Journal of Neuroscience Methods*, 190, 117–128.
<https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2010.04.019>
- James, W. (1890). *The Principles Of Psychology*. New York, NY: Dover.
- Karbach, J., & Kray, J. (2009). How useful is executive control training? Age differences in near and far transfer of task-switching training. *Developmental Science*, 12(6), 978–990.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00846.x>
- Katz, B., Jaeggi, S., Buschkuhl, M., Stegman, A., & Shah, P. (2014). Differential effect of motivational features on training improvements in school-based cognitive training. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(April), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00242>
- Klein, R. M., Hassan, T., Wilson, G., Ishigami, Y., & Mulle, J. (2017). The AttentionTrip: A game-like tool for measuring the networks of attention. *Journal of Neuroscience Methods*, 289,

- 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2017.07.008>
- Lampit, A., Hallock, H., & Valenzuela, M. (2014). Computerized Cognitive Training in Cognitively Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Effect Modifiers. *PLoS Medicine*, *11*(11) (pagination), ate of Pubaton: 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001756>
- Lecas, J.-C. (1992). *L'attention visuelle: De la conscience aux neurosciences*. P. Mardaga.
- Leclercq, M., & Zimmermann, P. (2002). *Applied Neuropsychology of Attention*. London: Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203307014>
- Lurija, A. R. (1973). *The working brain*. New York, NY: Penguin Books. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=_0hYuAEACAAJ
- Macleod, J. W., Lawrence, M. a, McConnell, M. M., Eskes, G. a, Klein, R. M., & Shore, D. I. (2010). Appraising the ANT: Psychometric and theoretical considerations of the Attention Network Test. *Neuropsychology*, *24*(5), 637–651. <https://doi.org/10.1037/a0019803>
- Marrocco, R. T., & Davidson, M. C. (1998). Neurochemistry of attention.
- McNab, F., Varrone, A., Farde, L., Jucaite, A., Bystritsky, P., Forssberg, H., & Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science*, *323*(5915), 800–802. <https://doi.org/10.1126/science.1166102>
- Mesulam, M.-M. (1990). Large-Scale Neurocognitive Networks and Distributed Processing for Attention, Language, and Memory. *Annual Neurology*, *28*, 597–613. <https://doi.org/10.1002/ana.410280502>
- Mezzacappa, E. (2004). Alerting, orienting, and executive attention: Developmental properties and sociodemographic correlates in an epidemiological sample of young, urban children. *Child Development*, *75*(5), 1373–1386. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2004.00746.x>
- Mishra, J., Anguera, J. A., & Gazzaley, A. (2016). Video Games for Neuro-Cognitive Optimization. *Neuron*, *90*(2), 214–218. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2016.04.010>
- Mishra, J., & Gazzaley, A. (2015). Closed-loop cognition: The next frontier arrives. *Trends in Cognitive Sciences*, *19*(5), 242–243. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2015.03.008>
- Moray, N. (1959). Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *11*(1), 56–60. <https://doi.org/10.1080/17470215908416289>
- Moreau, D., Kirk, I. J., & Waldie, K. E. (2017). High-intensity training enhances executive function in children in a randomized , placebo-controlled trial, 1–26. <https://doi.org/10.7554/eLife.25062>
- Mullane, J. C., Lawrence, M. a, Corkum, P. V, Klein, R. M., & McLaughlin, E. N. (2014). The development of and interaction among alerting, orienting, and executive attention in children. *Child Neuropsychology: A Journal on Normal and Abnormal Development in Childhood and Adolescence*, *7049*(November), 1–22. <https://doi.org/10.1080/09297049.2014.981252>

- Nagai, Y., Critchley, H. D., Featherstone, E., Fenwick, P. B. C., Trimble, M. R., & Dolan, R. J. (2004). Brain activity relating to the contingent negative variation: An fMRI investigation. *NeuroImage*, *21*(4), 1232–1241. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.10.036>
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality: Principles and Implications of Cognitive Psychology*. W. H. Freeman.
- Norman, D. A. (1968). Toward a theory of memory and attention. *Psychological Review*, *75*(6), 522–536. <https://doi.org/10.1037/h0026699>
- Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, *7*(1), 75–79. <https://doi.org/10.1038/nn1165>
- Pauli-Pott, U., & Becker, K. (2015). Time windows matter in ADHD-related developing neuropsychological basic deficits: A comprehensive review and meta-regression analysis. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *55*, 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.04.011>
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The Attention System of the Human Brain: 20 Years After. *Annual Review of Neuroscience*, *35*(1), 73–89. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-062111-150525>
- Portellano Pérez, J. A. (2005). *Cómo desarrollar la inteligencia: entrenamiento neuropsicológico de la atención y las funciones ejecutivas : contiene ejercicios prácticos*. Somos-Psicología. Retrieved from https://books.google.com.mx/books?id=EW_NAQAACAAJ
- Posner, M. I. (2011). *Attention in a Social World*. (R. R. Hassin, Ed.). New York, NY: Oxford University Press.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Control*, *13*(1), 25–42. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.13.1.25>
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007a). *Educating the Human Brain*. American Psychological Association.
- Posner, M. I., & Rothbart, M. K. (2007b). Research on attention networks as a model for the integration of psychological science. *Annual Review of Psychology*, *58*, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085516>
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., Sheese, B. E., & Voelker, P. (2014). Developing Attention: Behavioral and Brain Mechanisms. *Advances in Neuroscience (Hindawi)*, *2014*, 405094. <https://doi.org/10.1155/2014/405094>
- Posner, M. I., Rothbart, M. K., & Tang, Y. Y. (2015). Enhancing attention through training. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *4*, 1–5. <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2014.12.008>
- Posner, M. I., Sheese, B. E., Odludaş, Y., Tang, Y., Odluda, Y., & Tang, Y. (2006). Analyzing and shaping human attentional networks. *Neural Networks*, *19*(9), 1422–1429. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2006.08.004>

- Power, J. D., Fair, D. A., Schlaggar, B. L., & Petersen, S. E. (2010). The Development of Human Functional Brain Networks. *Neuron*, 67(5), 735–748.
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2010.08.017>
- Prins, P. J. M., DAVIS, S., Ponsioen, A., Ten Brink, E., & Van der Oord, S. (2011). Does Computerized Working Memory Training with Game Elements Enhance Motivation and Training Efficacy in Children with ADHD? *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(3), 115–122. <https://doi.org/10.1089/cyber.2009.0206>
- Ramón y Cajal, S. (1995). *Histology of the nervous system of man and vertebrates* (Vol. 1). Oxford University Press, USA.
- Raz, A., & Buhle, J. (2006). Typologies of attentional networks. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 367–79. <https://doi.org/10.1038/nrn1903>
- Rolle, C. E., Voytek, B., & Gazzaley, A. (2015). Exploring the Potential of the iPad and Xbox Kinect for Cognitive Science Research. *Games for Health Journal*, 4(3), 221–4.
<https://doi.org/10.1089/g4h.2014.0094>
- Rosetti, M. F., Gómez-Tello, M. F., Gamaliel, Vi., & Apiquian, R. (2017). A video game for the neuropsychological screening of children. *Entertainment Computing*, 20, 1–9.
- Rossi, A. F., Bichot, N. P., Desimone, R., & Ungerleider, L. G. (2007). Top down attentional deficits in macaques with lesions of lateral prefrontal cortex. *The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience*, 27(42), 11306–11314.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2939-07.2007>
- Rothbart, M. K. (2011). *Becoming Who We Are: Temperament and Personality in Development*. Guilford Publications.
- Rothbart, M. K., & Posner, M. I. (2015). The developing brain in a multitasking world. *Developmental Review*, 35, 42–63. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2014.12.006>
- Rueda, M. R., Checa, P., & Cómbita, L. M. (2012). Enhanced efficiency of the executive attention network after training in preschool children: Immediate changes and effects after two months. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 2(SUPPL. 1), S192–S204.
<https://doi.org/10.1016/j.dcn.2011.09.004>
- Rueda, M. R., Checa, P., & Rothbart, M. K. (2010). Contributions of attentional control to socioemotional and academic development. *Early Education & Development*, 21(5), 744–764.
<https://doi.org/10.1080/10409289.2010.510055>
- Rueda, M. R., Conejero, A., & Guerra, S. (2016). Educar la atención desde la neurociencia. *Revista de Investigación Educativa Latinoamericana*, 53(1), 1–16.
<https://doi.org/10.7764/PEL.53.1.2016.3>
- Rueda, M. R., Fan, J., McCandliss, B. D., Halparin, J. D., Gruber, D. B., Lercari, L. P., & Posner, M. I. (2004). Development of attentional networks in childhood. *Neuropsychologia*, 42(8), 1029–1040. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2003.12.012>
- Rueda, M. R., & Posner, M. I. (2013). *Development of Attention Networks. The Oxford Handbook of*

- Developmental Psychology, Vol. 1: Body and Mind* (Vol. 1).
<https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199988693.013.0015>
- Rueda, M. R., Rothbart, M. K., McCandliss, B. D., Saccomanno, L., & Posner, M. I. (2005). Training, maturation, and genetic influences on the development of executive attention. *The National Academy of Sciences, 102*(2), 2–7. <https://doi.org/10.1073/pnas.0506897102>
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). Working memory training in typically developing children: A meta-analysis of the available evidence. *Developmental Psychology, 53*(4), 671–685.
<https://doi.org/10.1037/dev0000265>
- Schafer, R. J., & Moore, T. (2007). Attention Governs Action in the Primate Frontal Eye Field. *Neuron, 56*(3), 541–551. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2007.09.029>
- Shaw, R., Grayson, A., & Lewis, V. (2005). Inhibition, ADHD, and computer games: the inhibitory performance of children with ADHD on computerized tasks and games. *Journal of Attention Disorders, 8*(4), 160–168. <https://doi.org/10.1177/1087054705278771>
- Smith, C. D., & Scarf, D. (2017). Spacing repetitions over long timescales: A review and a reconsolidation explanation. *Frontiers in Psychology, 8*(JUN), 1–17.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00962>
- Smith, G. E., Housen, P., Yaffe, K., Ruff, R., Kennison, R. F., Mahncke, H. W., & Zelinski, E. M. (2009). A cognitive training program based on principles of brain plasticity: Results from the improvement in memory with plasticity-based adaptive cognitive training (IMPACT) study. *Journal of the American Geriatrics Society, 57*(4), 594–603.
<https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.02167.x>
- Sohlberg, M. M., Avery, J., Kennedy, M., Ylvisaker, M., Coelho, C., Turkstra, L., & Yorkston, K. (2003). Practice guidelines for direct attention training. *Journal of Medical Speech-Language Pathology, 11*(3), xix–xxxix. <https://doi.org/10.1037/t00741-000>.
- Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (2001). *Cognitive Rehabilitation: An Integrative Neuropsychological Approach*. Guilford Publications. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=ddeYbfy5Ue8C>
- Steiner, N. J., Frenette, E. C., Rene, K. M., Brennan, R. T., & Perrin, E. C. (2014). Neurofeedback and cognitive attention training for children with attention-deficit hyperactivity disorder in schools. *Journal of Developmental & Behavioral Pediatrics, 35*(1), 18–27. <https://doi.org/10.1097/DBP.0000000000000009>
- Tang, Y. Y., & Posner, M. I. (2009). Attention training and attention state training. *Trends in Cognitive Sciences, 13*(5), 222–227. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2009.01.009>
- Thorell, L. B., Lindqvist, S., Nutley, S. B., Bohlin, G., & Klingberg, T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science, 12*(1), 106–113. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00745.x>
- Treisman, A. M. (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 12*(4), 242–248. <https://doi.org/10.1080/17470216008416732>

- Underwood, G. (1974). Moray vs. the rest: The effects of extended shadowing practice. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 26(3), 368–372.
<https://doi.org/10.1080/14640747408400426>
- Voss, M. W., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Boot, W. R., Basak, C., Neider, M. B., ... Kramer, A. F. (2012). Effects of training strategies implemented in a complex videogame on functional connectivity of attentional networks. *NeuroImage*, 59(1), 138–148.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.03.052>
- Wang, Y. F., Cui, Q., Liu, F., Huo, Y. J., Lu, F. M., Chen, H., & Chen, H. F. (2014). A new method for computing attention network scores and relationships between attention networks. *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089733>
- Wang, Z., Zhou, R., & Shah, P. (2014). Spaced cognitive training promotes training transfer. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8(April), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00217>
- Wass, S. V., Scerif, G., & Johnson, M. H. (2012). Training attentional control and working memory - Is younger, better? *Developmental Review*, 32(4), 360–387.
<https://doi.org/10.1016/j.dr.2012.07.001>
- Xuan, B., Mackie, M. A., Spagna, A., Wu, T., Tian, Y., Hof, P. R., & Fan, J. (2016). The activation of interactive attentional networks. *NeuroImage*, 129, 308–319.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.01.017>

12. Índice de tablas

<i>Tabla 1. Áreas cerebrales con activación disminuida y aumentada en pacientes con TDAH y su relación con la red de atención visoespacial.</i>	32
Tabla 2. Índices de confiabilidad y varianza del ANT obtenidos de MacLeod et al. 2010	35
Tabla 3. Correlación entre redes	37
<i>Tabla 4. Puntajes obtenidos del estudio de ANT en niños y adultos, adaptado de Rueda et al. 2004</i>	39
<i>Tabla 5. Comparación entre los tres entrenamientos estudiados</i>	55
<i>Tabla 6. Descripción de los niveles del ejercicio "Árbol musical"</i>	58
<i>Tabla 7. Descripción de los niveles del ejercicio "Recolección del tesoro"</i>	60
<i>Tabla 8. Descripción de los niveles del ejercicio "El show de las siluetas"</i>	61
<i>Tabla 9. Descripción de los niveles del ejercicio "Arena mágica"</i>	63
<i>Tabla 10. Descripción de los niveles del ejercicio "Changos traviesos"</i>	66
<i>Tabla 11. Casos eliminados del análisis</i>	73
<i>Tabla 12. Casos incluidos con evaluaciones faltantes</i>	73
<i>Tabla 13. Número de participantes y edades por grupo</i>	74
<i>Tabla 14. Medias de TR en milisegundos y error estándar (ee) para cada condición para el cálculo del efecto de alerta en el grupo experimental de 2º</i>	79
<i>Tabla 15. Media de los TR en milisegundos y error estándar (e.e.) de los ensayos con "señal espacial" y "señal central" de los grupos de 2º.</i>	83
<i>Tabla 16. Medias y errores estándar (ee) de los TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo experimental de 1º</i>	87
<i>Tabla 17. Medias y errores estándar (ee) de los TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo experimental de 2º</i>	87
<i>Tabla 18. Medias y errores estándar (ee) de los TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo control de 2º</i>	88
<i>Tabla 19. Cálculo de los efectos del ANT-R (obtenida de Xuan et al. 2016)</i>	115
<i>Tabla 20. Pruebas que comprenden la batería Towi y su relación con las baterías NEUROPSI y BANFE</i>	127
<i>Tabla 21. Estadísticos descriptivos de la edad y años cursados por grupo</i>	140
<i>Tabla 22. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Alerta del grupo control y experimental de 1º</i>	145

<i>Tabla 23. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Alerta del grupo control y experimental de 2º</i>	146
<i>Tabla 24. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Alerta del grupo control y experimental de 3º</i>	148
<i>Tabla 25. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Orientación del grupo control y experimental de 1º</i>	151
<i>Tabla 26. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Orientación del grupo control y experimental de 2º</i>	153
<i>Tabla 27. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Orientación del grupo control y experimental de 3º</i>	155
<i>Tabla 28. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Control Ejecutivo del grupo control y experimental de 1º</i>	158
<i>Tabla 29. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Control Ejecutivo del grupo control y experimental de 2º</i>	160
<i>Tabla 30. Estadísticos descriptivos y supuestos de normalidad del efecto de Control Ejecutivo del grupo control y experimental de 3º</i>	162
<i>Tabla 31. Estadísticos descriptivos de la Precisión del grupo control y experimental de 1º</i>	164
<i>Tabla 32. Estadísticos descriptivos de la Precisión del grupo control y experimental de 2º</i>	165
<i>Tabla 33. Estadísticos descriptivos de la Precisión del grupo control y experimental de 3º</i>	166

13. Índice de Figuras

<i>Figura 1. Modelo de red de gran escala de la atención dirigida. Adaptado de Mesulam, 1990.</i>	20
Figura 2. Anatomía inicial de las tres redes atencionales (adaptada de Posner y Rothbart 2007)	22
<i>Figura 3. Tarea de flancos. La flecha objetivo se encuentra en el centro, se presenta en dos condiciones, ya sea rodeada de flancos congruentes (segundo cuadro) o incongruentes (último cuadro)</i>	25
Figura 4. Sistema ventral y dorsal de la red de orientación (adaptada de Petersen & Posner, 2012).	26
<i>Figura 5. Diseño del ANT original (obtenido de Fan et al. 2002), a) las cuatro condiciones de señal de alerta y espacial b) los seis diseños que se utilizan: neutral, flancos congruentes y flancos incongruentes, c) ejemplo del diseño de un ejercicio.</i>	34
<i>Figura 6. Estructura del ANT para niños. Imagen adaptada de Rueda et al. 2004</i>	38
<i>Figura 7. Efecto del factor Medición en la red de Alerta para 1º (izquierda), 2º (derecha) y 3º(inferior)</i>	78
<i>Figura 8. TR para los ensayos con doble señal y sin señal del grupo experimental de 2º durante el pre-test y el post-test</i>	79
<i>Figura 9. Efecto del factor Grado para la red de Alerta en los grupos Control</i>	80
<i>Figura 10. Efecto del factor Grado para la red de Alerta en el grupo experimental</i>	80
<i>Figura 11. Efecto de Orientación del grupo control y experimental de 2º durante las 3 mediciones</i>	82
<i>Figura 12. Efecto de Orientación del grupo experimental y control de 1º y 3º durante las 3 mediciones.</i>	82
<i>Figura 13. TR de los ensayos con señal espacial y central de 2º durante el pre-test y post-test</i>	83
<i>Figura 14. Efecto del factor Grado para la red de Orientación en los grupos control</i>	84
<i>Figura 15. Efecto de Control Ejecutivo en el grupo control y experimental de 1º en las 3 mediciones.</i>	86
<i>Figura 16. Efecto de Control Ejecutivo en el grupo control y experimental de 2º y 3º durante las 3 mediciones</i>	86
<i>Figura 17. TR de los ensayos congruentes e incongruentes de 1º experimental durante el pre-test y post-test</i>	87
<i>Figura 18. TR de los ensayos congruentes e incongruentes de 2º experimental durante el pre-test y post-test</i>	88
<i>Figura 19. TR de los ensayos congruentes e incongruentes del grupo control de 2º durante el pre-test y el seguimiento</i>	89
<i>Figura 20. Precisión del grupo control y experimental de 2º en las tres mediciones</i>	91
<i>Figura 21. Precisión del grupo control y experimental de 3º y 1º en las tres mediciones</i>	92
<i>Figura 22. Precisión de la respuesta por grado</i>	92

<i>Figura 23. Objetos recordados en orden regresivo de la Prueba Empacar a lo largo de las tres mediciones</i>	94
<i>Figura 24. Media del tiempo de ejecución de los laberintos durante las tres mediciones.</i>	96
<i>Figura 25. Caminos sin salida y cruces en el grupo control y experimental durante las tres mediciones</i>	97
<i>Figura 26. Media de respuestas correctas (derecha) e incorrectas (izquierda) de la Prueba Sala de espera, para el grupo control y experimental en las tres mediciones</i>	98
<i>Figura 27. Media de respuestas correctas para la Prueba Volar el avión durante las tres mediciones</i>	100
<i>Figura 28. Media del tiempo total de ejecución de la Prueba Volar el avión durante las tres mediciones</i>	100
<i>Figura 29. Tiempo de ejecución de la prueba "Recoger monedas"</i>	102
<i>Figura 30. Respuestas correctas e intrusiones de la prueba "Desempacar"</i>	103
<i>Figura 31. Respuestas correctas de la prueba "Acomodar el cuarto"</i>	104
Figura 32. Estructura del ANT modificado para RMf (obtenido de Fan et al. 2005)	113
Figura 33. Diseño del ANT-R (obtenido de Fan et al. 2009)	115
Figura 34. Programa de diseño mixto de seis bloques para medir las tres redes y la relación entre redes (obtenida de Wang et al. 2015)	118
<i>Figura 35. Entorno virtual del AttentionTrip</i>	120
<i>Figura 36. Frecuencia de días de videojuegos por semana en la muestra total (izquierda) y por grupo (derecha)</i>	141
<i>Figura 37. Frecuencia de la duración de las sesiones de videojuego en consola en la muestra de niños que sí utilizan los videojuegos</i>	142
<i>Figura 38. Frecuencia de días por semana de juego en Tablet o Smartphone (izquierda) y duración de las sesiones de juego entre semana y los fines de semana de la muestra de niños que sí utiliza estos dispositivos(derecha)</i>	143
<i>Figura 39. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Alerta para el grupo control y experimental de 1º</i>	146
<i>Figura 40. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Alerta para el grupo control y experimental de 2º</i>	148
<i>Figura 41. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Alerta para el grupo control y experimental de 3º</i>	150
<i>Figura 42. Diagramas de caja y bigote para el efecto de alerta durante el pre-test, post-test y seguimiento</i>	150
<i>Figura 43. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Orientación para el grupo control y experimental de 1º</i>	153
<i>Figura 44. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Orientación para el grupo control y experimental de 2º.</i>	155
<i>Figura 45. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Orientación para el grupo control y experimental de 3º.</i>	157
<i>Figura 46. Diagramas de caja y bigote para el efecto de Orientación durante el pre-test, post-test y seguimiento.</i>	157
	179

Figura 47. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Control Ejecutivo para el grupo control y experimental de 1º _____ 160

Figura 48. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Control Ejecutivo para el grupo control y experimental de 2º _____ 162

Figura 49. Histogramas y Q-Q plots del efecto de Control Ejecutivo para el grupo control y experimental de 3º _____ 164

Figura 50. Histogramas de la Precisión de la respuesta para el grupo control y experimental de 1º _____ 165

Figura 51. Histogramas de la Precisión de la respuesta para el grupo control y experimental de 2º _____ 166

Figura 52. Histogramas de la Precisión de la respuesta para el grupo control y experimental de 3º _____ 167