

Transferencia y Permanencia del Entrenamiento Cognitivo en la Inteligencia Fluida y en la Memoria de Trabajo Verbal. por Marcelo Panza Lombardo

Se distribuye bajo una licencia Creative Commons - Atribución - No comercial - Sin obra derivada - 4.0 Internacional.



TESIS DOCTORAL:

Transferencia y Permanencia del  
Entrenamiento Cognitivo en la  
Inteligencia Fluida y en la Memoria  
de Trabajo Verbal.

Universidad de Palermo

Facultad de Psicología

Director de Tesis: Dra. Dilma Cubilla Moreno

Doctorando: Ps. Marcelo Andrés Panza Lombardo

2012

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco:

A la directora de esta Tesis Doctoral, Dra. Dilma Cubilla, por todo.

A la Licenciada en Psicología Olivia Gamarra, por el apoyo imprescindible en el arduo proceso de la investigación científica, sin el cual, esta tesis no podría haberse concluido.

A la Profesora Guillermina Isern, por sus consejos y enseñanzas en el plano estadístico.

Al Magister Guido Bernardo Alarcón, y al Centro de Estudios, Tecnología e Investigación (CETI), de Ciudad del Este, por todo el apoyo brindado.

A Pablo Panza, por la elaboración del gráfico explicativo de la tarea *dual n-back*.

A los participantes, sin los cuales esta investigación no existiría.

Al director del Doctorado de la Universidad de Palermo, Dr. Alejandro Castro Solano, por toda su ayuda.

A la Ps. Mirtha Granero y a la Ps. Graciela Bragagnolo, por enseñarme y enseñar que la Psicología es una Ciencia.

A mi familia, de la cual recibí las más grandes, profundas e indelebles enseñanzas, y a la cual le debo todo.

“If you can dream-and not make dreams your master;  
If you can think-and not make thoughts your aim,  
If you can meet with Triumph and Disaster  
And treat those two impostors just the same:  
If you can bear to hear the truth you've spoken  
Twisted by knaves to make a trap for fools,  
Or watch the things you gave your life to, broken,  
And stoop and build'em up with worn-out tools”

If,

Rudyard Kipling

“No debo buscar mi dignidad en el espacio, sino en el gobierno de mi pensamiento.  
No tendré más aunque posea mundos. Si fuera por el espacio, el universo me rodearía y se me tragaría como un átomo; pero por el pensamiento yo abrazo al mundo.”

Pensamientos,

Blaise Pascal

“¡No! Nadie es fuerte ni sube,  
a pesar de los fracasos,  
si jamás tendió sus brazos,  
para asirse de una nube.”

Milongas Clásicas,  
Almafuerte.

“Comprendió que un destino no es mejor que otro, pero que todo hombre debe acatar el que lleva dentro”

Biografía de Tadeo Isidoro Cruz,

Jorge Luí's Borges.

“Entender es relacionar, encontrar la unidad bajo la diversidad. Un acto de inteligencia es darse cuenta de que la caída de una manzana y el movimiento de la luna, que no cae, están regidos por la misma ley”.

Uno y el universo,

Ernesto Sabato.

# CONTENIDOS

## AGRADECIMIENTOS

RESUMEN .....	1
---------------	---

## CAPITULOS

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2. PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>8</b>
3.1. General .....	8
3.2. Específicos.....	8
<b>4. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. Inteligencia fluida.....</b>	<b>9</b>
4.1.1. Concepto y componentes.....	9
4.1.2. Relaciones entre el factor general y la inteligencia fluida.....	11
4.1.3. Correlatos neurológicos de la inteligencia fluida .....	12
4.1.4. Heredabilidad .....	21
4.1.5. Factores ambientales .....	24
4.1.6. Rendimiento Académico, Laboral e Ingresos.....	24
4.1.7. Desarrollo .....	25
4.1.8. Relaciones .....	26
4.1.9. Diferencias entre sexos.....	27
4.1.10. Diferencias entre grupos.....	28

<b>4.2. Memoria de trabajo</b> .....	29
4.2.1. Concepto y componentes.....	29
4.2.2. Capacidad .....	34
4.2.3. Duración .....	36
4.2.4. Localización .....	38
4.2.5. Heredabilidad .....	39
4.2.6. Desarrollo .....	40
4.2.7. Memoria de Trabajo y Éxito Académico .....	41
<b>4.3. Relaciones entre inteligencia fluida y memoria de trabajo</b> .....	43
<b>4.4. Modificación de la inteligencia fluida</b> .....	50
4.4.1. Inteligencia y escolaridad.....	52
4.4.2. Efecto Flynn .....	55
4.4.3. Efectos del entrenamiento cognitivo en la inteligencia fluida.....	68
4.4.3.1. Transferencia y Permanencia.....	68
4.4.3.2. Adultos mayores .....	68
4.4.3.3. Niños.....	73
4.4.3.4. Entrenamiento de la memoria de trabajo .....	75

<b>4.5. Efectos del entrenamiento cognitivo en la memoria de trabajo.....</b>	<b>86</b>
4.5.1. Participantes con psicopatologías.....	87
4.5.2. Participantes con patologías neurológicas.....	89
4.5.3. Participantes adultos-jóvenes .....	89
4.5.4. Adultos Mayores .....	91
4.5.5. Bases neurológicas .....	92
<b>4.6. Recapitulación.....</b>	<b>94</b>
<b>5. HIPÓTESIS.....</b>	<b>96</b>
<b>6. MÉTODO .....</b>	<b>98</b>
<b>6.1. Experimento 1.....</b>	<b>98</b>
6.1.1. Participantes.....	98
6.1.2. Instrumentos.....	108
6.1.2.1. Medición de la inteligencia fluida.....	108
6.1.2.2. Medición de la memoria de trabajo verbal.....	109
6.1.3. Diseño.....	115
6.1.4. Procedimientos.....	115
6.1.5. Análisis de datos .....	117
6.1.6. Resultados.....	117
6.1.7. Discusión.....	130
<b>6.2. Experimento 2.....</b>	<b>131</b>
6.2.1. Participantes.....	132

6.2.2. Instrumentos.....	132
6.2.3. Diseño.....	132
6.2.4. Procedimientos.....	133
6.2.5. Análisis de datos.....	133
6.2.6. Resultados.....	134
6.2.7. Discusión.....	146
<b>6.3. Experimento 3.....</b>	<b>147</b>
6.3.1. Participantes.....	148
6.3.2 Instrumentos.....	148
6.3.3. Diseño.....	148
6.3.4. Procedimientos.....	149
6.3.5. Análisis de datos.....	150
6.3.6. Resultados.....	150
6.3.7. Discusión.....	184
<b>6.4. Experimento 4.....</b>	<b>186</b>
6.4.1. Participantes.....	187
6.4.2 Instrumentos.....	187
6.4.3. Diseño.....	187
6.4.4. Procedimientos.....	188
6.4.5. Análisis de datos.....	188
6.4.6. Resultados.....	189
6.4.7. Discusión.....	219
<b>6.5. Validación de instrumentos.....</b>	<b>221</b>

**7. DISCUSIÓN** ..... 228

**8. REFERENCIAS** ..... 240

**APÉNDICE A-** Extracto de programa de entrenamiento

para el grupo control activo .....284

TRANSFERENCIA Y PERMANENCIA DEL ENTRENAMIENTO COGNITIVO  
EN LA INTELIGENCIA FLUIDA Y EN LA MEMORIA DE TRABAJO VERBAL

RESUMEN

*La finalidad de la presente tesis fue constatar efectos de transferencia y permanencia en la memoria de trabajo verbal y en la inteligencia fluida, a partir del entrenamiento en el programa dual n-back. Para tal fin se contó con una muestra de 80 estudiantes universitarios de Psicología de la Universidad Nacional del Este. Se efectuaron 4 experimentos. En el primero, se evaluó la diferencia intra-grupo en el entrenamiento dual n-back luego de 25 sesiones, y extra-grupo, comparando los resultados con los del grupo control activo. Se obtuvieron aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal sólo en el grupo experimental, y tales diferencias fueron estadísticamente significativas. En el segundo experimento se compararon los efectos del entrenamiento en el programa dual n-back luego de 100 sesiones. Se obtuvieron aumentos en el grupo experimental, y diferencias estadísticamente significativas cuando se lo comparó con el grupo control, activo por 25 sesiones y pasivo por 75. El tercer experimento evaluó el efecto de 25, 50, 75 y 100 sesiones de entrenamiento. Se obtuvieron diferencias significativas en el grupo experimental, sugiriendo que a mayor cantidad de sesiones se producen mayores aumentos. A su vez, se obtuvieron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control. El último experimento consistió en medir la permanencia de los efectos del entrenamiento, a los 1, 2, 4, y 6 meses de terminado el mismo. Los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo se mantuvieron constantes en el grupo experimental. A su vez, se mantuvieron las diferencias entre*

*el grupo experimental y el grupo control. De esta tesis se concluye: a) La utilidad del programa dual n-back para aumentar la inteligencia fluida y la memoria de trabajo. b) La importancia de la cantidad de sesiones en los aumentos a lograr. c) La transferencia cercana del entrenamiento en el Test de Amplitud de Dígitos y en la Prueba de Amplitud Lectora. d) La transferencia lejana, hacia la inteligencia fluida. d) La permanencia de los efectos obtenidos por seis meses.*

Palabras clave: *dual n-back*, inteligencia fluida, memoria de trabajo verbal, entrenamiento cognitivo, transferencia, permanencia.

## 1. INTRODUCCIÓN

Existen múltiples teorías acerca de la inteligencia (Spearman, 1904, 1927; Thurstone, 1921, 1924; Thorndike, Bergman, Cobb, & Woodyard, 1926; Vernon, 1950; Cattell, 1963; Guilford, 1981; Gardner, 1983; Sternberg, 1985; Carroll, 1993). En un análisis acerca de la inteligencia en la investigación psicológica, Legg & Hutter (2007), reportan 70 definiciones contemporáneas. A su vez, existen numerosas polémicas con respecto al concepto y sus relaciones con aspectos biológicos y sociales (Sternberg, 1990; Neisser et al., 1996; Hunt, 2011; Nisbett et al., 2012).

No obstante, la inteligencia fluida (Cattell, 1941; 1963; Horn & Cattell, 1966) es un concepto que posee una fuerte fundamentación psicométrica, neurológica y predictiva. Desde la psicometría, el análisis más extenso realizado hasta la fecha, a

partir de 477 bases de datos, sustenta la existencia del concepto (Carroll, 1993). Por parte de la neurología, existen numerosas investigaciones que han establecido correlatos neurológicos de la inteligencia fluida (Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover, & Gabrieli, 1997; Duncan, et al., 2000; Gray, Chabris, & Braver, 2003; Geake, & Hansen, 2005; Lee et al., 2006; Jung, & Haier, 2007; Burgess, Gray, Conway & Braver, 2011; Geiger et al., 2011). Por último, existen evidencias para considerar a la inteligencia fluida como la medida más fiable para la predicción del rendimiento académico y laboral (Gottfredson, 2002; Geary, 2005; Deary, Strand, Smith, & Fernandes, 2007; Rohde, & Thompson, 2007).

Se han presentado numerosas investigaciones que relacionan a la inteligencia fluida con la memoria de trabajo (Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Colom, Flores-Mendoza, & Rebollo, 2003; Ackerman, Beier, & Boyle, 2005; Kane, Conway, & Hambrick, 2005; Burgess, Gray, Conway, & Braver, 2011; Martínez et al. 2011). La inteligencia fluida se ha definido conceptualmente como la habilidad de razonamiento lógico abstracto (Horn, & Cattell, 1966; Cattell, 1971; Carroll, 1993), y la memoria de trabajo, como el proceso que permite el mantenimiento y la manipulación temporal de la información durante la actividad cognitiva (Baddeley, & Hitch, 1974; Baddeley, 1986, 2000, 2002, 2003). Por lo tanto, teóricamente se puede deducir que para razonar de manera abstracta y lógica la mente necesita adquirir y mantener las unidades de información, por consiguiente es probable que la memoria de trabajo y la inteligencia fluida estén relacionadas (Engle, 2002). En términos empíricos, las medidas de memoria de trabajo generalmente poseen altas correlaciones con las de inteligencia (Stauffer, Ree, & Carreta, 1996; Kane, Conway, & Hambrick, 2005; Yuan, Steedle, Shavelson, Alonzo, & Oppezzo, 2006), y se han identificado mecanismos neurológicos comunes para ambos constructos (Burgess et

al., 2011). La relación entre ambos conceptos es tan fuerte, que incluso algunos investigadores han postulado su isomorfía (Martínez et al., 2011).

Un aspecto común en ambos conceptos es su alta dependencia del desarrollo físico, así, tanto la inteligencia fluida como la memoria de trabajo alcanzan sus niveles máximos en la adultez temprana, para luego decaer progresivamente, siendo afectadas por los procesos del envejecimiento (Horn, 1972a; 1972b; Kaufman, Kaufman-Packer, Mc Lean, & Reynolds, 1991; Salthouse, & Babcock, 1991; Burín, & Duarte, 2005; Lee, Lyoo, Kim, Jang, & Lee, 2005; Hale et al., 2011; Reuben, Brickman, Muraskin, Steffener, & Stern, 2011; Fiore, Borella, Mammarella, & De Beni, 2012). Estos fenómenos bien establecidos sugieren que los dos mecanismos sólo pueden sufrir modificaciones provocadas por los cambios en el desarrollo orgánico, y que son inmodificables por las influencias ambientales (Horn, 1972b; Cowan, 2001).

Sin embargo, múltiples programas de entrenamiento cognitivo han reportado resultados positivos en el aumento de la inteligencia fluida (Hornblum, & Overton, 1976; Plemons, Willis, & Baltes, 1978; Willis, Blieszner, & Baltes, 1981; Campbell, & Ramey, 1994; Klauer, Willmes, & Phye, 2002; Kramer, & Willis, 2002; Schellenberg, 2004; Basak, Boot, Voss, & Kramer, 2008; Stine-Morrow, Parisi, Morrow, & Park, 2008; Tranter, & Koutstaal, 2008), y de la memoria de trabajo (Klingberg et al., 2005; Dahlin, Nyberg, Bäckman, & Neely, 2008; Holmes, Gathercole, & Dunning, 2009; Buschkuhl, et al., 2008; Borella, Carretti, Riboldi & De Beni, 2010; Holmes et al., 2010; Richmond, Morrison, Chein, & Olson, 2011).

Una investigación que abarcó ambos mecanismos fue la de Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Perrig (2008). Mediante 8, 12, 17 y 19 sesiones de entrenamiento de la

memoria de trabajo con un programa diseñado con el criterio *dual n-back*, lograron aumentar los niveles de inteligencia fluida y los niveles de memoria de trabajo verbal en el Test de Amplitud de Dígitos. En una investigación posterior, Jaeggi et al. (2010), lograron elevar los niveles de inteligencia fluida utilizando los criterios del programa *dual n-back*, y también un programa simplificado *single n-back*, por medio de 20 sesiones de entrenamiento. Sin embargo, en esta investigación los autores no pudieron lograr aumentos en los niveles de memoria de trabajo.

Ante el primer resultado, Sternberg (2008) fue optimista, declarando que la inteligencia fluida finalmente podía modificarse, si bien advirtió que restaban múltiples interrogantes por aclarar.

Sin embargo, existen fuertes reparos metodológicos a tener en cuenta para interpretar los datos. En primer lugar, los autores utilizaron versiones acortadas en el tiempo del Test de Matrices Progresivas de Raven, y del BOMAT, restándole validez a las medidas de inteligencia fluida (Mody, 2009). En segundo lugar, los resultados pueden deberse al efecto Hawthorne y/o a la respuesta a la demanda, ya que no se utilizaron grupos de control activos (Shipstead, Redick, & Engle, 2010).

Teniendo en cuenta sólo la segunda de las críticas, los autores realizaron una tercera investigación, con grupo de control activo, y una adaptación del programa *single n-back*, utilizando como participantes a niños. Sólo se obtuvieron resultados en la parte del grupo experimental que logró los mayores rendimientos en la tarea experimental de entrenamiento. Esos resultados se mantuvieron luego de un seguimiento efectuado a los 3 meses. Sin embargo, nuevamente utilizaron versiones acortadas de los instrumentos (Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Shah, 2011).

En el estado actual de la temática no puede asegurarse que el entrenamiento en el programa *dual n-back* aumente la inteligencia fluida y la memoria de trabajo, es necesaria la medición con instrumentos utilizados de la misma manera en que han sido validados, y a su vez, aún se carecen de evidencias con respecto a la utilización de grupo control activo en adultos. Cuando se utilizó el grupo control activo con niños, los autores no pudieron replicar sus resultados en la totalidad del grupo experimental. Este hecho informa acerca de la necesidad de implementar este tipo de control.

A su vez, se desconocen los efectos del entrenamiento mediante el programa *dual n-back* por más de 20 sesiones, también se desconoce la permanencia de los efectos del entrenamiento en adultos. Si bien, los resultados iniciales de Jaeggi et al. (2008), sugieren que a más sesiones se logran mayores resultados, esto no se ha reportado en la última investigación (Jaeggi et al., 2011). Otro aspecto que no se ha estudiado aún es el efecto del entrenamiento con 2 sesiones diarias. Por último, no está claro el efecto que produce el entrenamiento *dual n-back* en la memoria de trabajo. La presente tesis tiene por fin ser un aporte ante los mencionados interrogantes.

En el experimento 1 se comparó el efecto de 25 sesiones de entrenamiento en el software *dual n-back* en el grupo experimental, y el entrenamiento en estrategias para la resolución de operaciones aritméticas en el grupo control activo, teniendo en cuenta las críticas metodológicas señaladas por Shipstead, Redick, & Engle, (2010).

En el experimento 2 se compararon los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo en un grupo entrenado por 100 sesiones con el programa *dual n-back*, y en el grupo control activo por 25 sesiones, y pasivo el resto de las sesiones.

En el experimento 3 se compararon los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo entre el grupo experimental y el grupo control luego de 25, 50, 75 y 100 sesiones de entrenamiento en el grupo experimental.

En el experimento 4 se compararon los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo del grupo experimental y del control, a partir del paso de 1 mes, 2 meses, 4 meses y 6 meses. La finalidad del experimento fue la de conocer la permanencia de tales efectos.

Para cada una de las variables dependientes se utilizaron dos instrumentos de medición en su forma completa, y administrados como fueron validados, para evitar pertinentes críticas metodológicas (Mody, 2009). Es necesario destacar que se debieron validar los instrumentos, ya que se carecían de validaciones de los mismos en el Paraguay.

Con respecto a la muestra, la misma consistió en 80 participantes, alumnos de Psicología de la Universidad Nacional del Este, de Ciudad del Este, Paraguay.

## **2. PROBLEMAS DE LA INVESTIGACIÓN**

1. ¿El entrenamiento en el programa *dual n-back* produce aumentos la inteligencia fluida y la memoria de trabajo verbal?
2. ¿Qué efecto tiene la cantidad de sesiones de entrenamiento con el programa *dual n-back* en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal?

3. ¿Se mantienen los efectos del entrenamiento *dual n-back* en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal luego de 1, 2, 4, y 6 meses de finalizado el entrenamiento?

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### 3.1. General

El objetivo de la investigación consiste en saber cuál es el efecto del entrenamiento *dual n-back* en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal. Se pretende conocer también si existe una proporcionalidad entre las sesiones de entrenamiento y la variación de los niveles de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal. A su vez, se procura determinar qué efecto posee el cese del entrenamiento en los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal.

#### 3.2. Específicos

1. Conocer el efecto del entrenamiento *dual n-back* en la inteligencia fluida.
2. Determinar el efecto del entrenamiento *dual n-back* en la memoria de trabajo verbal.
3. Conocer el efecto que produce el número de sesiones de entrenamiento en los niveles de inteligencia fluida.

4. Conocer el efecto que produce el número de sesiones de entrenamiento en los niveles de memoria de trabajo verbal.
5. Precisar el efecto del cese del entrenamiento en los niveles de inteligencia fluida luego de 1, 2, 4, y 6 meses.
6. Determinar el efecto del cese del entrenamiento en los niveles de la memoria de trabajo verbal luego de 1, 2, 4 y 6 meses.

## **4. MARCO TEÓRICO**

### **4.1. Inteligencia fluida**

#### 4.1.1 Concepto y componentes

Cattell, (1943), y Horn & Cattell, (1966) consideran que es posible identificar dos grandes factores de la inteligencia, que se diferencian en su origen, función y desarrollo: La inteligencia fluida y la inteligencia cristalizada. Debido a que el segundo concepto no está implicado en la presente tesis, no será expuesto.

La inteligencia fluida se define conceptualmente como la habilidad de razonamiento lógico, la cual incluye el análisis, identificación, e inducción a partir de las unidades de información provenientes del medio. La inteligencia fluida permite la identificación de patrones lógicos y la resolución de problemas novedosos (Horn, & Cattell, 1966; Cattell, 1971).

A partir de un análisis factorial exploratorio de 477 conjuntos de bases de datos, Carrol (1993) informa que la inteligencia fluida está integrada por los siguientes factores:

1. Inducción: Estrategias especializadas para examinar las situaciones con la finalidad de extraer de las mismas reglas y generalizaciones.
2. Visualización: Procesos implicados en la distinción y manipulación las unidades de información de índole visuo-espacial.
3. Razonamiento secuencial: Estrategias para el afrontamiento de problemas que impliquen encadenamiento lógico.
4. Razonamiento Cuantitativo: Habilidad para la manipulación de representaciones relativas a cantidades.
5. Fluidez Ideacional: Velocidad para la evocación de ideas relacionadas a temáticas específicas.
6. Relaciones Espaciales: La habilidad para la percepción de patrones espaciales y para la conservación de la orientación espacial.

Sin embargo, también es probable que esté integrada por los siguientes factores, en menor medida: a) Habilidad de aprendizaje. b) Discriminación general del sonido. c) Velocidad perceptual. d) Habilidad de memoria indefinida. e) Aptitud para lenguajes extranjeros. f) Facilidad numérica. g) Amplitud de memoria. h) Flexibilidad de cierre. i) Resistencia a la distorsión auditiva. j) Habilidad de memoria general. k) Conocimiento léxico.

Los datos de Carroll son coincidentes con los de Horn (1972a, 1972b) con respecto a la inducción, la amplitud de memoria y las relaciones espaciales.

Según la teoría de los tres estratos de Carroll (1993), la cual separa las habilidades cognitivas por su generalidad, la inteligencia fluida integra el segundo estrato, siendo el tercer estrato integrado por la inteligencia general, y el primero integrado por habilidades cognitivas más específicas.

### 3.1.2. Relaciones entre el factor general y la inteligencia fluida.

Las relaciones entre la inteligencia fluida y la inteligencia general son aún motivo de polémica, la misma, según el autor de esta tesis, radica en la dificultad para distinguir conceptualmente y operacionalmente ambos términos.

Spearman (1904, 1923), definió al factor general de inteligencia como la habilidad para la aprensión de relaciones y correlaciones. Si nos atenemos a esta definición conceptual, veremos que coincide, en parte, con la definición de inteligencia fluida, especialmente en lo atinente al factor de inducción. En términos conceptuales tanto la inteligencia general como la inteligencia fluida implican la identificación de relaciones y correlaciones existentes (Spearman, 1923; Cattell, 1943; Carroll, 1993).

La diferencia en lo atinente a la definición operacional también es ambigua, los instrumentos que miden inteligencia general son considerados como medidas fiables de la inteligencia fluida, por ejemplo las series de Matrices Progresivas de Raven (Carroll, 1993; Blair, 2006; Gignac, 2007).

Gustafsson (1984), a partir del análisis factorial, determinó que la correlación entre los dos conceptos era de  $r = 1.00$ . Sin embargo, Carroll (1993) reanalizó sus datos, concluyendo que la relación entre la inteligencia fluida y la cristalizada era de  $r = .71$ . Con lo cual, se establece que la inteligencia general posee mayor saturación y, por consiguiente, mayor participación en todas las tareas cognitivas que la inteligencia fluida, la cual se restringe a los factores especificados por Carroll y expuestos anteriormente.

En una reseña de 97 análisis realizados, Floyd, McGrew, Barry, Rafael, & Rogers, (2009) concluyen que se han obtenido correlaciones entre la inteligencia fluida y la inteligencia general que van de  $.77$  a  $.86$ .

El análisis de 477 conjuntos de datos efectuado por Carroll (1993) apoya la existencia de un factor general, y de la inteligencia fluida como un factor relacionado con el mismo. Análisis menos exhaustivos, pero posteriores, replican estos resultados (Floyd et al., 2009; McGrew, 2009; Keith & Reynolds, 2010).

#### 4.1.3. Correlatos neurológicos de la inteligencia fluida

Existen autores que consideran a la inteligencia fluida como un mero artefacto estadístico, como un producto de instrumentos psicométricos y de análisis de datos estadísticos sin relevancia en el plano empírico y práctico (Gould, 1981; Gardner, 1983; Flynn, 1987; Schönemann, 2005). La inteligencia fluida es una de las variables dependientes de esta investigación, y por consiguiente, es menester justificar su pertinencia. Si la inteligencia fluida realmente fuera un artefacto estadístico sin apoyo empírico, tanto la elección del constructo por parte de esta investigación, como

sus resultados serían irrelevantes. Por lo tanto, es de gran importancia considerar cuáles son los soportes empíricos del concepto inteligencia fluida, y principalmente si existen criterios neurológicos que permitan sustentar la existencia del constructo. Si las medidas psicométricas no poseyeran relación con aspectos cerebrales, se podría afirmar que la inteligencia fluida carece de un basamento empírico, sin embargo esto no es así. No sólo se ha comprobado que ciertas regiones cerebrales se activan durante tareas que miden la inteligencia fluida, sino que también se ha reportado que existen relaciones entre la activación cerebral y las medidas psicométricas del constructo (Gray, Chabris, & Braver, 2003). Las investigaciones que se reseñarán a continuación apoyan la noción de la inteligencia fluida como un mecanismo neurocognitivo.

Prabhakaran, Smith, Desmond, Glover, & Gabrieli (1997), utilizaron la Resonancia Magnética Funcional (fMRI) para determinar las regiones cerebrales que se activaban durante la ejecución del Test de Raven. Identificaron la activación de las regiones de la corteza prefrontal dorsolateral y ventrolateral (BA 6, 9, 44, 45, 46), regiones de la corteza parietal medial y lateral (BA 7, 39, 40), regiones de la corteza temporal (BA 21, 37), y de la corteza occipital (BA 18, 19).

Utilizando la Tomografía de Emisión de Positrones (PET), Duncan, et al. (2000), determinaron la activación de la corteza frontal ventrolateral (BA 45, 47), dorsolateral (BA 6, 46), y anterior izquierda (BA 10/46), para tareas asociadas con la inteligencia fluida.

Geake & Hansen (2005), en tareas de analogías consideradas como de inteligencia fluida, obtuvieron activaciones de la corteza prefrontal anterior (BA 10), dorsolateral (BA 44, 46), y anterior (BA 10), y del lóbulo parietal (BA 7, 40).

En investigaciones efectuadas con niñas y niños, se han reportado activaciones de la corteza prefrontal ventrolateral (BA 6, 44, 45, derechas), y medial (BA 24, 32, derechas), así como parietal (BA 19 derecha), y del lóbulo temporal (BA 21, 22, bilaterales) (Schmithorst, & Holland, 2006).

Las investigaciones sobre las diferencias individuales aportaron mayor sustento al concepto de inteligencia fluida. Gray et al. (2003), utilizaron Resonancia Magnética Funcional (fMRI) para medir las diferencias individuales en participantes que efectuaron el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada, y tareas de memoria de trabajo. Reportaron una fuerte covariación entre las medidas de inteligencia fluida y la activación de la corteza prefrontal dorsal anterior cingulada (BA 46 derecha e izquierda, 44 izquierda, 10 izquierda, 45 derecha, 9 derecha, 24 izquierda) y del cerebelo lateral (Lóbulo IV, derecho). Mientras que también se encontraron estas relaciones en la corteza parietal (BA 40 bilateral, 31 derecha) y temporal (22 bilateral, 39 derecha).

Lee et al. (2006), investigaron las diferencias de activación con la Resonancia Magnética Funcional (fMRI) entre niños superdotados y normales, obteniendo activaciones en la corteza prefrontal ventrolateral (BA 45), dorsolateral (BA 6, 8, 9, 46), y medial (BA 32), y también en la parietal (BA 7, 39, 40), y la occipital (BA 19). La corteza parietal posterior (BA 40/ 7) fue la que más se asoció con las medidas de inteligencia fluida, presentando correlaciones de .71 a .81. Los autores concluyen que las diferencias individuales en la inteligencia fluida pueden deberse a una integración mayor de las áreas fronto-parietales, más que a un reclutamiento de mayor cantidad de zonas cerebrales.

En una reciente investigación, Burgess et al. (2011) identificaron a las áreas de la corteza prefrontal dorsolateral, concretamente al giro frontal (BA 9), y a la corteza inferior parietal (BA 40/7), como las regiones implicadas en la relación entre la inteligencia fluida y la memoria de trabajo.

Efectuando una reseña de 37 investigaciones que relacionaron la inteligencia con datos obtenidos por medio de neuroimágenes, Jung & Haier, (2007), han elaborado el modelo de la integración parieto-temporal (P-FIT), el cual sostiene que existe una integración entre las regiones prefrontales dorsolaterales (BA 6, 9, 10, 45, 46, 47), el lóbulo parietal inferior (BA 39, 40) y superior (BA 7), la corteza cingulada anterior (BA 32), y regiones de los lóbulos temporales (BA 21, 37) y occipitales (BA 18, 19). La integración de estas regiones le brinda sustrato neurológico al fenómeno de la inteligencia general y de la inteligencia fluida.

Gläscher et al. (2009), utilizando una muestra de 241 participantes con lesiones focales en el cerebro, han revelado relaciones significativas entre las lesiones en la corteza prefrontal inferior y la comprensión verbal, en la corteza prefrontal y parietal y la memoria de trabajo, y en la corteza parietal derecha y la organización perceptual, todas estas medidas psicométricas efectuadas con los sub-tests del WAIS.

A partir de una reseña de estudios acerca de la relación entre el grosor cortical y la inteligencia, Deary, Penke, & Johnson (2010), concluyen que existe una correlación positiva entre ambos, especialmente en las áreas de la corteza prefrontal y de los lóbulos temporales.

También se ha investigado la relación existente entre la inteligencia fluida y la tasa metabólica de la glucosa en el cerebro. Mediante estudios con Tomografía de

Emisión de Positrones, se ha determinado una relación inversa entre la utilización de la glucosa y el rendimiento en el Test de Matrices Progresivas de Raven Escala Avanzada, que va de  $-0.71$  a  $-0.84$  (Haier et al., 1988), lo cual supone que la mayor utilización de glucosa reduce la eficiencia cerebral. Estos hallazgos fueron sorprendentes, ya que se sabía que a mayor exigencia cognitiva el cerebro necesita mayores cantidades de glucosa. Lo que se concluye de las investigaciones es que los cerebros más eficientes poseen un gasto metabólico menor, probablemente por conexiones neurales más eficientes (Haier, Siegel, Tang, Abel, & Buchsbaum, 1992).

Se han obtenido evidencias acerca de una relación similar, pero en las ondas eléctricas cerebrales, utilizando el Electroencefalograma (EEG). A mayor rendimiento en la inteligencia fluida menor desincronización relativa al evento (ERD), con lo cual los autores concluyen que la eficiencia neurológica implica menores activaciones eléctricas, lo que se conoce como la hipótesis de la eficiencia neuronal (Neubauer, Fink, & Schrausser, 2002; Neubauer & Fink, 2003, 2009; Langer et al., 2011), también se ha comprobado esta hipótesis en tareas de memoria de trabajo (Micheloyannis et al., 2006).

Con mediciones de Electroencefalograma efectuadas a niños en estado de sueño, se ha reportado una correlación positiva del poder espectral de las ondas sigma, y la inteligencia fluida de  $r = 0.65$ , mientras que la correlación con la inteligencia general ha sido de  $r = 0.67$ . (Geiger et al., 2011). En una reseña de estudios, Fogel & Smith (2010) reportan resultados similares en adultos.

Utilizando la tractografía para determinar la relación entre la eficiencia en las redes neurales y la inteligencia, las investigaciones concluyen que el mayor rendimiento en tests de inteligencia general está ligado a conexiones neurales más

eficientes, y a conexiones más directas. Coincidentemente con las investigaciones acerca de la localización, se encontraron correlaciones significativas entre las conexiones prefrontales y parietales (Li et al., 2009; van den Heuvel et al., 2009).

Se ha informado de una correlación de .20 entre el tamaño craneal y la inteligencia (Rushton & Ankney, 2009). Existen estudios que afirman que el volumen cerebral también se correlaciona de manera positiva con los niveles de inteligencia. En un meta-análisis efectuado con 37 muestras, implicando un total de 1530 participantes, McDaniel (2003) obtuvo una correlación de .30 entre el volumen cerebral en vivo y el nivel de inteligencia. Rushton & Ankney (2009), efectuaron una revisión de los meta-análisis efectuados entre el tamaño cerebral, determinado mediante neuroimágenes, y el nivel de inteligencia general, reportando correlaciones de .20 a .63.

Investigaciones más precisas han asociado el nivel de inteligencia general, medido por el WAIS, con el volumen de la materia gris en las mismas regiones que se han identificado como activadas durante los tests. Se han obtenidos correlaciones entre el volumen de la sustancia gris y el nivel de inteligencia general en regiones de la corteza prefrontal, parietal, temporal y occipital (Haier, Jung, Yeo, Head, & Alkire, 2004). En la tabla 1 se observa la varianza derivada de tales correlaciones:

Tabla 1. *Varianza de factores comunes entre la sustancia gris y la inteligencia general.*

Región cerebral	Varianza
BA 10	35%
BA 9	31%
BA 46	31%
BA 45	29%
BA 21	27%
BA 37	26%
BA 19	25%
BA 22	24%
BA 42	23%
BA 30	23%
BA 40	22%
BA 3	22%
BA 8	21%

Colom, Jung, & Haier, (2006), reanalizaron los datos antecedentes, concluyendo que el volumen de la sustancia gris en las áreas prefrontales mediales (BA 24) y laterales (BA 8, 10, 11, 46, 47), así como las temporales (BA 13, 20, 21), las parietales (BA 7, 40), y las occipitales (BA 17, 18, 19) son las más relevantes en la inteligencia general.

En una investigación más general, Narr et al. (2007) reportaron una correlación de .31 entre la sustancia gris total y la inteligencia general.

En consonancia con los resultados antecedentes, se han reportado correlaciones significativas en el deterioro de la inteligencia fluida y la reducción de la sustancia

gris en el envejecimiento normal (Braver, & Barch, 2002; Cabeza, Anderson, Locantore, & McIntosh, 2002), en lesiones cerebrales (Woolgar et al., 2010), y en la enfermedad de Alzheimer (Yoshiura et al., 2011).

Existen datos contradictorios con respecto a la relación entre la sustancia blanca y la inteligencia fluida. Salarirard et al. (2011) llevaron a cabo un estudio longitudinal, con 106 participantes nacidos en 1921, a quienes se les tomó a los 11 años un Test Libre de Influencias Culturales, y luego en tres ocasiones, entre los 78 y los 81 años el Test de Raven, junto con medidas de Resonancia Magnética Funcional (fMRI). Concluyeron que la hipodensidad de la sustancia blanca, junto con la inteligencia medida en la infancia, eran dos predictores de la inteligencia fluida en la adultez mayor. Este estudio contradice un meta-análisis de 23 estudios de neuroimágenes, efectuado por Gunning-Dixon & Raz, (2000), quienes no encuentran relación entre la pérdida de la sustancia blanca y las disminuciones de la inteligencia. En concordancia, Jung et al. (2009) no obtuvieron correlaciones significativas entre el puntaje de el Test de Matrices Progresivas de Raven y la presencia del N acetil-aspartato, utilizando resonancia magnética espectroscópica de protones (H-MRS). El N acetil-aspartato es un metabolito de los oligodendrocitos, la sustancia que forma la mielina.

No obstante, los resultados de Narr et al. (2007) apoyan la asociación positiva entre la sustancia blanca y la inteligencia fluida, reportando una correlación de .27. Coincidentemente, se han obtenido correlaciones positivas entre la sustancia blanca y la inteligencia en niños (Schmithorst, Wilke, Dardzinski, & Holland, 2005), en

adultos (Chiang, 2009) y adultos mayores (Charlton, McIntyre, Howe, Morris, & Markus, 2007).

Luego de una reciente reseña de algunas investigaciones neurológicas, Nisbett, et al., (2012) concluyen que (...) “no es probable que sea encontrado un sustrato único para la inteligencia, el cual es activado de manera similar a lo largo de los diversos individuos” (p. 14).

Es lamentable que los autores no especificaran a qué se refieren con sustrato único. Si se refieren a una estructura anatómica bien delimitada, su afirmación sería trivial, ya que se sabe, desde hace más de una década, que la inteligencia tanto general como fluida, implica numerosas regiones cerebrales (Prabhakaran et al., 1997). Pero, si se refieren a un conjunto de estructuras que den cuenta del mecanismo de la inteligencia, su afirmación va en contra de las evidencias actuales, y es coherente con la teoría de Putnam, (1988) acerca de la realizabilidad múltiple. En ella, se sostiene que no pueden identificarse sustratos únicos en el cerebro que correspondan a determinados fenómenos mentales, y por lo tanto, implicaría la imposibilidad de conocer la mente a partir del conocimiento de las estructuras neurológicas. Sin embargo, las investigaciones en neurociencias (Pinker, 1997; Llinás, 2001; Churchland, 2002; LeDoux, 2002; Tulving, 2002; Haines, 2003) han demostrado que existe un nexo entre estructuras neurológicas y mentales, y la reseña efectuada por el autor de la tesis apoya este hecho. Si la teoría de la realizabilidad múltiple fuera cierta, las áreas implicadas en la inteligencia fluida deberían ser mucho más heterogéneas de lo que son, al igual que en otras funciones mentales. Aún más, debieran existir fuertes diferencias individuales en áreas de activaciones cerebrales en relación con todas las áreas del comportamiento, y, salvo en casos extremos de lesión o patología, esto es poco probable (Haines, 2003). En el caso

particular que atañe a esta tesis, puede afirmarse que existen múltiples evidencias que avalan el sustrato neural complejo, pero diferenciado e integrado de la inteligencia fluida. Las mismas no remiten a sólo una región cerebral, pero sí a la integración de las siguientes áreas cerebrales (BA 6, 7, 9, 10, 18, 19, 21, 32, 37, 39, 40, 45, 46, 47). (Prabhakaran et al., 1997; Gray et al., 2003; Haier et al., 2004; Geake & Hansen, 2005; Colom, Jung, & Haier, 2006; Lee, et al., 2006; Schmithorst & Holland, 2006; Jung & Haier, 2007; Burgess et al., 2011). La integración de estas regiones le brinda sustrato neurológico al fenómeno de la inteligencia general y de la inteligencia fluida.

Si bien la relación entre medidas neurológicas y psicométricas de la inteligencia fluida es compleja, a su vez es robusta, dándole sustento material al concepto. Esto es de suma importancia, ya que tanto la inteligencia general como la inteligencia fluida han sufrido críticas en las cuales se argumentaba que las mismas no eran más resultados estadísticos, sin relevancia en la realidad (Gould, 1981; Gardner, 1983; Flynn, 1987; Schönemann, 2005). Las investigaciones neurológicas refutan estas críticas y fortalecen el concepto, y lo tornan pertinente y relevante para la investigación empírica.

#### 4.1.4. Heredabilidad

La heredabilidad se refiere a la cantidad de variación en el fenotipo que es causada por el genotipo o información genética del individuo (Falconer, & MacKay, 1996). Los estudios acerca de la heredabilidad de la inteligencia han generado polémicas debido a que los mismos señalan cierta fijeza o determinación del constructo, y han sido interpretados como disuasores de la autosuperación personal y

de la movilidad social (Neisser et al., 1996). A su vez, han sido considerados como un aliciente para el racismo (Gould, 1981). Sin embargo, ningún estudio genético publicado hasta la fecha ha señalado que la varianza genética es total, o ha aportado pruebas fehacientes con respecto a la pertinencia de un prejuicio, por el contrario, como se verá en los siguientes párrafos, el porcentaje de la inteligencia general y fluida atribuible al ambiente es lo suficientemente grande como para que puedan realizarse modificaciones significativas (Nisbett et al., 2012).

Existen evidencias de que la heredabilidad de la inteligencia general se incrementa con la edad, siendo la misma de 26% a los 5 años, de 39% a los 7, de 54% a los 10 y de 64 % a los 12 años (Bartels, Rietveld, Van Baal, & Boomsma, 2002). Estos datos son coherentes con los de Spinath, Angelica, Nicole, Thomas, & Plomin (2003), quienes señalan una heredabilidad de un 30% en niños de 2, 3 y 4 años. En la adultez, diversos estudios han obtenido niveles de heredabilidad de entre .45 a .90 (Neisser et al., 1996; Bouchard, 2004, 2009; Tucker-Drob, et al., 2010; Hunt, 2011). Esto se debe, probablemente, a que en bajas edades el organismo humano es más reactivo al ambiente, tanto en estímulos como, principalmente, en aspectos nutritivos y de cuidado.

Con respecto a la heredabilidad de la inteligencia fluida, Cattell (1980), a partir del estudio de gemelos monocigotos, dicigotos y de hermanos, concluyó que la misma era de .58. En un estudio posterior obtuvo datos similares, siendo la heredabilidad de la inteligencia fluida de .60. (Cattell, Schuberger, Ahern, & Kameova, 1981). En una reciente y completa investigación, Davies et al. (2011) concluyen que la inteligencia fluida posee un 51 % de heredabilidad.

La heredabilidad de la inteligencia fluida posee también apoyo neurológico. Como ya ha sido reportado, existe una correlación positiva entre la sustancia gris y la

inteligencia (Haier, et al., 2004), a su vez, del 77% al 88 % de la varianza del volumen total de la materia gris del cerebro se debe a las influencias genéticas (Giedd, Schmitt, & Neale, 2007). Por otra parte, debe destacarse que con el aumento de la edad, la varianza atribuida a los genes disminuye para la sustancia gris, mientras que aumenta para la sustancia blanca (Deary, Penke, & Johnson, 2010). También han sido señaladas correlaciones positivas entre la inteligencia y el volumen del cerebro (Rushton & Ankney, 2009), siendo el mismo influenciado genéticamente en un 70% a 90% (Posthuma et al., 2002; Hulshoff Pol et al., 2006; Peper et al., 2007).

Como señalan Deary et al. (2010) y Nisbett et al. (2012), si bien existen 282 genes relacionados con la amplia gama de enfermedades que producen déficit intelectual, aún no se han determinado de manera fehaciente los genes que explicarían la varianza de la inteligencia general, así como también de la inteligencia fluida. Sin embargo, existen evidencias acerca de que ambos constructos son poligenéticos, es decir, influenciados por dos o más genes (Davies, et al., 2011).

En síntesis, existen pruebas convergentes con respecto a la heredabilidad de la inteligencia fluida, las mismas, lejos de sostener que el concepto implica un rasgo fijo, informan acerca de la posibilidad de modificación por influencia ambiental. Llama la atención que ciertos autores consideren a las investigaciones genéticas acerca de la inteligencia como un argumento acerca de su inmodificabilidad (Gould, 1981). Por el contrario, desde los estudios que sostuvieron que un 80 % de la varianza en la inteligencia fluida se debe a los genes, a los más actuales y de índices menores, todos han dado un margen grande para la influencia ambiental. La investigación más actual deja un 49 % de la varianza de la inteligencia fluida dependiendo del ambiente (Davies et al., 2011).

#### 4.1.5. Factores ambientales

La influencia de los factores ambientales en la inteligencia fluida será expuesta de manera específica más adelante, con salvedad de la nutrición.

Existen evidencias de que la nutrición es necesaria para la conformación de un cerebro normal, y que, a su vez, el volumen cerebral y el tamaño del cráneo dependen, en parte, de la misma (Janz & Meadows Janz, 2000).

También existen evidencias que ligan a la deficiencias nutritivas con los bajos niveles cognitivos (Black, 2003a, 2003b), y con la merma de la inteligencia general (Arija et al., 2006). A su vez, se han reportado resultados que relacionan el nivel de inteligencia con el tipo específico de alimentación (Theodore et al., 2009). Por último, Rae, Digney, McEwan, & Bates, (2003) han logrado aumentos en los niveles de inteligencia por medio de una suplementación nutricional. A partir de una reseña de estudios que señalan el déficit de creatina en sujetos con una dieta vegetariana, y la consiguiente disminución del rendimiento físico e intelectual que esto puede implicar, los investigadores efectuaron un estudio experimental en el que han obtenido aumentos de la inteligencia fluida a partir de la suplementación de la dieta con monohidrato de creatina en participantes vegetarianos, sugiriendo la importancia de la nutrición en el rendimiento cognitivo.

#### 4.1.6. Rendimiento Académico, Laboral e Ingresos

En la reseña efectuada por Neisser et al. (1996), los investigadores reportan que la inteligencia general predice el 25 % de la varianza del rendimiento académico,

siendo la medida que posee mayor validez predictiva. Con respecto a los años de educación cursados, la inteligencia general explica un 30 % de la varianza, siendo también el mejor predictor para esta variable. En lo que respecta al ámbito laboral, los test de inteligencia explican el 29 % de la varianza del rendimiento, mientras que explica un 10 % la varianza del estatus social, y un 4% la varianza con respecto a los ingresos económicos. Investigaciones posteriores arrojan datos similares con respecto a la inteligencia fluida, sosteniendo que es el índice más fiable para predecir el rendimiento académico y el rendimiento laboral (Gottfredson, 2002; Deary, et al., 2007; Rohde, & Thompson, 2007).

#### 4.1.7. Desarrollo

Horn & Cattell (1967) informaron que la inteligencia fluida alcanzaba un pico de rendimiento entre los 21 y 28 años, y luego decaía progresivamente. Investigaciones posteriores replicaron estos datos, concluyendo que el desarrollo orgánico era coincidente con el de la inteligencia fluida, así, al llegar a un nivel máximo en los 20 a 25 años, la misma decaía progresivamente (Horn, 1972a, 1972b; Kaufman et al., 1991). Estos datos son coherentes con los aportados por la neurología, acerca de la muerte neuronal. Aproximadamente desde los 25 años se reporta una atrofia general no homogénea en las células nerviosas del cerebro, siendo la misma mayor con el avance de la edad (Pfefferbaum et al., 1994).

La disminución de la inteligencia fluida a partir de la temprana adultez ha sido atribuida a la progresiva atrofia del hipocampo (Reuben et al., 2011), a la atrofia progresiva de las regiones de la corteza prefrontal (Braver, & Barch, 2002; Cabeza et

al., 2002), y a la reducción de ciertas regiones del cerebelo (Lee et al., 2005), todos fenómenos presentes en el envejecimiento normal del organismo humano.

#### 4.1.8. Relaciones

Si bien en las investigaciones que se reseñarán se consideran que los datos son de inteligencia general, se han utilizado instrumentos que miden la inteligencia libre de influencias culturales, como el Test de Raven, el cual es considerado una medida de la inteligencia fluida (Lynn, 2006).

Lynn & Vanhanen (2002) informan de una correlación de .84 entre producto bruto interno e inteligencia, y una correlación de .64 entre la inteligencia y el crecimiento económico de 1950 a 1990, en 81 naciones.

Desde una perspectiva socio-ecológica, Barber (2005) reporta que la inteligencia general posee correlaciones de  $r = .72$  con la escolaridad secundaria,  $r = -.71$  con el analfabetismo,  $r = -.70$  con los trabajos rurales,  $r = .54$  con el producto bruto per cápita,  $r = -.48$  con el bajo peso al nacer, y  $r = -.34$  con el índice de la mortalidad infantil, a lo largo de las naciones. Si bien estos datos no permiten efectuar inferencias causales, el autor considera a la educación como la variable principal que explicaría las diferencias en la inteligencia de las naciones. Anteriormente, Ceci & Williams (1997) habían informado que en diversos estudios las correlaciones existentes entre escolaridad e inteligencia han sido de .50 a .90. En consonancia, Marks (2010) informó de correlaciones entre la inteligencia general y la alfabetización que van de .79 a .99.

Desde una perspectiva evolutiva, las evidencias son más polémicas. Beals, Smith, & Dodd (1984), reportan una relación de  $-.62$  entre la distancia del ecuador y la capacidad craneal. Se ha planteado una hipótesis acerca de que las temperaturas frías fomentaría la presión ambiental y la selección natural, haciendo que sólo las personas con coeficientes intelectuales más elevados poseyeran mayores probabilidades de sobrevivir y reproducirse (Lynn, 1991; Lynn, 2006). Otra hipótesis consiste en considerar que las temperaturas cálidas implican mayor necesidad de disipación del calor, y que la misma se relaciona con cráneos y cerebros más pequeños (Jensen, 1998). Al respecto, Temper & Arkiawa (2006) obtuvieron evidencia contradictorias, mientras que Kanazawa (2008) obtuvo una correlación de  $-.63$  entre temperatura y el nivel de inteligencia. A su vez, el autor reporta que la media de temperatura da cuenta del 40% de la varianza del nivel de inteligencia.

Eppig, Fincher, & Thornhill (2010), informan que el coeficiente intelectual posee correlaciones que van de  $-.76$  a  $-.82$ , con el estrés infeccioso, el cuál calcularon a partir del índice DALY de años de vida potencialmente perdidos por enfermedades. Sostienen que las infecciones producirían competencia metabólica entre el sistema inmunológico y el cerebro, por lo cual las mismas afectarían su desarrollo y rendimiento.

#### 4.1.9. Diferencias entre sexos

Con respecto a la inteligencia fluida o incluso a la inteligencia general, no se han encontrado diferencias significativas atribuibles al sexo (Neisser, et al., 1996; Jensen, 1998; Flynn & Rossi-Casé, 2011; Hunt, 2011).

#### 4.1.10. Diferencias entre grupos

Existen diferencias de la inteligencia fluida y la inteligencia general entre los grupos étnicos, sin embargo se carecen de evidencias que permitan sostener que las mismas son debidas a diferencias genéticas entre los mismos (Neisser, et al., 1996; Nisbett et al., 2012). En un meta-análisis de 620 estudios a lo largo del mundo, analizándose los resultados de 813778 personas evaluadas, Lynn (2006) reporta las siguientes medias de coeficiente intelectual : a) Asiáticos del este (105); b) Europeos (100); c) Inuits ( 97); d) Asiáticos del sud-este (87); e) Nativos americanos (87); f) Isleños del pacífico (85); g) Asiáticos del sur y africanos del norte, (84); e) Población del sub-sahara no bosquimana (67); f) Aborígenes australianos (62); g) Bosquimanos y pigmeos (54). Según el autor, las diferencias se deben a las presiones evolutivas y a la selección natural, y se han transmitido genéticamente. Si bien el estudio es extensivo, ha sido cuestionada la representatividad de la muestra (Hunt & Wittmann, 2008), y la validez de las medidas, especialmente para las poblaciones aborígenes y africanas (Mackintosh, 2007). Debe destacarse que la utilización del concepto de coeficiente intelectual efectuada por Lynn (2006) es polémica, dado que el mismo se obtiene de comparar el puntaje bruto de un individuo con un baremo para su población. Lo que hizo el autor es utilizar baremos ingleses para efectuar la comparación, así, el coeficiente intelectual de Inglaterra fue de 100.

Algunos autores que pretenden explicar estas diferencias de grupos étnicos a partir de hipótesis genéticas, y del concepto de raza (Rushton & Jensen, 2010a, 2010b) y otros mediante hipótesis ambientales (Nisbett, 2005; Hunt, 2011).

Es pertinente mencionar que el concepto de raza es problemático, e incluso ha sido considerado, en su aplicación a los seres humanos, como pseudocientífico por la American Anthropological Association (1994, 1998).

## 4.2. Memoria de trabajo

### 4.2.1. Concepto y componentes

La memoria de trabajo es uno de los subsistemas de la memoria humana, que permite el mantenimiento y la manipulación temporal de la información durante la actividad cognitiva (Baddeley, & Hitch, 1974; Baddeley, 1986, 2000, 2002, 2003). Por lo tanto, de la memoria de trabajo dependen el razonamiento, la toma de decisiones, el cálculo, la comprensión del lenguaje, el recuerdo episódico y semántico, así como toda actividad cognitiva que requiera de atención y de procesamiento controlado de la información (Miyake, & Shah, 1999).

La memoria de trabajo se encuentra formada por un procesador ejecutivo central, que coordina tres sistemas esclavos de almacenamiento y evocación: el almacén visual, el bucle fonológico y buffer episódico (Baddeley, 2000, 2002).

El procesador ejecutivo central es un sistema integrador, responsable del control y la regulación de los procesos cognitivos dentro del sistema de la memoria de trabajo. Se encarga de la lograr la atención selectiva, alternar estrategias de recuperación, coordinar los sistemas esclavos en tareas que requieran su participación conjunta, como lo son las tareas *dual n-back*, y conectar la información de la memoria de trabajo con la memoria a largo plazo (Baddeley, 1996, 2003).

Si bien la existencia de un ejecutivo central ha recibido críticas epistemológicas, neurológicas y psicométricas (Parkin, 1998), existen múltiples investigaciones que apoyan su pertinencia desde el punto de vista experimental (Morris, & Baddeley, 1988; Baddeley, & Della Sala, 1996; Baddeley, Della Sala, Papagno, & Spinnler,

1997) y a partir de estudios con neuroimágenes (D'Esposito et al., 1995; Osaka, et al., 2004).

El bucle fonológico es el subsistema de la memoria de trabajo encargado del procesamiento de la información de índole auditiva. Se supone que el ingreso de la información a este sistema es automático. El bucle fonológico se divide en dos partes: a) un almacén fonológico de corto plazo, en el cual se retienen por breves períodos de tiempo las informaciones auditivas, el cual es pasivo, y b) un componente de ensayo articulatorio, en el cual las informaciones auditivas pueden reactivarse, y así durar un mayor tiempo, el cual procesa activamente la información.

El bucle fonológico actúa como un sistema de reverberación, el cual mantiene las características de los sonidos escuchados y su orden de presentación. Se ha reportado que el bucle fonológico participa en la adquisición y el desarrollo del lenguaje (Baddeley, Gathercole, & Papagno, 1998), el aprendizaje de un nuevo lenguaje (Massoura, & Gathercole, 1999), así como en todo tipo de tarea cognitiva que requiera la retención temporal de información auditiva, como la lecto-escritura (Silva, Faísca, Ingvar, Petersson, & Reis, 2012).

Existen múltiples evidencias que apoyan la existencia de este sistema. Se ha informado acerca de una doble disociación entre las tareas de memoria de trabajo verbal y tareas de memoria de trabajo visuo-espaciales, desde un enfoque experimental (Klauer, & Zao, 2004), así como también a partir de Tomografía de Emisión de Positrones (PET) (Smith, Jonides, & Koeppel, 1996), y de Resonancia Magnética Funcional (fMRI) (Thomason et al., 2009).

En tareas de memoria de trabajo se ha reportado la codificación fonológica de la información, y la ausencia de codificación semántica. Mientras que la similitud

fonológica dificulta la codificación y evocación, la similitud semántica no la afecta significativamente. De estos datos se concluye que la información auditiva en la memoria de trabajo posee características fonológicas (Conrad, 1964; Conrad, & Hull, 1964; Baddeley, 1966; Fournet, Juphard, Monnier, & Roulin, 2003; Schweppe, Grice, & Rummer, 2011; Oberauer, Farrell, Jarrold, Pasiiecznik, & Greaves, 2011).

Uno de los hechos que sugiere la existencia del ensayo articulatorio es el efecto de la amplitud de palabra o de longitud de las palabras. Este fenómeno consiste en que el recuerdo inmediato se reduce cuando la longitud de las sílabas se acrecienta, por ejemplo, de 2 a 5 unidades. Esto supone una menor posibilidad de ensayo articulatorio, ya que las palabras son más largas, y por lo tanto, se presenta un menor rendimiento (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975). Sin embargo, recientemente se han publicado investigaciones sugiriendo que el efecto de amplitud puede deberse a la vecindad ortográfica y no a la amplitud de las palabras. La vecindad ortográfica se refiere a la coincidencia de unidades (letras) de las palabras. Los autores poseen evidencia empírica que las palabras cortas poseen una similitud ortográfica mayor que las palabras largas, y a su vez, que cuando se controla el efecto de la similitud ortográfica desaparece el efecto de la longitud de palabras. Es decir, que las palabras cortas serían más fáciles de recordar debido a que comparten mayor número de unidades de información entre sí, que las palabras largas, las cuales comparten menos unidades de información (Jalbert, Neath, Bireta, & Surprenant, 2011; Jalbert, Neath, & Surprenant, 2011).

También existen evidencias a favor del subsistema de ensayo articulatorio a partir de la supresión articulatoria, la cual consiste en provocar interferencias en el momento en que se supone que está funcionando el ensayo articulatorio. El resultado

es una disminución de rendimiento en la evocación (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975).

Los pacientes con déficits fonológicos en la memoria de trabajo, generalmente padecen de lesiones en el área cortical temporo-parietal izquierda (BA 40). Estos pacientes no presentan ni los fenómenos de amplitud de palabra ni los de similitud fonológica, por lo que se presupone que su bucle fonológico está funcionando de manera deficitaria (Baddeley, 2003).

La agenda visuo-espacial es el subsistema de la memoria de trabajo que procesa y mantiene de manera temporal la información de índole visual. Existe evidencia para suponer que la agenda visuo-espacial posee dos sistemas: el visual y el espacial (Logie, & Marchetti, 1991; Hecker, & Mapperson, 1997; Logie, 2003; Darling, Della Sala, Logie, & Cantagallo, 2006; Darling, Della Sala, & Logie, 2009).

Según Logie (1995), existe una división en la agenda visual que es similar a la presente en el bucle fonológico. Por un lado, se encuentra el caché visual, que retiene pasivamente la información acerca de las formas y los colores. Por otro, el escriba interno, el cual procesa y almacena información acerca del espacio y del movimiento, a su vez, posee funciones de repetición, y comunica al caché visual con el ejecutivo central. A partir de los resultados en pacientes que han sufrido lesiones en el hemisferio derecho, el autor sugiere que la agenda visuo-espacial no maneja la información que proviene directamente de la percepción, sino que procesa la información que se deriva de la memoria a largo plazo. Esto podría explicar la razón por la cual existen pacientes que poseen los mecanismos perceptuales intactos, y sin embargo son incapaces de recordar contenidos visuo-espaciales.

Se presume que la agenda visuo-espacial es esencial para todo tipo de aprendizaje y manipulación de representaciones espaciales, por lo tanto, está ligada con las medidas de inteligencia no verbal, y a disciplinas como ingeniería, arquitectura y física (Baddeley, 2003).

Se ha propuesto la diferenciación de un tercer sub-sistema, el cual procesaría exclusivamente la información de índole kinestésica (Smyth & Pendleton, 1990), sin embargo no ha tenido mucha aceptación por parte de los investigadores (Baddeley, 2003).

Considerando las debilidades de su modelo de memoria de trabajo, Baddeley (2000) propuso la existencia de un cuarto sub-sistema: el buffer episódico. Este componente es un sub-sistema esclavo, que tiene como función la integración de la información de las fuentes verbales, visuales o espaciales en una secuencia espacial y temporal. El buffer episódico actúa como puente entre los diferentes sistemas, combinando e integrando sus contenidos. Según el autor, puede accederse al buffer episódico por medio de la consciencia.

No obstante, Baddeley, Allen, & Hitch (2010), a partir de la evidencia empírica, cambiaron su punto de vista acerca del papel activo del buffer episódico, sosteniendo que: (...) “el buffer episódico opera como un almacén multidimensional pero es esencialmente pasivo, similar a la pantalla de una computadora, capaz de mantener un número limitado de representaciones, las cuales son accesibles a la consciencia” (Baddeley, Allen & Hitch, p. 240).

Los autores reportan no haber encontrado evidencia acerca de la participación de la memoria de trabajo en la integración de los diversos tipos de información, tanto con tareas visuales como con tareas verbales. Por lo cual, aún resulta problemático

responder a acerca de qué sistema genera la integración o combinación de las diferentes representaciones, así como también describir cómo se realiza el mencionado proceso.

#### 4.2.2. Capacidad

Una característica propia de la memoria humana, así como también de cualquier otra actividad cognitiva, es su limitación (Cowan, 2001). Esta característica se acentúa en la memoria de trabajo, la cual, por definición, posee limitaciones temporales y de capacidad en sus subsistemas (Baddeley & Hitch, 1974).

Wundt (1896) sostuvo que existía un límite máximo de 6 expresiones simples que podían ser percibidas por medio de la atención. A su vez, este límite se aplicaba para los recuerdos de objetos. No obstante, la limitación de 6 ítems podía extenderse a 30, por medio de combinaciones significativas efectuadas por parte del sujeto evaluado.

Miller (1956) reportó que el número de ítems verbales que podían repetirse oralmente luego de haber sido presentados era, en promedio, de 7.

A partir del advenimiento del modelo multicomponente de memoria de trabajo (Baddeley, & Hitch, 1974), las investigaciones han arrojado datos acerca de la capacidad de sus subsistemas.

Empleando ítems de naturaleza fonológica, Hulme, Roodenrys, Brown, & Mercer (1995), sostienen que la amplitud del recuerdo depende de las características de los ítems recordados. Así, mientras para los dígitos la media de amplitud suele ser 7, para las letras 6, y para las palabras 5. A su vez, la capacidad de recuerdo disminuye con la longitud de los ítems y con el desconocimiento de los mismos.

Debido a la presentación auditiva de estos ítems, los datos pueden ser atribuidos a la capacidad del subsistema verbal. Coincidentemente, Walker & Hulme (1999) reportaron que las palabras de carácter concreto son más fáciles de recordar que la de carácter abstracto, según los autores, porque las primeras poseen mayor significatividad para los participantes. Esta última investigación también utilizó tareas que pueden ser consideradas de memoria de trabajo verbal.

Luego de efectuar una reseña en las investigaciones acerca de las diferencias individuales en la capacidad de la memoria de trabajo verbal y visual, Cowan (2001) advirtió que la media en la retención de objetos, tanto verbales como visuales, era de 4 ítems en adultos jóvenes. Siendo menor la capacidad en los niños y adultos mayores. Con lo cual, tanto el subsistema verbal como visual tendrían capacidades de almacenamiento similares, en cuanto al número de unidades. Baddeley (2003) reporta datos similares, con una media de entre 3 y 4 objetos recordados para ambos subsistemas.

Contradiendo estas investigaciones, Fiore et al., 2012 sugieren una mayor capacidad de almacenamiento y evocación de unidades de información en el subsistema verbal en comparación con el subsistema visual, tanto en adultos jóvenes como en adultos mayores.

Desde una perspectiva diferente a la multicomponente se sostiene que: “Mayor capacidad de memoria de trabajo significa que más ítems pueden ser mantenidos como activos, pero esto es el resultado de una mayor habilidad para controlar la atención, no de una mayor capacidad de almacenaje en la memoria” (Engle, 2002, p.20). Desde esta postura, los procesos de memoria de trabajo se restringirían a los de la atención ejecutiva.

#### 4.2.3. Duración

La escasa duración es una de las características que define a la memoria de trabajo (Baddeley & Hitch, 1974). Sin embargo, la determinación y explicación de la misma es actualmente un tema polémico.

Por parte de la teoría del deterioro, se supone que existe una relación inversamente proporcional entre la cantidad de información retenida y el tiempo transcurrido desde que la misma ha ingresado al sistema de memoria de trabajo. Esto se debe a que el sistema carece de las características necesarias para almacenar la información por períodos temporales largos. Este fenómeno tendría funciones de índole adaptativa, ya que no sobrecargaría los sistemas cognitivos con información innecesaria, y, por otra parte, permitiría que el sistema fuera flexible y veloz en el procesamiento de la información (Baddeley, Eysenck, & Anderson, 2009).

La teoría del deterioro posee plausibilidad neurológica por tres razones: a) El cerebro humano posee una capacidad limitada de modificabilidad por medio del ambiente, por lo tanto, sería poco probable que cualquier input de información modificara las estructuras cerebrales de forma duradera (Haines, 2003). b) El cerebro humano posee una capacidad limitada de almacenamiento de la información, por lo que colapsaría en caso de no olvidar la mayor parte de la información que procesa (Marois, & Ivanoff, 2005). c) Existen evidencias acerca del proceso por el cual se produciría el deterioro de la información. Ante la ausencia de inervación nerviosa se espera que las conexiones neurales se debiliten y destruyan, pudiendo producir incluso atrofia en las neuronas no inervadas (Celnik, & Cohen, 1999).

En cuanto a la duración de los contenidos en la memoria de trabajo, Baddeley, Thomson & Buchanan (1975) han reportado que la información fonológica podía ser mantenida sólo por 2 segundos, cuando se generaban interferencias para impedir el funcionamiento del ensayo articulatorio. Esta barrera de los 2 segundos ha sido considerada clásicamente como característica de la limitación temporal del sistema, si bien se han postulado duraciones de hasta 15 segundos (Nairne, 2002).

Existen investigaciones que niegan la explicación del olvido a partir de la teoría del deterioro, sostienen que la duración de la información en la memoria de trabajo puede ser mucho mayor a la reportada, y afirman que no existe una relación directamente proporcional entre el tiempo y el olvido (Nairne, 2002; Lewandosky; & Oberauer, 2008, 2009). Se han presentado fuertes evidencias sugiriendo que la teoría del deterioro no puede explicar enteramente el olvido, y que para el mismo es necesaria la participación de factores atencionales y de interferencia (Brown, 1997; Kane & Engle, 2000). Estas investigaciones implican un modelo de memoria de trabajo diferente al multicomponente, restringiendo la función de la misma a la atención ejecutiva, es decir, a la habilidad de mantener activas las representaciones (Engle, 2002).

Sin embargo, debe destacarse que actualmente la teoría clásica del deterioro en la memoria de trabajo presenta también apoyo empírico, tanto en la parte experimental (Barrouilliet, Portrat, Vergauwe, Diependaele, & Camos, 2009; Barrouilliet, De Paepe, & Langerock, 2012) como en el ámbito neurológico (Jonides et al., 2008).

#### 4.2.4. Localización

Se ha identificado al lóbulo prefrontal como el sustrato material del ejecutivo central, concretamente en la región cingulada anterior y dorsolateral (D'Esposito et al., 1995). Collette et al., (1999) han informado de la activación del giro frontal medio derecho e izquierdo, y del área parietal derecha. Se ha reportado la participación de la corteza cingulada anterior, el giro inferior frontal izquierdo, la corteza asociativa visual, y el lóbulo parietal superior en tareas en las que se supone que debe intervenir el ejecutivo central (Osaka et al., 2004).

El bucle fonológico se ha localizado en las regiones temporo-parietales izquierdas, más específicamente el área de Brodmann 40, como la sede del sub-sistema de almacenamiento, y el área de Broca (BA 6/44) como el sustrato del sistema de ensayo articulatorio (Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993; Romero, Walsh, & Papagno, 2006).

La agenda visuo-espacial se localiza en el hemisferio derecho, en la corteza parietal inferior (BA 40), en la corteza premotora derecha (BA 6), y en la corteza inferior frontal derecha (BA 47) (Baddeley, 2003). También se ha detectado actividad en el giro temporal inferior (Hamamé et al., 2012).

Con respecto al buffer episódico, se ha reportado la participación del hipocampo derecho (Piekema, Kessels, Mars, Petersson, & Fernández, 2006; Rudner, Fransson, Ingvar, Nyberg, & Rönnerberg, 2007). Por su parte, Berlingieri et al. (2008), afirman que el hipocampo anterior izquierdo es el probable sustrato neural del buffer episódico. Sin embargo, Baddeley, Allen, Hitch, (2010) argumentan que no existe

evidencia suficiente para atribuirle una localización específica al buffer episódico, y que probablemente intervengan múltiples estructuras corticales.

No es clara la participación de estructuras límbicas como el hipocampo en la memoria de trabajo, existen investigaciones que aportan evidencia a favor (Kane & Engle, 2002; Blair, 2006; Neves, Cooke, & Bliss, 2008), mientras que Jeneson, Mauldin, & Squire, (2010) sostienen que el daño en estas estructuras no afecta el funcionamiento de la memoria de trabajo. En un novedoso estudio longitudinal (Finn, Sheridan, Hudson-Kam, Hinshaw, & D'Esposito, 2010), se informa que mientras en la adolescencia temprana (media de 15.1 años) en tareas de memoria de trabajo se utilizan regiones prefrontales e hipocámpicas, en la adolescencia tardía (media de 18,3 años) se utilizan sólo regiones prefrontales, quedando reservada la utilización de las regiones hipocámpicas para tareas altamente demandantes.

#### 4.2.5. Heredabilidad

Numerosas investigaciones muestran que la heredabilidad de la memoria de trabajo es de intensidad media a elevada en su capacidad, la cual es determinada mediante pruebas psicométricas.

A partir del estudio de una muestra de 149 gemelos monocigotos y 93 dicigotos, se ha sugerido que la heredabilidad de la memoria de trabajo es moderadamente alta, entre un 43% a un 49%. A su vez, se ha obtenido que un factor genético común que permite dar cuenta del 11% al 43 % de la varianza (Ando, Ono, & Wright, 2001).

Wright et al (2001), han obtenido márgenes de heredabilidad de 36 % a 64 % para tareas relacionadas con memoria de trabajo. Investigando la relación entre

heredabilidad, tareas de memoria de trabajo y regiones cerebrales, Blokland et al., (2011), han obtenido altas estimaciones de heredabilidad, de un 40% a un 60 %, en tareas implicadas en las regiones del giro frontal inferior, medio y superior, el giro pre-central y post-central, el área motora suplementaria derecha, la corteza cingulada media, el giro medial superior, el giro angular, y el lóbulo parietal superior.

Karlsgodt et al. (2010) han obtenido las siguientes estimaciones de heredabilidad para las tareas de memoria de trabajo: a) Respuesta Espacial Retardada,  $h^2 = .149$  ; b) Amplitud de Dígitos hacia adelante,  $h^2 = .542$ ; c) Amplitud de Dígitos hacia atrás,  $h^2 = .475$ ; d) Amplitud Letra y Número,  $h^2 = .441$ . Como medidas psicométricas se utilizaron la tarea SDRT (Glahn et al., 2003) y las medidas de memoria de trabajo verbal del test WAIS.

En una muestra de 277 participantes con enfermedad de Alzheimer, y de 622 sin afectación por la enfermedad, se determinó que para la muestra afectada, la heredabilidad de la memoria de trabajo era de .72, mientras que cuando se analizó a toda la muestra, la heredabilidad bajó a .42. (Wilson et al., 2011).

#### 4.2.6. Desarrollo

Generalmente existen coincidencias en lo atinente a las fluctuaciones de la capacidad de memoria de trabajo con la edad, pero no en lo relativo a las causas de las mismas. Los niveles de memoria de trabajo aumentan junto con el desarrollo normal, hasta llegar a un tope a los 18 años, y luego comienzan a declinar (Salthouse; & Babcock, 1991; van den Noort, Haverkort, Bosch, & Hugdahl, 2006).

Existen estudios que permiten sostener que el envejecimiento normal afecta el rendimiento de la memoria de trabajo en el ejecutivo central (Burín & Duarte, 2005), en el subsistema visuo-espacial (Nagel et al., 2009), y en los mecanismos de ensayo o repetición de los subsistemas visuo-espacial y verbal (Fiore et al., 2012).

Hale et al. (2011), concluyen que: a) la edad afecta a las tareas complejas en mayor medida que a las tareas simples, b) los componentes visuo-espaciales de la memoria de trabajo disminuyen en un nivel mayor que los componentes verbales, a lo largo del proceso de envejecimiento.

Una hipótesis para este fenómeno es que los procesos de envejecimiento producen deterioros en el control inhibitorio, el cual restringe las informaciones no relevantes y permite un funcionamiento eficiente de la memoria de trabajo. Existen evidencias de que el control inhibitorio influye en el rendimiento de la memoria de trabajo, y que a su vez, de que es un mecanismo que se deteriora con la edad (Hasher, Zacks, & May, 1999; Campbell, Hasher, & Thomas, 2010).

Salthouse & Babcock, (1991) sostienen que existe una correlación negativa entre la edad y las medidas de memoria de trabajo, atribuyendo estos resultados a la disminución de la velocidad de procesamiento, propia de los procesos de senescencia. En un meta-análisis de 91 estudios se concluye que existe una correlación negativa entre la edad y los factores velocidad de procesamiento, buffer episódico y razonamiento (Verhaeghen & Salthouse, 1997).

West (1996, 2000) sostiene que la merma en el rendimiento de la memoria de trabajo se explica a partir de la progresiva atrofia del lóbulo pre-frontal, la cual comienza en la temprana adultez.

#### 4.2.7. Memoria de Trabajo y Éxito Académico

A partir de una reseña de investigaciones, se reporta que la memoria de trabajo posee correlaciones que van de .30 a .50 con medidas directas e indirectas de rendimiento matemático (Wiley, & Jaroz, 2012). Existen evidencias acerca de la relación entre el rendimiento académico en lectura, escritura, matemáticas y ciencias con la memoria de trabajo (Yuan et al., 2006). También existe evidencia suficiente para afirmar que la memoria de trabajo se asocia con las habilidades de razonamiento (Kane, Conway, & Hambrick, 2005). Por último, el entrenamiento en memoria de trabajo ha aumentado la inteligencia cristalizada, en una investigación realizada con niños de 13 años (Alloway, & Alloway, 2009), y el rendimiento en los procesos de lectura en niños de 9 a 11 años (Loosli, Buschkuehl, Perrig, & Jaeggi, 2012).

Se ha sostenido que la memoria de trabajo podría predecir el rendimiento académico mejor que las medidas de coeficiente intelectual. Alloway & Alloway (2010) midieron la memoria de trabajo verbal, el coeficiente intelectual y las capacidades numéricas y literarias de 98 niños. Las mediciones fueron efectuadas cuando los mismos tenían de 4 a 5 años de edad, y 6 años después. A partir de un análisis de regresión, obtuvieron que la memoria de trabajo explicaba mejor la varianza de las medidas de rendimiento académico que las medidas de coeficiente intelectual, dando cuenta del 16 % de la varianza en la capacidad de lectura, mientras que el coeficiente intelectual daba cuenta de un 7% de la varianza adicional; con respecto a las capacidades numéricas, la memoria de trabajo dio cuenta del 21 % de la varianza, mientras que el coeficiente intelectual del 6 % de la varianza adicional. Estos datos son coherentes con las investigaciones realizadas en niños con problemas

de aprendizaje, en las cuales se informó que las medidas de memoria de trabajo eran mejores predictores de su rendimiento que el coeficiente intelectual, dos años después (Alloway, 2009). Sin embargo, debe destacarse que el rendimiento académico se midió en ambas investigaciones de manera indirecta, mediante los instrumentos WORD (Weschler, 1993) y WOND (Weschler, 1996), la limitación numérica de la muestra, y el hecho de que la varianza obtenida para la medida de coeficiente intelectual fue mucho menor que las reportadas en otras investigaciones que utilizaron muestras más grandes, y medidas directas del rendimiento académico (Neisser et al., 1996; Gottfredson, 2002).

También se ha informado que los déficits en la memoria de trabajo producen menores rendimientos académicos en todas las áreas, por lo que se considera uno de los mecanismos esenciales para el procesamiento y adquisición de la información (Hulme, & Mackenzie, 1992; Gathercole, & Alloway, 2009).

### **4.3. Relaciones entre inteligencia fluida y memoria de trabajo**

Efectuando una reseña de las investigaciones que vinculan a la inteligencia fluida y a la memoria de trabajo a partir del análisis factorial, se observan correlaciones que van desde .20 a .99 (Kyllonen & Christal, 1990; Jurden, 1995; Fry & Hale, 1996; Stauffer, Ree, & Carretta, 1996; Jensen, 1998; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Miyake, Friedman, Rettinger, Shah, & Hegarty, 2001; Conway, Cowan, Bunting, Therriault, & Minkoff, 2002; Colom, Flores-Mendoza, & Rebollo, 2003; Kane, Hambrick, Tuholski, Wilhelm, Payne, & Engle, 2004;

Unsworth, Redick, Heitz, Broadway, & Engle, 2009; Martínez et al., 2011). Como puede observarse, existe una gran heterogeneidad en los resultados, la cual puede atribuirse a las diferentes medidas de inteligencia fluida y memoria de trabajo utilizadas, así como a los diferentes análisis estadísticos a los cuales han sido sometidos los datos, a las características particulares de la muestra y a los procedimientos de las investigaciones.

El resultado de la reseña efectuada por el autor es similar a la de Yuan et al., (2006), quienes informan de correlaciones de .20 a .90. Mientras que una reseña más reciente, efectuada por Engel de Abreu, Conway, & Gathercole (2010), arroja correlaciones más elevadas y homogéneas, de entre .60 a .90.

A partir de un metanálisis de 86 muestras, Ackerman, Beier, & Boyle, (2005), obtuvieron una correlación de .479 entre medidas de memoria de trabajo y medidas de inteligencia general. Cabe mencionar que estas medidas pueden ser tenidas como de inteligencia fluida, ya que se utilizaron test libres de influencias culturales. En respuesta a la citada investigación, Kane, Conway & Hambrick (2005) efectuaron un análisis de 14 bases de datos publicadas por 10 estudios, con un número total de 3100 sujetos, informando de correlaciones de .72 entre las medidas de inteligencia fluida y memoria de trabajo. Los investigadores atribuyen la diferencia de su resultado al haber analizado datos de investigaciones que han considerado el estudio de una variable latente entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida. Concluyen que, si bien la inteligencia fluida y la memoria de trabajo no son isomórficas, poseen una fuerte relación.

A su vez, existe evidencia neurológica acerca de la relación entre ambos conceptos. Las tareas de inteligencia fluida y memoria de trabajo activan zonas

cerebrales comunes, como: a) La corteza prefrontal dorsolateral, abarcando regiones del giro frontal medio (BA 9 y 46). b) La corteza prefrontal ventrolateral, implicando porciones del giro frontal inferior, en las áreas de Brodmann 45 y 47. c) La corteza prefrontal anterior, incluyendo regiones del giro frontal medio (BA 46). d) La corteza prefrontal, incluyendo la corteza cingulada anterior dorsal (BA 6). e) El lóbulo parietal lateral, abarcando el lóbulo parietal inferior (BA 40). f) Regiones parietales medias, implicando el núcleo precuneus (BA 7) (Burgess et al., 2011).

Como puede apreciarse, existe una relación media a elevada entre los dos constructos. Lo antecedente es el fundamento empírico de algo que especulativamente podría pensarse: que las habilidades de razonamiento abstracto y las de procesamiento y mantenimiento temporal de la información están altamente ligadas (Engle, 2002).

Se cuenta con diferentes explicaciones para este fenómeno, las cuales poseen evidencia empírica parcial. Existen dos posiciones principales, si bien no son las únicas: a) La que pretende explicar la relación por medio de los procesos atencionales-ejecutivos, es decir, de las habilidades para mantener activas las representaciones novedosas. b) La que sostiene que los procesos de almacenaje a corto plazo son los responsables de la relación.

Según Engle et al. (1999), la relación entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida se debe a que ambos procesos comparten mecanismos atencionales de control. Estos mecanismos son los encargados de mantener activada la información novedosa que ingresa del medio. Los autores postulan que los mecanismos atencionales de control son una variable latente entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida, la cual explicaría su fuerte correlación. Desde esta

perspectiva se sostiene que “las medidas de la capacidad de la memoria de trabajo reflejan procesos de memoria y atención ejecutiva” (Engle, 2002, p. 21). Los autores se basan en lo siguiente: cuando la varianza común entre la memoria de corto plazo y la memoria de trabajo fue removida, el factor residual de la memoria de trabajo se correlacionó con la inteligencia fluida, mientras que la memoria a corto plazo no, este factor residual es atribuido a los procesos atencionales (Engle et al., 1999).

Esta hipótesis es la que mayor apoyo empírico posee. Se han publicado estudios que replican y amplían los datos inicialmente aportados (Kane, Bleckley, Conway, & Engle, 2001; Kane et al., 2004; Engel de Abreu, Conway, & Gathercole, 2010; McCabe, Roediger, McDaniel, Balota, & Hambrick, 2010). A su vez, existe evidencia neurológica de la participación de un mecanismo de atención común en procesos de inteligencia fluida y de memoria de trabajo (Burgess et al., 2011).

No obstante, la mencionada hipótesis no puede explicar totalmente el fenómeno, y existen evidencias que la contradicen. Las correlaciones obtenidas por Miyake et al. (2001), entre memoria de trabajo y funciones ejecutivas fueron de .17 a .26, las de funciones ejecutivas e inteligencia fluida de .21 a .44, mientras que las correlaciones entre memoria de trabajo e inteligencia fluida fueron de .31 a .49. Con lo cual, si bien no se descarta un factor latente ejecutivo, se hace muy difícil atribuirle toda la relación entre memoria de trabajo e inteligencia fluida.

Los estudios que niegan con mayor fuerza la hipótesis anteriormente expuesta son los que sustentan una hipótesis contraria: es el almacenamiento a corto plazo y no el factor atencional el que da cuenta de la relación entre la inteligencia fluida y la memoria de trabajo (Colom, Abad, Rebollo, & Shih, 2005; Colom, Rebollo, Abad, & Shih, 2006; Colom, Abad, Quiroga, Shih, & Flores-Mendoza, 2008; Martínez et al.,

2011). Estas investigaciones también se basan en el análisis factorial para determinar la influencia de los factores en las medidas de inteligencia fluida y de memoria de trabajo.

Los autores han llegado aún más lejos al afirmar que:

Los resultados clave muestran que: a) el almacenamiento a corto plazo, la memoria de trabajo y la reactualización son difícilmente distinguibles, y b) la inteligencia fluida se correlaciona casi perfectamente con estas tres funciones cognitivas. Se concluye que este componente nuclear de la inteligencia puede ser ampliamente identificado con los procesos básicos y generales de almacenamiento a corto plazo, concretamente, codificación, mantenimiento y recuperación (Martínez et al., 2011, p. 1.).

Sin embargo, las investigaciones de Usworth, Brewer & Spillers (2009), Engel de Abreu et al. (2010), y McCabe et al. (2010), no han encontrado evidencia que sostenga esta hipótesis, y por el contrario, sus datos apoyan a la hipótesis de los procesos de atención como variable latente. No obstante, Fukuda, Vogel, Mayr, & Awh, (2010), con una muestra de 79 participantes, han reportado resultados que apoyan indirectamente la hipótesis del almacenamiento. Mientras que la correlación existente entre la cantidad de representaciones mantenidas en la memoria de trabajo y la inteligencia fluida fue de  $r = .66$ , la correlación entre la precisión de las representaciones fue de  $r = -.5$ , con lo cual, puede deducirse que la cantidad de ítems almacenados explicaría la relación entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida. Es necesario destacar que en una investigación similar, pero con 990 participantes, Salthouse, & Pink (2008) no han podido relacionar cantidad de almacenamiento con rendimiento en la inteligencia fluida.

Una tercera hipótesis es similar a la anterior y se refiere a la existencia de una segunda memoria, que mediaría entre la de trabajo y la inteligencia fluida (Mogle, Lovett, Stawski, & Sliwinski, 2008), pero estos resultados no han podido ser replicados (Shelton, Elliot, Matthews, Hill, & Gouvier, 2010), y poseen debilidades metodológicas, como, por ejemplo, la aplicación de los instrumentos vía internet.

Una cuarta hipótesis sostiene que la variable latente que explica la relación entre la inteligencia fluida y la memoria de trabajo sería la velocidad de procesamiento. La correlación entre la velocidad de procesamiento y la inteligencia fluida es constante a lo largo de todo el desarrollo, a su vez los autores han reportado que un 70% de las mejoras en los niveles de memoria de trabajo se deben a las mejoras en la velocidad de procesamiento, con el aumento de la edad (Fry, & Hale, 1996, 2000). Estos datos tienen relación con lo informado en el meta-análisis de Verhaeghen & Salthouse, (1997), quienes sostienen que la merma en el rendimiento de la memoria de trabajo a partir de la adultez temprana se debe a la reducción de la velocidad de procesamiento. A su vez, la velocidad de procesamiento es un factor que se relaciona tanto con factores de razonamiento como de memoria (Jensen, 1991, 1998).

De esta reseña se concluye:

1. Existe una relación de media a elevada entre los procesos de memoria de trabajo y los de inteligencia fluida, la cual está avalada por investigaciones factoriales (Kane et al., 2005) y neurológicas (Burgess et al., 2011).
2. La explicación de esta relación es problemática, sin embargo, el autor de esta tesis sostiene que la hipótesis de los procesos atencionales y la del almacenamiento en vez

de ser contradictorias pueden ser complementarias. Los procesos atencionales son fundamentales para explicar el nexo entre la inteligencia fluida y la memoria de trabajo (Engle et al., 1999; Engel de Abreu, Conway, & Gathercole 2010). A su vez, el solapamiento entre razonamiento abstracto y almacenaje a corto plazo es algo sumamente probable, por las obvias razones de que para procesar información se debe poder mantener dicha información, lo cual está avalado empíricamente (Martínez et al., 2011). Por lo tanto, las dos hipótesis poseen apoyo empírico parcial, y explican en parte las relaciones entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida. Se concluye que existen evidencias suficientes para suponer que la inteligencia fluida y la memoria de trabajo comparten: a) Procesos atencionales, y b) Procesos de almacenamiento.

3. No puede asegurarse que ambos constructos sean isomórficos, es decir, que posean la misma estructura, y por lo tanto, lejos de ser dos constructos, serían uno solo (Martínez et al. 2011). No se ha podido reducir la inteligencia fluida a la memoria de trabajo o viceversa. En el plano factorial, existe abundante evidencia con respecto a que ambos constructos poseen diferencias (Carroll, 1993; Ackerman, Beier, & Boyle, 2002; Ackerman, Beier, & Boyle, 2005; Kane, Conway & Hambrick, 2005). En segundo lugar, existen evidencias experimentales que niegan la isomorfía de ambos conceptos (Jaeggi et al., 2008; Jaeggi et al., 2010; Borella et al., 2010). En tercer lugar, en el plano neurológico, la inteligencia fluida posee 14 localizaciones, de las cuales comparte sólo 7 con la memoria de trabajo (Jung, & Haier, 2007; Burgess et al., 2011). En cuarto lugar, la inteligencia fluida y la memoria de trabajo no coinciden en su desarrollo, mientras que la primera alcanza su máximo rendimiento entre los 20 y 28 años (Horn & Cattell, 1967; Horn, 1972a, 1972b; Kaufman et al.,

1991), la segunda a los 18 años (Salthouse & Babcock, 1991; Verhaeghen, & Salthouse, 1997; van der Noort et al., 2006; Hale et al., 2011).

4. El autor de esta tesis no considera como plausible que la memoria de trabajo pueda reducirse a procesos atencionales (Engle, 2002). Existen numerosas evidencias en contra (Miyake et al., 2001; Colom et al., 2005; Colom et al., 2006; Colom et al., 2008; Fukuda et al., 2010; Martínez et al., 2011).

5. Existe la posibilidad de que intervengan en ambos constructos factores relacionados con la velocidad de procesamiento, y que en parte expliquen su relación (Verhaeghen & Salthouse, 1997).

#### **4.4. Modificación de la inteligencia fluida**

La modificación de la inteligencia fluida a partir de estímulos ambientales es uno de los temas más polémicos y pertinentes dentro de la investigación en el campo de la inteligencia (Jensen, 1969, 1972; Plemons, Willis, & Baltes, 1978; Jensen, 1980, 1981; Carroll, 1993; Klauer, Willmes, & Phye, 2002; Sternberg, 2008; Hunt, 2011; Nisbett et al., 2012).

Buschkuhl, & Jaeggi (2010), definen a la modificación de la inteligencia fluida como la mejora en los procesos fundamentales que integran las conductas inteligentes a partir de intervenciones ambientales. La importancia de la inteligencia fluida por sobre otras medidas de la inteligencia se debe a que, como se expuso

previamente, la misma es considerada como la medida más confiable para la predicción del rendimiento académico y laboral (Gottfredson, 2002; Deary, et al., 2007; Rohde, & Thompson, 2007).

Como fue presentado en el apartado del desarrollo de la inteligencia fluida, desde la psicometría se determinó que la misma alcanza niveles máximos entre los 21 y 28 años, y luego comienza a decaer, lo cual sugiere que el mecanismo sólo sufría modificaciones ligadas a la maduración y envejecimiento del organismo (Horn, 1972a, 1972b; Kaufman et al., 1991; Lee et al., 2005; Reuben et al., 2011)

Los primeros resultados de los programas de entrenamiento cognitivo también apoyaron la concepción de la inteligencia fluida como inmodificable por medio de estimulación ambiental (Jensen, 1981; Buschkuhl, & Jaeggi, 2010). Las debilidades metodológicas relacionadas con la validez interna como la falta de grupo control, y la consiguiente imposibilidad de aislar los efectos test-retest, desacreditaron muchas intervenciones. En su mayoría, las mismas lograron mejorar el rendimiento académico, pero no los niveles de inteligencia fluida o inteligencia general (Neisser et al., 1996; Barnett, & Ceci, 2002). En otras ocasiones en las que se presentaron ganancias en los tests, se advirtió que los resultados podían ser atribuidos totalmente a los efectos test-retest, y no ha modificaciones en las estructuras cognitivas (Jensen, 1998; Bors, & Vigneau, 2003; te Nijenhuis, van Vianen, & van der Flier, 2007).

Sin embargo, existen investigaciones que apoyan la modificabilidad de la inteligencia por medio de estimulación ambiental, las cuales serán expuestas a continuación.

En los estudios que se reseñarán se han utilizado diversos instrumentos para medir la inteligencia que se consideran como medida del coeficiente intelectual.

Debe recordarse que el mismo es la relación del puntaje bruto obtenido por un evaluado con un baremo elaborado para la población y edad del mismo (Neisser et al., 1996). Las relaciones entre los instrumentos y los constructos teóricos puede ser ambigua, máxime en un campo de investigación en dónde existen múltiples teorías (Hunt, 2011; Nisbett, et al., 2012). Como se ha advertido reiteradamente, muchos instrumentos utilizados para medir el factor general, son considerados medidas de la inteligencia fluida (Carroll, 1993; Blair, 2006; Gignac, 2007). Por consiguiente, para aclarar que no se ignora la pluralidad de interpretaciones que posee un instrumento, y para describir adecuadamente las investigaciones reseñadas, se procederá a informar qué tipo de instrumento fue utilizado en cada una de las investigaciones.

#### 4.4.1. Inteligencia y escolaridad

Existen altas correlaciones entre la inteligencia general y el tiempo de escolaridad, las mismas, según la revisión de 16 estudios efectuada por Ceci & Williams (1997), van de .50 a .90. Estas correlaciones fueron interpretadas como producidas por una relación causal, que tenía a la inteligencia general por causa y al tiempo de escolaridad por efecto. Un nivel mayor de inteligencia implicaría mayor facilidad para la educación, y por lo tanto, una carrera académica más dilatada (Herrnstein & Murray, 1994; Batty, Deary, & Macintyre, 2007). Sin embargo, existen numerosas investigaciones que plantean el caso inverso: el tiempo de escolaridad puede afectar al nivel de la inteligencia.

Sherman & Key (1932) fueron los primeros en publicar datos que apoyaron la influencia de la escolarización en la inteligencia. Estudiaron el nivel de inteligencia de niños que habitaban regiones montañosas aisladas del estado de Washington,

Estados Unidos. Los mismos eran descendientes de inmigrantes escoceses e irlandeses, por lo que se supuso una homogeneidad genética, mientras que poseían diferentes niveles de escolarización y acceso a los medios de información. Utilizaron los siguientes instrumentos para medir la inteligencia: a) el Test Stanford-Binet, b) el Test de Inteligencia Nacional, escala B, forma 2; c) y el Pinter-Cunningham Primary Mental Test. Encontraron que entre los grupos de niños de edad menor no existían diferencias significativas, pero sí entre los niños de mayor edad, pudiendo llegar las mismas de 10 a 30 puntos de coeficiente intelectual. Concluyeron que debían intervenir variables ambientales relacionadas con el acceso a la información, siendo la escolarización la principal de estas variables.

Freeman (1934) obtuvo una correlación de  $-.75$  entre edad e inteligencia en niños y jóvenes con edades de 6 a 22 años, y niveles de inteligencia bajos. Como instrumento se utilizó el Test Stanford-Binet. El investigador explicó las diferencias obtenidas mediante una hipótesis ambiental: los niños de edades menores asistían a la escuela con mayor regularidad que los de edades mayores, por lo tanto, la estimulación mental temprana que se recibía en la escuela era la que podía explicar las diferencias tan pronunciadas.

En una investigación que sigue el camino de las dos citadas anteriormente, Schmidt (1967) estudió la escolarización en comunidades del Este de Sudáfrica, en las cuales la educación aún no era obligatoria. Obtuvo correlaciones de  $.51$  entre el tiempo de escolaridad y los puntajes del Test de Raven.

Baltes & Reinert (1969) informan que existen diferencias significativas entre los niños que por haber nacido días después de la fecha de corte para ser asignados al grado escolar, se han retrasado un año en la educación, teniendo una edad

cronológica similar a sus pares que ingresaron a la escolarización un año antes. Utilizaron una muestra de 840 niños de 4 a 9 años, y efectuaron un seguimiento por dos años. Aplicaron cuatro sub-tests del German Begabunds Test System, dos que medían aspectos de la inteligencia fluida: a) Inducción, b) Velocidad de procesamiento; y dos de la inteligencia cristalizada: c) Comprensión verbal, y d) Facilidad numérica. El dato más llamativo fue que el grupo de 8 años más escolarizado obtuvo rendimientos cercanos al grupo menos escolarizado de 10 años. Cabe destacar que las diferencias fueron mayores en los sub-test que medían aspectos de la inteligencia cristalizada que de la inteligencia fluida.

Husen (1951), contó con una muestra de 613 niños suecos, seleccionados de manera probabilística. Tomó los puntajes de los test de inteligencia escolares en el tercer grado y luego, 10 años después, en el enrolamiento militar. Los dos tests eran diferentes, sin embargo poseían una correlación de .91, y consistían en sub-tests de sinónimos, discriminación de conceptos, serie de números y Matrices Progresivas de Raven. El investigador concluyó que el grupo que había completado la primaria poseía una diferencia de 3 puntos de coeficiente intelectual en relación con el grupo que no la había podido completar, mientras que el grupo que había completado la educación secundaria presentaba diferencias de 8 puntos, en relación con el grupo que no había podido completar la primaria.

El estudio fue replicado por Härnqvist (1968), quien comparó la inteligencia de 4616 adolescentes suecos a los 13 años, con la de los mismos cuando cumplieron 18. Se midió la inteligencia con el Härnqvist IQ Test, que consta de tres subcategorías: espacial, verbal e inductiva. Con la finalidad de ver qué efectos poseía la escolarización en la inteligencia, el investigador emparejó a participantes por coeficiente intelectual inicial. Concluyó que cada año de escolarización perdido entre

los 13 y 18 años, implicaba una merma de 1.8 puntos de coeficiente intelectual, pudiendo llegar la misma hasta 8 puntos, en dos adolescentes con los mismos coeficientes intelectuales iniciales.

Falch & Sandgreen (2011), analizaron una base de datos de 1542 niños que en 1938 estaban en tercer grado, y de su enrolamiento militar compulsivo en 1948. Los test utilizados en esos momentos fueron los mismos que los expuestos en el trabajo de Husen (1950). Informaron que por cada año de escolaridad, el coeficiente intelectual aumentaba de 2.8 a 3.5 puntos, .2 puntuaciones estándar, en relación con el grupo que no había podido completar el ciclo escolar.

Los resultados son concordantes, y apoyan el hecho de que la inteligencia puede modificarse por medio de una influencia ambiental, en este caso, la educación. Es preciso destacar que las relaciones entre educación e inteligencia aún son polémicas, y existen autores que consideran el establecimiento de una relación causal más como una convicción de índole personal, que como una conclusión metodológica (Deary, & Johnson, 2010). No obstante, los resultados de las investigaciones sugieren que la educación es un factor ambiental que afecta, no sólo la inteligencia cristalizada, sino también a la inteligencia fluida. Debe recordarse que muchos de los instrumentos utilizados en las investigaciones son considerados como indicadores del nivel de inteligencia fluida.

Existe un fenómeno más general con respecto a las influencias ambientales en la inteligencia fluida, el cual se considerará a continuación.

#### 4.4.2. Efecto Flynn

Se han producido modificaciones en las medidas de la inteligencia general, fluida y cristalizada a nivel poblacional entre las generaciones del siglo XX, difícilmente atribuibles a variables genéticas. Las mismas sugieren la intervención de diversos factores ambientales (Raven, 2000; Blair, Gamson, Thorne, & Baker, 2005). Dicho efecto ha sido denominado Flynn, por quién es considerado su descubridor, si bien, como señala Rushton (1999), el primero en reportar dicho efecto fue Lynn (1982), pero en una menor escala.

Lynn (1982), advirtió acerca de las diferencias de coeficiente intelectual entre las poblaciones estadounidenses y japonesas, a favor de éstas últimas. A partir de 27 muestras de niños que realizaron el test WISC, determinó que el promedio de coeficiente intelectual en el Japón era de 111, según el baremo disponible para dicha población. Lo más significativo de dichas diferencias, fue que el coeficiente intelectual de la población japonesa había crecido 11 puntos desde su última baremación.

Con posterioridad, Flynn (1984) demostró que en todas las estandarizaciones de la escala Stanford-Binet, WISC, WAIS, WISC-R, WAIS-R, y WPPSI, aumentaron los puntajes brutos, desde 1932 a 1978. Mientras que la ganancia total de coeficiente intelectual en 36 años fue de 13,8 puntos. El fenómeno resultó aún más enigmático, teniendo en cuenta el declive en los tests de rendimiento académico.

Los resultados fueron replicados en 14 naciones desarrolladas, las cuales presentaron una ganancia de 5 a 25 puntos de coeficiente intelectual en un lapso generacional, siendo las mismas mayores en tests libres de influencia cultural, como el Test de Raven (Flynn, 1987). A partir de un análisis de las sucesivas estandarizaciones del Test de Matrices Progresivas, se llegó a la conclusión de que:

“ha habido un continuo incremento de los puntajes en todos los niveles a lo largo del tiempo” (Raven, 2000, p.31).

Posteriormente, se ha informado acerca del fenómeno en Inglaterra (Lynn, & Hampson, 1986), Estados Unidos, Austria, Bélgica, Canadá, Alemania, Dinamarca, Francia, Japón, Holanda, Irlanda, Noruega, Suiza, Suecia, Brasil, Israel, China, Australia, Nueva Zelanda (Flynn, 1994), España (Colom, Pueyo, & Espinosa, 1998), Argentina, (Rossi-Casé, Nerr, & Lopetegui, 2002), Kenia (Daley, Whaley, Sigman, Espinosa, & Neumann, 2003), y República Dominicana (Meisenberg, Lawless, Lambert, & Newton, 2005).

Siendo considerada la inteligencia cristalizada el producto del aprendizaje, mientras que la inteligencia fluida, la capacidad innata de razonamiento lógico abstracto (Horn, & Cattell, 1966), se supondría que el efecto Flynn debiera afectar exclusivamente a la inteligencia cristalizada. Sorprendentemente, el efecto Flynn se manifestó con mayor fuerza en las mediciones inteligencia fluida (Jensen, 1991; Lynn, 2009a; Ang, Rodgers, & Wänström, 2010), el mismo implicó el aumento de 15 puntos por generación, o una desviación estándar de los tests que medían la inteligencia fluida, mientras que el aumento de 9 puntos en tests que se consideran una medida de la inteligencia cristalizada (Flynn, 1987, 1994).

El fenómeno también se ha registrado en sub-tests de memoria episódica como evocación y reconocimiento, y de memoria semántica tales como conocimiento y fluidez, en períodos de 15 años (Rönnlund, & Nilson, 2009).

Existen estudios que reportan que el efecto Flynn se ha estancado, o incluso se ha revertido, en países desarrollados. En un estudio publicado por Sundet, Barlaug, & Torjussen (2004), se afirma que a partir de 1990 no se presentaron incrementos en

los niveles de inteligencia, en una población de conscriptos noruegos.

Concordantemente, Teasdale, & Owen (2005) publicaron que el máximo de puntaje se produjo en 1990, y comenzó a declinar en 1991, para la población danesa. Ambas investigaciones utilizaron tests similares y altamente correlacionados con el Test de Raven y con el WAIS.

Entre 1998 y 2003/2004, en la población danesa se presentaron disminuciones de rendimiento en la totalidad de la batería Børge Prien's Prøvn, la cual está constituida por sub-tests de matrices progresivas, analogías verbales, serie numérica y figuras geométricas. La declinación de los puntajes en la batería fue de 1.5 puntos de coeficiente intelectual, similar a la ganancia registrada entre 1988 y 1998 (Teasdale & Owen, 2008).

En Inglaterra, la caída de los puntajes comenzó antes, Flynn (2009), informó de una caída de 6 puntos en promedio, desde 1980 al 2008. Según el autor, el estancamiento cultural sería el responsable de dicho decremento. En contraposición Lynn & Harvey (2008), señalan que la merma en los coeficientes intelectuales está relacionada con la fertilidad disgenética. El fenómeno consiste en la mayor reproducción de las personas que poseen menor coeficiente intelectual, basándose en la correlación de  $-0.73$ , entre la fertilidad y el coeficiente intelectual a lo largo de las naciones. Al aumentar la reproducción de personas con coeficiente intelectual más bajo, y dependiendo de la información genética la mayor varianza de la inteligencia, se presume que los coeficientes intelectuales de las naciones comenzarán a decaer progresivamente. Otro fenómeno al que se atribuyó el decremento en los puntajes fue la inmigración en Dinamarca, generalmente de países con medias en el coeficiente intelectual menor (Teasdale & Owen, 2008). Como puede verse, ambos temas son altamente sensibles en la actualidad, y deben tomarse con cautela. En primer lugar, la

fertilidad disgenética ha sido considerada como insignificante en cuanto a sus efectos (Hassall, & Sherratt, 2011). En segundo lugar, el mismo fenómeno que pretende explicar la fertilidad disgenética: la caída de los puntajes en los tests, es cuestionable, ya que se ha reportado de manera aislada (Ang, Rodgers, & Wänström, 2010).

Se han planteado numerosas hipótesis para explicar el efecto Flynn, e incluso su caída. El fenómeno plantea dos interrogantes, muy pertinentes para la presente tesis:

1. ¿Qué es lo que aumentó? ¿Aumentó la habilidad cognitiva del ser humano, esto es, sus procesos neurológicos de procesamiento de la información? ¿Aumentó sólo la capacidad de resolver problemas de papel y lápiz?
2. ¿A qué se deben tales aumentos? ¿Son factores ambientales los que intervienen? ¿Puede reducirse el fenómeno a efecto test-retest? ¿Son factores nutricionales o de salud los causantes? ¿Son factores genéticos los que intervienen?

A continuación se expondrán brevemente y analizarán las hipótesis más plausibles que han sido planteadas.

Según Flynn (1987), lo que ha aumentado es la capacidad para resolver problemas abstractos y no la inteligencia. Afirma que los instrumentos que miden coeficiente intelectual realmente miden un correlato débil de la inteligencia: la resolución de problemas abstractos. El autor argumenta que una muestra de esto es el aumento en el coeficiente intelectual y la disminución de los puntajes en los tests de aptitudes escolares, los cuales generan un cuestionamiento en la validez de los instrumentos utilizados para medir la inteligencia.

Los argumentos de Flynn con respecto a este hecho son débiles. En primer lugar, hasta hoy en día no existen mejores medidas de predicción de rendimiento

académico y laboral que las derivadas de los instrumentos de coeficiente intelectual, y más concretamente, de las mediciones de la inteligencia fluida (Neisser et al., 1996; Gottfredson, 2002; Deary et al., 2007; Rohde, & Thompson, 2007) En segundo lugar, la capacidad de resolver problemas lógico-abstractos corresponde a la inteligencia fluida (Cattell, 1987; Carroll, 1993), por lo tanto, teniendo en cuenta las investigaciones citadas, no es posible afirmar que la capacidad de resolver problemas abstractos posea una débil conexión con la inteligencia, o una importancia menor en la investigación psicológica.

En cuanto la explicación del efecto, Dickens, & Flynn (2001) han elaborado un modelo en el cual consideran la interacción del ambiente y el ser humano. Sostienen que los cambios en el entorno y en las habilidades cultivadas entre la década del 30 y el 80 del siglo XX son los responsables de que las personas sean más eficientes en la resolución de problemas lógico-abstractos. El acceso tecnológico, el auge de las comunicaciones, la existencia de actividades laborales de mayor exigencia intelectual, y la participación en la economía de mercado, son actividades que, según el autor, producirían una liberación del pensamiento concreto (Flynn, 2007), y, por consiguiente una mayor abstracción en el procesamiento de la información. A su vez, personas con mayor capacidad de pensamiento lógico abstracto modelan su ambiente y lo tornan aún más estimulante, aumentando su efecto benéfico.

Esta hipótesis ha tenido un apoyo empírico parcial. Ang, Rodgers, & Wänström, (2010), replicaron el efecto Flynn en el período de 1986 a 2004, utilizando el test PIAT-M, y dicho efecto fue mayor en la sección superior de la distribución. No se encontraron diferencias significativas entre regiones urbanizadas y no urbanizadas, género y raza, pero sí en la educación de la madre y en el ingreso por hogar. Los investigadores sugieren que sus datos son consistentes con las mejoras

educacionales, las mejoras en los sistemas sanitarios, el ambiente enriquecido en el hogar, el mayor acceso a las comunicaciones y a los productos culturales, así como a las mejoras en la nutrición. Por su parte, el apoyo más fuerte a la hipótesis ambiental lo brinda la reseña efectuada por Marks (2010), quien a lo largo de todos los países reporta correlaciones entre alfabetización y coeficiente intelectual que van de .79 a .99. El investigador sostiene que el efecto Flynn sería explicable por las diferencias en la educación, que han tenido impacto en el período en el cual el fenómeno ha sido descubierto. Una posición similar es la expuesta por Barber (2005). Como ya ha sido presentado con anterioridad, el investigador informa que a lo largo de 81 naciones, el coeficiente intelectual posee correlaciones de .72 con la asistencia a la secundaria; -.71 con el analfabetismo; -.70 con las faenas de agricultura; y .54 con el Producto Bruto per Cápita. Lo cual le hace concluir que el coeficiente intelectual es plástico y que el ambiente lo moldea en gran medida.

Las mejoras en la nutrición han sido propuestas como una explicación alternativa del fenómeno. Se han reportado mejoras de la nutrición y sus consiguientes consecuencias antropométricas a lo largo de todo el siglo XX, (Harris, 1994). El tamaño del cráneo ha ido aumentando de generación en generación, y estos aumentos pueden ser explicados por medio de las mejoras nutricionales, especialmente de la infancia temprana (Janz, & Meadow Janz, 2000). A su vez, existen estudios que relacionan la inteligencia con el volumen cerebral, como ya fue expuesto con anterioridad (Rushton, & Ankney, 2009).

Lynn (2009b) señala que el efecto Flynn está presente incluso antes de la escolarización de los niños, con lo cual la hipótesis de las mejoras en el sistema educativo quedaría descartada. Se han detectado incrementos en el coeficiente de desarrollo de 3.7 en niños de 2 a 4 años, mientras que de 3.9 puntos de coeficiente

intelectual en niños pre-escolares de 4 a 6 años. El autor concluye que los cambios en el efecto Flynn se deben a un solo factor: la mejora nutricional pre y post-natal. Los datos de Janz & Meadows Janz (2000) apoyan esta hipótesis, ya que han detectado variaciones en la forma del cráneo a lo largo del siglo XX, las cuales son causadas por la nutrición temprana. En España, tomando el período 1970-1999, se ha reportado que los aumentos de coeficiente intelectual se han producido en la mitad más baja de la distribución muestral, siendo menores en las zona media y en la zona alta. Esto sugiere un factor que afectó específicamente a un sector de la distribución, el de inteligencia más baja, y que por lo tanto, esto podría ser causado por déficits nutritivos superados (Colom, Font, & Pueyo, 2003).

No obstante, Flynn (2009) presenta datos contrarios a esta hipótesis. Efectuando un análisis de las variaciones en los puntajes del Test de Matrices Progresivas de Raven en Inglaterra, el autor señala que las mejoras nutricionales no se corresponden con la variabilidad de los puntajes, por lo que la hipótesis nutricional estaría descartada. Si la nutrición fuera un factor causal, no se explica por qué la población de 12 a 15 años a partir de 1979 comenzó a presentar pérdidas en los puntajes. A su vez, la población holandesa de 1944, época en la cual se experimentó una hambruna a causa de la guerra, no presentó alteraciones en los patrones de ganancia del coeficiente intelectual (Flynn, 2007).

Según Rushton, & Jensen (2010b), lo que ha aumentado en el efecto Flynn es “el factor *g* meramente estadístico” (p. 213), mientras que no lo ha hecho el factor *g* genético. Una posición idéntica manifestó Jensen (1998) anteriormente, quien sostuvo que sólo había aumentado la capacidad de resolver tests de papel y lápiz, sin haberlo hecho la inteligencia como mecanismo cognitivo. El autor consideró que el efecto test re-test podría explicar estos resultados.

La posición de los investigadores es criticable. En primer lugar, sostener que existe un factor *g* verdadero y genético y otro menos confiable o estadístico, cae en una circularidad, que desacreditaría al mismo factor general. El factor *g* se mide de manera estadística, y por lo tanto, sólo el factor *g* genético ha sido posible establecer a partir del estadístico. En segundo lugar, sostener que el efecto Flynn se debe sólo a efectos test re-tests es algo difícil de argumentar a partir de la evidencia actual. Existen pruebas del efecto test re-tests, y de cómo el mismo disminuye la saturación del factor general (te Nijenhuis, van Vianen, & van der Flier, 2007), pero las mismas no son suficientes para afirmar que esto es lo que sucede en el efecto Flynn. Se han utilizado tests de elevada confiabilidad, y si bien pueden existir grandes variaciones a lo largo del tiempo, no es coherente que las mismas sean todas hacia un sentido.

Un argumento a favor de esta posición es que la validez de criterio de los tests ha disminuido, debido a que las ganancias de los mismos no se reflejan en los instrumentos que miden capacidades académicas (te Nijenhuis, van Vianen, & van der Flier, 2007). Se ha comprobado la variabilidad factorial en el WAIS, DAT y RAKIT, con las mismas muestras utilizadas en Holanda, sobre las cuales presentaron efecto Flynn (Wicherts et al., 2004). Los autores sostienen que la variabilidad en parte, puede explicar el efecto Flynn. Sin embargo, la misma no siempre fue creciente, por lo que se supone la participación de otros factores. El hecho de que los puntajes de inteligencia disminuyeran en ciertas investigaciones también contradice los efectos test-retest, que supuestamente deberían presentar incrementos (Teasdale & Owen, 2008; Flynn, 2009).

En conclusión, es probable que una pequeña parte del efecto Flynn se deba a la variabilidad instrumental, sin embargo, en ningún caso puede sostenerse que este factor sea el causante total del mismo.

Si bien el lapso de tiempo ha sido pequeño como para suponer cambios genéticos a gran escala, Mingroni (2004, 2007), afirma que el efecto Flynn puede explicarse a partir de los cambios genéticos producidos por modificaciones en la reproducción. La heterosis consiste en la mejora genética a partir de la cruce de individuos con distintas características genéticas por medio de la exogamia. A partir del siglo XX, por el auge de los medios de transporte, la urbanización, y la apertura cultural, existen mayores probabilidades de cruzamiento entre personas de muy diversas características genéticas. A partir de esta cruce se produciría un vigor híbrido: un potenciamiento de las características positivas y una disminución de las probabilidades de presentar características negativas.

Se han presentado evidencias de heterosis en relación con la memoria de trabajo. El polimorfismo del gen del receptor de la Dopamina D2, aumenta el rendimiento de la memoria de trabajo (Gosso et al., 2008). Dicho polimorfismo es producido por la heterosis.

No obstante, Ang, Rodgers, & Wänström, (2010) no han encontrado diferencias en el efecto Flynn entre contextos urbanos y no urbanos, con lo cual, aportan una evidencia negativa hacia la hipótesis de la heterosis.

Una investigación esclarecedora ha sido la de Sundet, Eriksen, Borren, & Tambs (2010). Analizaron los datos de 69.000 pares hermanos noruegos en tres períodos: a) Un período en el que aumentó el nivel de inteligencia, b) otro período que disminuyó el nivel de inteligencia, c) un período en el que la inteligencia se mantuvo constante. En períodos en el que la inteligencia aumentó, la diferencia de inteligencia entre hermanos disminuía mientras más aumentaba la diferencia de edad. En períodos en los que la inteligencia decayó, la diferencia de inteligencia aumentaba cuanto más

crecía la diferencia de edad. En el período de inteligencia constante no se encontraron efectos significativos entre las edades y la inteligencia. Esta investigación contradice fuertemente la hipótesis de la heterosis, a su vez, presenta apoyo a las hipótesis ambientales. Los autores especulan que quizás las capacidades aritméticas permitan explicar el aumento y la caída del efecto Flynn, siendo que el mismo comenzó a decaer con el advenimiento del uso de calculadoras y computadoras como auxiliares en las operaciones aritméticas.

Eppig, Fincher, & Tornhill (2010), utilizando los datos recolectados por Lynn & Vanhanen, (2006) y datos de la Organización Mundial de la Salud, obtuvieron correlaciones de  $-.76$  a  $-.82$  entre la inteligencia y el índice DALY, de años de vida potencialmente perdidos. Los investigadores fueron más lejos e hipotetizaron que la disminución de las enfermedades infecciosas podría explicar el efecto Flynn, debido a que especulan que la lucha contra las infecciones en el ser humano son costosas desde el punto de vista metabólico, y quitarían recursos energéticos al cerebro, disminuyendo así su rendimiento. Esta hipótesis se conoce como la del estrés infeccioso. En los Estados Unidos, los investigadores determinaron una correlación de  $-.67$  entre estrés infeccioso medido por el índice de años de vida potencialmente perdidos y la inteligencia general (Eppig, Fincher, & Tornhill, 2011).

Utilizando los mismos datos, Hassall & Sherratt (2011) cuantificaron la fuerza de las autocorrelaciones espaciales entre las diferentes hipótesis acerca del coeficiente intelectual en las naciones: Distancia de África, temperatura, enfermedades infecciosas, nutrición, educación y Producto Bruto per Cápita. Con esta metodología, pudieron detectar la fuerza explicativa de las hipótesis por separado. Informaron que las dos hipótesis más plausibles son la del estrés infeccioso y la de la temperatura, mientras que los demás factores perdieron significatividad.

El efecto Flynn ha planteado múltiples interrogantes al respecto de los instrumentos de medición de la inteligencia, y de las teorías derivadas de los mismos (Neisser et al., 1996; Hunt, 2011; Nisbett et al., 2012). El hecho de que los niveles medidos de coeficiente intelectual aumentasen, junto con que los aumentos fueran mayores en las pruebas de inteligencia fluida, y la gran cantidad de variables que pueden intervenir en el fenómeno, hicieron del efecto Flynn uno de los enigmas más grandes de la psicología.

A partir de la revisión efectuada, se considera probable que el efecto Flynn sea el resultado de una sumatoria de causas: a) mejoras en la educación (Marks, 2010), b) disminución de las enfermedades infecciosas (Eppig, Fincher, & Tornhill, 2011), c) mejoras nutricionales (Lynn, 2009b), d) mayor acceso a los medios de comunicación y a los productos culturales como los libros, y creación de un ambiente más estimulante (Dickens & Flynn, 2001), y e) mejora en la performance en los tests de papel y lápiz (Rushton & Jensen, 2010). La única hipótesis descartada ha sido la heterosis, por considerarse que existe fuerte evidencia en contra (Sundet et al., 2010). Se podría decir que la conclusión es de excesiva prudencia, sin embargo, debe reconocerse que existen evidencias parciales para todas las hipótesis consideradas, y lo dificultoso de poder aceptar o rechazar alguna de las hipótesis a partir de la evidencia existente.

En cuanto a la posibilidad de que el ambiente modifique la inteligencia fluida, el autor de esta tesis considera que el efecto Flynn en parte apoya esa posibilidad.

Existen las siguientes evidencias a favor:

1. Las altas correlaciones entre el alfabetismo y los niveles de inteligencia, y las notables mejoras en el nivel educativo del último siglo (Barber, 2005; Marks, 2010).

2. El estancamiento del efecto Flynn en muestras de países desarrollados, en las que puede suponerse que han llegado a un tope en las mejoras educativas (Sundet et al., 2004; Teasdale & Owen, 2005, 2008; Flynn, 2009), mientras su progresión en muestras de países sub-desarrollados en los cuales la educación continúa mejorando (Daley et al., 2003; Meisenberg et al., 2005).
3. El hecho de que el efecto Flynn no pueda deberse totalmente a los factores nutritivos (Flynn, 2009) ni tampoco a factores hereditarios (Sundet et al., 2010).
4. La evidencia existente acerca de que la educación provoca modificaciones en la inteligencia, reseñada anteriormente.

Se disponen de indicios más directos acerca de la posibilidad de modificar la inteligencia fluida por medio de acciones directas y tendientes a tal objetivo. A continuación serán expuestos.

#### 4.4.3. Efectos del entrenamiento cognitivo en la inteligencia fluida

##### 4.4.3.1. Transferencia y Permanencia

Según Shipstead et al. (2010), la transferencia se define como el efecto que posee el entrenamiento en una tarea cognitiva en el rendimiento de otra tarea cognitiva diferente. Se considera que la transferencia cercana se produce cuando el entrenamiento en una tarea aumenta el rendimiento en otra tarea similar, o que implique mecanismos similares. Un ejemplo de esto sería el entrenamiento en memoria de trabajo general, que genere un aumento en memoria de trabajo verbal.

En cuanto a la transferencia lejana, se produce cuando el entrenamiento en una tarea produce aumentos de rendimiento en otra tarea que tiene grande diferencias y que implica otro mecanismo, como puede ser el entrenamiento en memoria de trabajo que posee efectos en la inteligencia fluida y/o en el rendimiento académico (Shipstead et al., 2010).

La permanencia se refiere a la conservación temporal del efecto del entrenamiento cognitivo, luego de que el entrenamiento ha finalizado (Buschkuehl & Jaeggi, 2010).

#### 4.4.3.2. Adultos Mayores

Las estrategias de intervención en adultos mayores son interesantes debido a dos fenómenos subsidiarios: En primer lugar, se ha considerado que los adultos mayores poseen escasa plasticidad neuronal, por lo que difícilmente puedan beneficiarse con el entrenamiento cognitivo (Garlick, 2002). En segundo lugar, es la población más afectada por las enfermedades neurodegenerativas y por los déficits cognitivos (Venketasubramanian, Sahadevan, Kua, Chen, & Ng, 2010).

Plemons, Willis, & Baltes (1978) realizaron una investigación con una muestra de 30 adultos mayores, de edades entre 59 a 85 años, y una media de edad de 69 años. Se diseñó un programa de entrenamiento para mejorar el rendimiento en relaciones espaciales, uno de los principales componentes de la inteligencia fluida (Carroll, 1993). Se crearon de manera aleatoria dos grupos: uno experimental, otro control sin contacto. Se utilizó un diseño pretest-posttest. El grupo experimental fue entrenado en ocho sesiones de una hora, administradas dos veces por semana. La estructura habitual de las sesiones consistía en: a) Introducción-primera sesión- o

revisión del contenido trabajado previamente-segunda sesión en adelante. b) Introducción del nuevo material, con modelado para el logro de su solución efectuado por el instructor. c) Practica individual con el material nuevo y corrección inmediata de la misma. d) Discusión grupal acerca de la resolución de los ítems e identificación de las soluciones.

Con respecto a la transferencia, existieron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en las medidas de relaciones espaciales, pero no en las medidas de inducción y de comprensión verbal. A su vez, se constató la permanencia del efecto a la semana, al mes y a los 6 meses. A pesar de la notoriedad de los resultados, la investigación es cuestionable porque pueden haber existido grandes similitudes entre las tareas de entrenamiento y las tareas de evaluación, aspecto que no se especifica en la investigación. También puede haberse producido efecto Hawthorne y respuesta a la demanda, dado que no se utilizó grupo control activo. Por último, debe destacarse el escaso tamaño de la muestra.

Ball et al. (2002), realizaron un estudio longitudinal con la finalidad de conocer el efecto de tres tipos de entrenamiento cognitivo: a) entrenamiento en memoria episódica, b) entrenamiento en velocidad de procesamiento, c) entrenamiento en razonamiento. Asignaron cuatro grupos de manera aleatoria, utilizando uno de ellos como control. Seleccionaron una muestra de 2832 participantes, con edades de 65 a 94.

Se entrenaron a los grupos experimentales en 10 sesiones de 60 a 75 minutos, a lo largo de 6 semanas. A un 60 % de los integrantes de los grupos experimentales, seleccionados aleatoriamente, se le brindó, a los 11 meses, un entrenamiento de

refuerzo, consistente en 4 sesiones de 75 minutos cada una, dictadas a lo largo de 2 a 3 semanas. Se midieron los resultados del entrenamiento al terminar el programa, al año y a los dos años. Se encontraron diferencias significativas entre los grupos experimentales y el grupo control, el programa de refuerzo mostró mejorar los rendimientos en el grupo en las tres medidas. Los efectos del entrenamiento presentaron diferencias estadísticamente significativas aún en el último post-test efectuado 2 años después, si bien se registraron disminuciones del efecto.

Los autores remarcan que los resultados obtenidos sugieren que los programas de entrenamiento realizados pueden tener el potencial para revertir el declive de rendimiento cognitivo producido por el envejecimiento saludable. Entre los 67 y 74 años se ha reportado que la reducción de las habilidades de razonamiento poseen un tamaño de efecto  $d = .22$ , y que se incrementa luego de un intervalo de 14 años, de 67 a 81 años en  $d = .43$ . Sin embargo, el tamaño del efecto del entrenamiento en habilidades de razonamiento fue de  $d = .48$ . El declive en la memoria ha sido reportado con un tamaño de efecto de  $d = .25$  en un intervalo de 6 a 7 años. El efecto del entrenamiento en memoria ha sido de  $d = .25$ . Por último, la reducción de rendimiento en velocidad de procesamiento en 2 años es de  $d = .16$ . Los efectos del entrenamiento han sido de  $d = 1.46$ , 9 veces mayores que la expectativa de declive luego de dos años de envejecimiento normal. Si bien esta investigación utilizó una muestra grande, debe destacarse la ausencia de grupo control activo, y la posibilidad de similitud entre el entrenamiento cognitivo y los instrumentos de medición.

Stine-Morrow, Parisi, Morrow, & Park, (2008) combinaron la resolución de problemas con el contacto social en grupos de adultos mayores, hipotetizando que estos dos factores producirían mejoras en la actividad cognitiva de los mismos. Utilizaron 87 participantes en el grupo experimental y 63 en el grupo control. La

media de edad fue de 73 años. Se midió la inteligencia con un conjunto de medidas que abarcaron la velocidad de procesamiento, el razonamiento inductivo, la memoria de trabajo, el procesamiento visuo-espacial, y el pensamiento divergente. El grupo experimental fue entrenado en resolución de problemas a largo plazo. Los participantes podían elegir entre diversas áreas de resolución de problemas, como la ciencia, la literatura o la historia, y a cada participante se le asignaba una tarea (Ej.: Investigación histórica, comentarios de obras literarias, reseña de investigaciones científicas). El grupo experimental se separó por selección de problemas a resolver, y se efectuaron 20 reuniones de frecuencia semanal con un entrenador. En las reuniones grupales se trabajó en los problemas a largo plazo, como así también en la resolución de problemas planteados espontáneamente.

Se reportaron diferencias de grupo significativas en los factores ligados con la inteligencia fluida, a favor del grupo experimental. Esta investigación es interesante ya que la tarea de entrenamiento fue sustancialmente diferente del instrumento de evaluación. Sin embargo, se careció de grupo control activo.

Una investigación similar fue llevada a cabo por Tranter, & Koutstaal, (2008), mediante 44 participantes con quienes conformaron aleatoriamente dos grupos, uno experimental y otro control. La media de edad fue de 67.83. Como estímulo experimental se utilizaron sesiones de entrenamiento en resolución de problemas y en creatividad, las cuales tuvieron una periodicidad de 2 por semana, durante 10 a 12 semanas, durando una sesión individual entre 40 y 60 minutos. Los participantes desarrollaron estas tareas tanto en laboratorio como en su hogar. Se utilizó el Test de Inteligencia Libre de Influencias Culturales de Cattell. Se reportó una mejora significativa a favor del grupo experimental, con un tamaño de efecto de  $d = .56$ .

Deben destacarse, como debilidades metodológicas, la ausencia de grupo control activo, y el escaso tamaño de la muestra.

En una novedosa investigación, Basak, Boot, Voss, & Kramer, (2008) utilizaron como entrenamiento a un video juego de estrategia disponible en el mercado (*Rise of Nations: Gold Edition*). Los investigadores seleccionaron este video juego debido a que consideraron que implicaba actividades relacionadas con la memoria de trabajo y con la planificación estratégica. Como muestra seleccionaron a 40 adultos mayores, con una media de 70 años, asignados al azar al grupo experimental o al grupo control. Se utilizó el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada. Se efectuaron mediciones antes, durante, y posteriormente al entrenamiento.

Se le brindó al grupo experimental un entrenamiento en 15 sesiones de 90 minutos de duración, repartidas entre 4 y 5 semanas. No se mantuvo contacto con el grupo control.

Se reportaron diferencias significativas extra-grupos a favor del grupo experimental, como también diferencias significativas intra-grupos, entre el momento previo al entrenamiento, durante al entrenamiento y posterior al entrenamiento. Se concluyó que el entrenamiento mediante el video juego *Rise of Nations: Gold Edition* produce incrementos en la inteligencia fluida, y que dicho incremento es mayor cuanto más sesiones de entrenamiento se realizan. Esta investigación también cuenta con la ventaja de que la tarea realizada fue totalmente diferente del instrumento con el cual se evaluó a los participantes. Sin embargo, puede ser criticada por la ausencia de grupo control activo.

#### 4.4.3.3. Niños

Klauer, Willmes, & Phye (2002), efectuaron un estudio con una muestra de 279 participantes, con una media de edad de 7 años. Utilizaron 12 clases de primer grado escolar, asignando seis clases al grupo experimental y una clase al grupo control. Los autores entrenaron al grupo experimental en razonamiento inductivo. Definieron este tipo de razonamiento como el proceso cognitivo por el cual a partir de determinados inputs de información se detectan regularidades e irregularidades. Esto se logra a partir de un proceso comparativo, en el cual se establecen similitudes y diferencias entre los atributos y las relaciones de los objetos evaluados.

La intervención consistió en un programa de entrenamiento en razonamiento inductivo diseñado por Klauer, & Phye (1994). El mismo tiene como objetivos: a) Reconocer problemas que requieran el razonamiento inductivo, b) Diferenciar los tipos de problemas inductivos, c) Aplicar la forma adecuada de solución a cada tipo de problema, d) Controlar la corrección de la respuesta elegida. El entrenamiento tuvo una duración de 5 semanas, y una frecuencia de 2 entrenamientos de 45 minutos de duración máxima. Por lo tanto, se efectuaron 10 sesiones de entrenamiento de una duración de 450 minutos. El entrenamiento se realizó en grupos de 5 alumnos, con la asistencia de dos entrenadoras experimentadas en la aplicación de dicho programa. Se utilizaron tres instrumentos, el Test de Matrices Progresivas Coloreadas de Raven, El Test Libre de Influencias Culturales de Cattell, y un test verbal adaptado a la edad de los participantes.

Se produjo un efecto de transferencia en razonamiento inductivo, existiendo una diferencia estadísticamente significativa a favor del grupo experimental en relación al grupo control. A su vez, se constató el aumento de la inteligencia fluida, pero no

el de la inteligencia cristalizada en el grupo experimental. Por último, se estableció una permanencia del efecto de entrenamiento luego de 6 meses.

Klauer, & Phye (2008) efectuaron un meta-análisis sobre 74 estudios que emplearon su sistema de entrenamiento en razonamiento inductivo, con una muestra cercana a 3600 niños. Concluyen que se observa un incremento en la inteligencia fluida atribuible al entrenamiento. Además, el entrenamiento posee un efecto positivo sobre el rendimiento académico, lo cual niega la crítica de que el efecto del entrenamiento cognitivo no se transfiere a actividades relacionadas con la inteligencia (Jensen, 1998; Shipstead et al., 2010). A su vez, el hecho de que haya aumentado una medida de criterio para la inteligencia fluida como lo es el rendimiento académico, hace poco factible que las mejoras en las mediciones de la misma se deban a la similitud con las tareas de entrenamiento.

Schellenberg (2004), se basó en la hipótesis de que el entrenamiento de las habilidades relacionadas con la práctica de la música produciría un incremento en el nivel de inteligencia. Según el autor, existen habilidades compartidas entre la inteligencia y la práctica de la música: La atención concentrada, la memorización auditiva, el procesamiento y la codificación de la información simbólica, así como las actividades de motricidad fina. Se contó con una muestra de 144 niños, con una media de edad de 6 años. Mediante la asignación aleatoria fueron divididos en cuatro grupos: a) Lecciones de piano, b) Lecciones de canto; c) Lecciones de drama, d) Sin lecciones. Los dos primeros grupos fueron considerados experimentales, lo restantes operaron como control. Las lecciones duraron 36 semanas. Se utilizó un diseño de pre-posttest, mediante el WISC III (Wechsler, 1991). La diferencia entre los grupos experimentales y el control fue significativa, reportándose una ganancia de 7.0 puntos de cociente intelectual en los grupos experimentales, y una ganancia de 4.3

puntos de cociente intelectual en el grupo control. Mientras que el tamaño del efecto entre los grupos experimentales juntos fue de  $d = .46$ . Esta investigación contó con la ventaja de poseer grupos de control activos, y un gran tamaño de la muestra.

#### 4.4.3.4. Entrenamiento de la Memoria de Trabajo

Klingberg, Forssberg, & Westerberg (2002), efectuaron una investigación con dos muestras, una integrada 14 participantes con una media de edad de 11.4 años, con diagnóstico de Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad, otra con 7 participantes adultos saludables. Como instrumento utilizaron el Test de Matrices Progresivas Coloreadas de Raven, un test de memoria de trabajo de estímulos visuo-espaciales, una prueba de Stroop, y una prueba de tiempo de reacción para la muestra infanto-juvenil, mientras que para la muestra de adultos se utilizó como medida de la inteligencia fluida el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada.

El programa de entrenamiento consistió en cuatro tareas relacionadas con la memoria de trabajo:

1. Una tarea de amplitud visual, en la cual se debía indicar la posición de los círculos, según su secuencia de aparición, en una grilla de cuatro por cuatro.
2. Una tarea de repetición de dígitos en orden inverso, en la que los participantes debían repetir una serie de dígitos verbalizados de atrás hacia adelante, similar a la del subtest dígito del WAIS (Wechsler, 1984).
3. Una tarea de amplitud con letras, consistente en la identificación de la letra y de la ubicación de la misma, luego de su presentación.

4. Una tarea si/no, en la cual sólo se debía tocar una tecla en el caso de que se produzca un determinado cambio en el estímulo visual: que alguno de los dos círculos presentes cambiasen su color a gris.

Todas estas tareas poseían niveles de adaptación al rendimiento del participante.

El entrenamiento duró de 5 a 6 semanas, consistió en 26 sesiones, insumiendo cada una aproximadamente 25 minutos. Se presentaron diferencias significativas a favor del grupo experimental con la muestra de 14 niños. Esto es notable, teniendo en cuenta que se utilizó un grupo de control activo. A su vez, el grupo de 7 adultos experimentó incrementos significativos.

Motivados por los resultados y por los déficits metodológicos de la investigación anterior, Klingberg et al. (2005), efectuaron un estudio con una muestra mayor, y con grupo control aleatoriamente asignado. Utilizaron 20 participantes en el grupo experimental y 24 en el control, diagnosticados con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad. La media de edad fue de 10 años. Se utilizó el software RoboMemo de Cogmed, que posee aplicaciones similares a las del entrenamiento del anterior estudio. El entrenamiento duró cinco semanas, consistió en 20 sesiones, insumiendo cada una 40 minutos. Como instrumento se volvió a utilizar el Test de Matrices Progresivas Coloreadas de Raven. Se obtuvieron ganancias significativas en el grupo experimental en relación al grupo control, a su vez, los resultados se mantuvieron en el post-test efectuado 3 meses luego de finalizar el entrenamiento.

Sin embargo, estas investigaciones no han podido ser replicadas. Utilizando el mismo sistema de entrenamiento, Thorell et al. (2009), y Holmes, Gathercole, & Dunning (2009) no pudieron obtener ganancias significativas en los niveles de inteligencia fluida.

La investigación más relevante para esta tesis es la de Jaeggi et al. (2008), en la cual se efectuó un experimento con la finalidad de aumentar los niveles de inteligencia fluida mediante el entrenamiento *dual n-back*, prueba considerada de memoria de trabajo. La investigación se fundamentó en evidencias previas sobre los componentes compartidos entre la inteligencia fluida y la memoria de trabajo (Kane, Conway, & Hambrick, 2005). Por lo tanto, los autores consideraron que si entrenaban a los participantes en uno de los dominios (memoria de trabajo), verían beneficios en otro dominio (inteligencia fluida), lo cual se denomina transferencia lejana (Buschkuhl, & Jaeggi, 2010; Shipstead et al., 2010).

Los investigadores utilizaron los siguientes criterios para seleccionar la tarea de entrenamiento:

1. La tarea debe tener características que disminuyan o impidan el desarrollo de estrategias específicas para su resolución.
2. Para prevenir la excesiva facilidad o dificultad de la tarea, la misma debe adaptarse al nivel del participante.
3. La tarea debe entrenar múltiples procesos en un mismo tiempo, con la finalidad de que existan mayores beneficios en el entrenamiento, y mayores transferencias de su efecto.

La tarea que los investigadores seleccionaron fue el programa de entrenamiento *dual n-back* (Buschkuhl, Jaeggi, Kobel, y Perrig, 2007). La tarea *dual n-back* implica la presentación simultánea de dos estímulos, uno visuo-espacial (un cuadrado que puede ocupar ocho posiciones diferentes) y uno auditivo (una de 8 consonantes en inglés), la presentación de estos estímulos se sucede cada 2.5 segundos. La tarea comienza en el nivel 1, en el cual el participante debe apretar el botón “S” del teclado

si se repiten dos estímulos visuales ubicados en el mismo lugar, y el botón “L” del teclado si se repiten dos estímulos auditivos. Luego 1 minuto la tarea se interrumpe y el programa informa al participante acerca de su rendimiento. Si cometió menos de 3 errores en cada una de las modalidades (auditiva y visual), el nivel se eleva. En el segundo nivel el participante debe apretar el botón “L” cuando identifica el estímulo auditivo con un intervalo de dos estímulos, es decir, si se escuchó “k”, luego “g”, y luego “k”, el participante debe apretar el botón “L”. Lo mismo vale para los estímulos visuo-espaciales. Luego de un minuto, si cometió menos de 3 errores en cada una de las modalidades de presentación de estímulos, se aumenta el nivel, por lo que ahora el espacio entre estímulos a identificar será de 3. Si cometió más de 3 errores pero menos de 5 se conserva el nivel. En el caso de que se cometa más de 5 errores, para cualquier de las dos modalidades, se baja de nivel. No existen límites en cuanto a niveles, a pesar de que generalmente no se alcanzan niveles mayores a 8 en entrenamientos prolongados. Las presentaciones, o bloques, duran 1 minuto y son 20 en total, más un bloque por nivel alcanzado. La sesión de entrenamiento dura 25 minutos aproximadamente.

Se seleccionó una muestra de 75 participantes, con una media de edad de 26 años. Se conformaron aleatoriamente dos grupos, 34, ya que uno dejó el experimento, integraron el grupo experimental, y 35 el grupo control, sin contacto. El grupo experimental se dividió en cuatro, a partir de los días de entrenamiento: a) 8 días, b) 12 días, c) 17 días, d) 19 días. El tiempo aproximado de entrenamiento por día fue de 25 minutos, consistente en una sesión del programa *dual n-back*.

Se utilizó el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada y el Test de Matrices de Bochumer (Hossiep, Turck, y Hasella, 1999), ambos acortados a 10 minutos de toma por decisión de los investigadores.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Se encontraron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en inteligencia fluida y en memoria de trabajo verbal medida mediante Aptitud de Dígitos. Sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en la Prueba de Amplitud Lectora.
2. Los incrementos en inteligencia fluida no pudieron atribuirse a los incrementos en memoria de trabajo. Cuando fue controlada la ganancia en los puntajes de memoria de trabajo mediante ANCOVA, esto no influyó en los incrementos en la inteligencia fluida.
3. Se encontraron diferencias significativas según el número de sesiones, siendo los grupos más entrenados los que mayores incrementos en inteligencia fluida y en memoria de trabajo verbal presentaron. Se reportó un efecto dependiente de la dosis de entrenamiento.

Del estudio, los autores concluyen que la inteligencia fluida puede aumentarse mediante el entrenamiento *dual n-back*, y que este incremento no se debe a los aumentos en la capacidad de la memoria de trabajo. Debe destacarse que el estudio logró efectos de transferencia cercana, con el aumento del Test de Amplitud de Dígitos, y transferencia lejana, mediante el incremento de la medida de inteligencia fluida.

Sin embargo, existen diversas críticas a la investigación expuesta. Mody (2009) considera que los resultados no permiten concluir acerca de la existencia de aumentos en la inteligencia fluida. El autor afirma que existen irregularidades en la utilización de los instrumentos de medición por parte de los investigadores. De los cuatro grupos experimentales, en sólo uno se utilizó el Test de Matrices Progresivas

de Raven, el grupo sometido a 8 días de entrenamiento, mientras que en los restantes se tomó una versión acortada del BOMAT. El mencionado instrumento posee 29 ítems de dificultad progresiva, y posee un tiempo máximo de toma de 45 minutos. Sin embargo, los autores modificaron el tiempo de toma a 10 minutos. El resultado de esto es que, según la consideración del autor, transformaron un test de inteligencia fluida en uno de velocidad de completamiento de figuras, con el agravante que sólo se pudieron resolver los ítems más fáciles, sin llegarse hasta los de mayor dificultad.

En la investigación de Jaeggi et al. (2008), se aclara en una nota al pie que la correlación entre la versión acortada y la de 45 minutos del BOMAT es de .95, sin embargo, el estudio que citan fue efectuado con el Test de Raven. Por lo que podría presuponerse que la versión acortada del BOMAT no mide la inteligencia fluida (Mody, 2009). El autor señala que el grupo entrenado por 8 días, el cual fue evaluado con el Test de Raven, presentó muy leves aumentos. En cuanto a las diferencias de grupo que se presentaron en el BOMAT, el investigador considera que se deben a la similitud que poseen con la tarea visual del *dual n-back*. Por último, el autor señala una crítica más general acerca de la naturaleza del incremento, el cual podría reducirse a la capacidad de resolver tests y no a la inteligencia fluida como un proceso cognitivo.

Las críticas expuestas son útiles pero no desacreditan por completo la investigación. La utilización del BOMAT en versión corta es una debilidad metodológica importante de la investigación. Además, debiera haberse utilizado un mismo instrumento para medir la inteligencia fluida. Sin embargo, también debe considerarse que la investigación obtuvo diferencias de grupo no atribuibles al efecto test-retest, y que la apreciación del autor acerca de que el BOMAT restringido en

tiempo se convierte en un test de velocidad es osada, no obstante, es probable que pueda perder su confiabilidad y validez.

Continuando con esta línea de investigación, Jaeggi et al. (2010), efectuaron dos experimentos con la finalidad de dilucidar las relaciones entre la tarea *dual-n back*, la inteligencia fluida y la memoria de trabajo. En el primer experimento, utilizaron una muestra de 104 estudiantes universitarios, con una media de 21.3 años. Se emplearon la tarea *dual n-back*, una tarea llamada *single n-back*, similar a la anterior, pero sin estímulos auditivos. Como medida de memoria de trabajo se usó el test OSPAM (Unsworth, Heitz, Schrock, & Engle, 2005), y como medidas de la inteligencia fluida el test BOMAT A y B, y el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada, ambos instrumentos, en una versión acortada arbitrariamente por los investigadores a los 10 minutos. Los autores argumentan que existen múltiples estudios que emplean tales versiones acortadas, y la existencia de altas correlaciones entre la versión del Test de Raven corta y extendida.

Obtuvieron una correlación de  $r = .72$  entre la tarea *dual n-back*, y una tarea *single n-back*. También reportaron que las medidas de inteligencia fluida fue la que mejor predijo el rendimiento en las tareas de *dual n-back* y *single n-back*. Mientras que la tarea *dual n-back* comparte efectos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo, la tarea *single n-back* sólo posee efectos en la inteligencia fluida.

En un segundo estudio, efectuado con 99 participantes, con una media de edad de 19,4. Fueron asignados 42 participantes mediante un programa de emparejamiento al grupo experimental, y 47 al grupo control. Dentro del grupo experimental, se conformaron dos grupos, uno de 21 participantes, que se entrenó en el *single n-back*, otro de 25 participantes, entrenado en el *dual n-back*. Se utilizaron los mismos

instrumentos, sólo que el test BOMAT se tomó con un límite de tiempo de 16 minutos y el de Raven de 11 minutos.

Se obtuvieron diferencias significativas en inteligencia fluida entre los grupos experimentales y el grupo control, pero no entre los dos grupos experimentales.

La crítica efectuada por Mody (2009), también puede efectuarse aquí con respecto a los dos instrumentos de medición de la inteligencia fluida. No existen evidencias de que el BOMAT de 16 minutos, como se empleó en el estudio, sea fiable, como tampoco el Raven avanzado de 11 minutos. Si bien si existe evidencias acerca de la validez de los 20 minutos en una versión corta (Hamel, & Schmittmann, 2006), los autores emplearon el mismo instrumento de la versión expandida, sólo que restringiendo el tiempo.

Shipstead, Redick, & Engle, (2010) efectuaron numerosas críticas a la investigación de Jaeggi et al. (2008), las cuales también se pueden aplicar a la última investigación reseñada. La primera crítica consiste en que se emplearon grupo control sin contacto, y esto, según los autores, podría producir en el grupo experimental un efecto Hawthorne, y una respuesta a la demanda.

El efecto Hawthorne en investigación consiste en cambios conductuales positivos por parte de los participantes producidos por la atención recibida de los investigadores. Se ha sugerido que el contacto con el investigador puede tener un efecto sobre la motivación, haciendo sentir a los participantes importantes o respetados, y por lo tanto, esto influiría en su rendimiento (McCarney et al., 2007). Por lo tanto, el grupo experimental ha tenido más contacto con los experimentadores, y se supone que pudieron estar más motivados al momento de responder a los post-tests.

La respuesta a la demanda consiste en las modificaciones conductuales que se producen en los participantes de investigaciones con la finalidad de actuar de la manera en la cual se predice que actuarán. La respuesta a la demanda supone que el participante conozca o suponga la finalidad de la investigación y el hecho que la misma pretende probar (Orne, 1962). Sabiendo o infiriendo el grupo experimental que los investigadores esperaban que su rendimiento cognitivo aumentara luego del entrenamiento, pueden haberse esforzado más en los post-tests.

Estas objeciones deben ser tenidas en cuenta. McCarney et al. (2007), advirtieron acerca de la presencia del efecto Hawthorne en participantes con demencia moderada. Utilizaron un diseño factorial 2 X 2, configurando cuatro grupos a partir de una muestra de 173 participantes. La asignación fue aleatoria y la investigación fue doble ciego. Los investigadores compararon los grupos a partir de cuatro tipos de tratamientos: 1. Quienes tomaban ginkgo biloba, 2 quienes tomaban placebo., 3. quienes tuvieron un contacto más extenso con el personal sanitario, y, 4. quienes tuvieron un contacto más breve. Se evaluaron a los participantes con el ADAS-COG, un instrumento que mide el funcionamiento cognitivo en la demencia moderada, y el QOL-AD, que mide la calidad de vida. No encontraron diferencias entre la toma o no del ginkgo biloba, pero sí a favor de quienes habían tenido un contacto más extenso con el personal médico. Los investigadores concluyen acerca de la existencia del efecto Hawthorne en pacientes con demencia, es decir, que las mejoras en sus mediciones de cognición y calidad de vida se deben a la atención que fue brindada a ellos.

Con respecto al efecto de la demanda, el mismo ha sido reportado en numerosos casos, y es un reconocido factor que afecta la validez interna de las investigaciones (Rosnow, 2002; Nichols, & Manner, 2008).

Utilizando grupo control activo, Jaeggi, Buschkuhl, Jonides, & Shah, (2011), sólo pudieron encontrar diferencias significativas en inteligencia fluida en los participantes que habían mejorado su rendimiento en la tarea *single n-back*. La muestra consistió en 62 niños, mientras el grupo control realizó una tarea de conocimiento general y vocabulario, el mismo tiempo y con la misma dosis que el grupo experimental. Los efectos se mantuvieron en un post-test realizado luego de 3 meses. Esta es la única investigación que combinó la tarea *single n-back*, el grupo de control activo, y la medición de la permanencia del efecto. Lamentablemente, en los tests utilizados, el TONI y el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala General, Versión Acortada, se restringió el tiempo nuevamente a 10 minutos. Por consiguiente, la crítica de Mody (2009) puede efectuarse también a esta investigación.

Los investigadores tuvieron que separar al grupo experimental en quienes habían obtenido ganancias en la tarea y quienes no, para obtener diferencias significativas. Tampoco se obtuvieron efectos a partir del número de sesiones. Sin embargo, es destacable que el efecto del entrenamiento en el grupo con ganancia en la tarea se mantuviera a lo largo de 3 meses, así como la utilización de un grupo de control activo. El hecho de que los investigadores no obtuvieran los resultados en el grupo experimental en comparación con el grupo de control activo, hace aún más pertinente la advertencia de Shipstead, Redick, & Engle, (2010), con respecto a la posibilidad de la presencia del efecto Hawthorne en las anteriores investigaciones.

Una investigación relacionada con la anterior, es la de Borella, Carretti, Riboldi, & De Beni (2010), quienes obtuvieron incrementos en la inteligencia fluida a partir del entrenamiento de la memoria de trabajo. Utilizaron una muestra de 40 adultos mayores, con una media de edad de 69 años. En tres sesiones de entrenamiento en

una versión modificada del test CWMS. Como medida de la inteligencia fluida se utilizó el Test Libre de Influencias Culturales de Cattell. Los resultados fueron llamativos, y se mantuvieron luego de 8 meses. Cabe destacar que con sólo tres sesiones de entrenamiento los investigadores lograron un aumento de 4,05 puntos de media en el grupo entrenado en el Test de Cattell. Lo interesante de este experimento, además de la utilización de adultos mayores, es la presencia de un grupo de control activo.

De todos los estudios reseñados, se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Las medidas de inteligencia fluida han aumentado mediante entrenamiento cognitivo en adultos mayores (Plemons et al., 1978; Basak et al., 2008; Stine-Morrow et al., 2008; Tranter, & Koutstaal, 2008), niños (Klauer et al., 2002; Klauer y Phye 2008; Schellenberg, 2004, Borrella et al., 2010), niños con Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad (Klingberg et al. 2005), y adultos (Jaeggi et al., 2008; Jaeggi et al., 2010).
2. No está claro que el efecto esté relacionado directamente con el monto del entrenamiento, en algunas investigaciones se ha corroborado (Basak et al., 2008; Jaeggi et al., 2008) y en otras no (Jaeggi et al., 2011).
3. El efecto del entrenamiento parece mantenerse estadísticamente significativo a pesar del paso del tiempo. Esto se produjo en los estudios de Ball et al., (2002), luego de 2 años, Borella et al., (2010) luego de 8 meses, Plemons et al., (1978) y Klauer et al., (2002), luego de 6 meses, y en la investigación de

Jaeggi et al. (2011), luego de 3 meses. Sin embargo, se desconoce la permanencia del efecto producido por el entrenamiento *dual n-back* en adultos.

4. Con respecto al entrenamiento *dual n-back*, se desconocen sus efectos por sobre más de 20 sesiones (Jaeggi et al., 2010).
5. En las investigaciones de Jaeggi et al., (2008), Jaeggi, et al. (2010), y Jaeggi et al., (2011), los resultados se encuentran limitados por la utilización de instrumentos acortando el tiempo de toma, sin evidencia que respalde la validez de tal procedimiento (Mody, 2009).
6. Existen falencias metodológicas en la mayoría de los estudios con respecto a la ausencia de grupo control con contacto, las cuales pueden explicar los resultados por la respuesta a la demanda y/o efecto Hawthorne (Shipstead, Redick, & Engle, 2010).

#### **4.5. Efectos del entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo**

Al igual que la inteligencia fluida, la memoria de trabajo se consideró inmodificable por las influencias ambientales, y sólo modificable por los fenómenos de maduración y de envejecimiento (Salthouse, & Babcock, 1991; Reuben et al., 2011). A diferencia de lo que ocurre con la inteligencia, en el campo de investigación

de la memoria de trabajo no se poseen resultados de tanta amplitud temporal y geográfica como para reportar cambios generacionales como el efecto Flynn (1987), o cambios por la escolarización, como los expuestos por Ceci & Williams (1998). Sin embargo, existen investigaciones que han reportado aumentos en la capacidad de memoria de trabajo a partir del entrenamiento cognitivo, las cuales serán expuestas a continuación.

Debido a que algunas investigaciones que lograron efectos en la inteligencia fluida a partir del entrenamiento, también lo hicieron con las medidas de la memoria de trabajo, se reseñarán las mismas omitiendo sus características metodológicas, ya descritas anteriormente.

#### 4.5.1. Participantes con psicopatologías

Bell, Bryson, & Wexel (2003), han reportado aumentos en la memoria de trabajo verbal en un grupo de pacientes con esquizofrenia entrenados cognitivamente por 6 meses y asistiendo a terapia ocupacional, en relación a otro grupo de control activo, que sólo realizó terapia ocupacional. Para la investigación se utilizó una muestra de 102 participantes. El seguimiento, efectuado a los 6 meses reveló que los efectos aún permanecían. Esta investigación fue replicada con 145 participante, obteniéndose resultados similares (Bell, Fiszdon, Greig, Wexler, & Bryson, 2007).

Klingberg, et al. (2005), logró efectos en la memoria visuo-espacial, medida por el Span Board Task del test WAIS RNI, y en la memoria de trabajo verbal, medida por el Test de Amplitud de Dígitos del WISC III. Es necesario destacar que tales efectos se lograron con niños que padecían Trastorno por Déficit de Atención con

Hiperactividad. Estos mismos efectos se mantuvieron 3 meses después. Lo significativo de este estudio es que se utilizó un grupo de control activo.

Utilizando un diseño intragrupo, Holmes et al., 2010, compararon los efectos de la medicación y los del entrenamiento cognitivo en la memoria de trabajo en 25 niños de 5 a 11 años, con diagnóstico de Trastorno por Déficit de Atención con Hiperactividad. El programa de entrenamiento en memoria de trabajo fue suministrado mediante el software Robo Memo de Cogmed, consistiendo en 25 sesiones, con una frecuencia diaria, adaptada al rendimiento del participante. Se obtuvieron diferencias significativas entre el efecto de la medicación y el del entrenamiento cognitivo en memoria verbal, memoria visuo-espacial, medidas con los sub-test de la batería AWMA, y del WASI, versión abreviada para la medición de la inteligencia. Estos efectos se mantuvieron en el seguimiento, 6 meses después. Debe destacarse como debilidad metodológica la falta de utilización de un grupo control, si bien los autores intentaron disminuir el efecto test-retest, mediante la utilización de algunos tests diferentes. Otra falencia de la investigación fue que en el seguimiento se aplicaron 4 tests repetidos, en vez de los 8 que venían aplicándose, por lo cual es muy probable que el efecto test-retest haya afectado la validez interna del experimento.

Holmes, Gathercole, & Dunning (2009), compararon a dos grupos de niños con niveles bajos de memoria de trabajo ( $n = 42$ ), y con una media de edad de 10 años. Uno de los grupos realizó entrenamiento en la memoria de trabajo con el programa Robo Memo de Cogmed, adaptado a su rendimiento, mientras que el otro, efectuó el mismo entrenamiento pero de manera fija. El entrenamiento insumió 35 minutos por sesión, completándose al terminar las 20 sesiones, en un período de 5 a 7 semanas. Ambos grupos mejoraron en las medidas de memoria de trabajo visuo-espacial y

memoria de trabajo verbal. Existieron diferencias significativas a favor del grupo que realizó el programa adaptado a su rendimiento, y estas diferencias se mantuvieron 6 meses después.

#### 4.5.2. Participantes con patologías neurológicas

Westerberg et al. (2007), utilizando una pequeña muestra (n=18), obtuvieron diferencias significativas en medidas de memoria de trabajo verbal (Amplitud de Dígitos) y visuo-espacial (Amplitud de Tabla), con pacientes que habían tenido un accidente cerebro-vascular. Se utilizó grupo control pasivo, mientras que el grupo experimental se entrenó con el programa Cogmed. Los autores destacan que también se obtuvieron diferencias en dos instrumentos que miden la memoria de trabajo y que no son similares a los del entrenamiento, como la Amplitud de Tabla, el PASAT y el Ruff 2X7. Debe señalarse la limitación de los resultados debido al escaso tamaño de la muestra y al grupo de control pasivo.

#### 4.5.3. Participantes adultos-jóvenes.

Person, & Reuter-Lorenz (2008), utilizaron una muestra de 48 participantes, no asignados aleatoriamente a tres condiciones: a) Grupo experimental con tareas de memoria de trabajo y gran interferencia b) Grupo de control con tareas con baja interferencia c) Grupo de control con tareas de baja exigencia y baja interferencia. El entrenamiento insumió 10 sesiones en un período de dos semanas. Mediante el software E-PRIME se diseñaron tareas de reconocimiento de letras, rostros y tareas

*n-back* con sustantivos de 4 a 8 letras. A pesar de que los tres grupos efectuaron las mismas tareas de memoria de trabajo, sólo el grupo experimental mostró mejoras significativas en la resolución de tareas de memoria de trabajo y memoria a largo plazo, diferentes a las entrenadas, como los pares asociados, el reconocimiento de ítems, y la generación de palabras. Esta investigación es notoria, debido a que sugiere que puede aumentarse la capacidad de la memoria de trabajo para lidiar con las interferencias, sin embargo sus conclusiones se ven limitadas por la carencia de aleatorización de los grupos, y por la pequeñez de la muestra.

Dahlin, Sigdotter Neely, Larsson, Bäckman & Nyberg (2008), seleccionaron aleatoriamente a 24 participantes, el grupo experimental se entrenó en un software de memoria de trabajo verbal y visuo-espacial por 15 sesiones de 45 minutos en un período de 5 semanas. Se obtuvieron diferencias significativas a favor del grupo experimental en la tarea *3-back*.

Mediante el entrenamiento con el programa *dual n-back*, Jaeggi et al., (2008), obtuvieron incrementos en la memoria de trabajo verbal, pero no en la tarea de amplitud lectora. No obstante, en una investigación posterior, los investigadores reportaron que tanto la tarea *dual n-back* como la tarea *single n-back* no poseen efectos en el test OSPAM, el cual es una medida compleja de memoria de trabajo. (Jaeggi et al., 2010). En ambas investigaciones se careció de grupo de control activo. Lamentablemente, en la última investigación se utilizó otra medida de memoria de trabajo, hubiera sido muy importante que intentaran replicar el primer resultado con un instrumento de memoria de trabajo verbal, como el Test de Amplitud de Dígitos y la Prueba de Amplitud Lectora.

Chein, & Morrison (2010), reportaron diferencias significativas a favor del grupo entrenado en memoria de trabajo, en medidas de memoria de trabajo verbal y visuo-espacial. El estudio contó con 45 participantes, los grupos fueron aleatoriamente seleccionados, y el efecto se generalizó a una prueba de atención (Stroop). Sin embargo, debe notarse la similitud entre el programa de entrenamiento proporcionado mediante un software y los instrumentos utilizados para medir la memoria de trabajo, lo cual torna factible que se haya mejorado en las estrategias de la tarea y no en el proceso de memoria de trabajo.

#### 4.5.4. Adultos Mayores

Dahlin, Nyberg, Bäckman, & Neely (2008), han obtenido efectos en la memoria de trabajo medida por la tarea *3-back* sólo en jóvenes, y no en adultos mayores, con lo cual, los autores sugieren que la capacidad de transferir el efecto del entrenamiento está relacionada con la edad. Sin embargo, Borella, Carretti, Riboldi, & De Beni (2010), con una muestra de adultos mayores, obtuvieron transferencias de un entrenamiento de 3 días y 180 minutos, en medidas de memoria de trabajo visuo-espacial y verbal. Una fortaleza metodológica de la última investigación, es el uso de grupo de control activo, sin embargo, una debilidad es la similitud de la tarea a las de memoria de trabajo verbal. Brehmer et al. (2011), también obtuvieron resultados similares con una muestra de 63 años en promedio.

Buschkuehl et al., 2008, con una muestra de participantes de 80 años, obtuvieron diferencias significativas en el grupo control en las medidas de memoria de trabajo, en relación con un grupo de control activo, especialmente en memoria de trabajo visuo-espacial. Sin embargo, el efecto se disipó en el seguimiento efectuado al año.

Richmond, Morrison, Chein, & Olson (2011), utilizaron una muestra de 40 adultos mayores de 60 a 80 años, con una media de edad de 66. Asignaron aleatoriamente los participantes. El grupo experimental se entrenó en tareas de memoria de trabajo complejas, por medio de 20 sesiones de 15 minutos de duración cada una, mediante un software, mientras que el grupo control se entrenó en acertijos, por la misma cantidad de tiempo. Se obtuvieron diferencias significativas entre las medidas de la Amplitud Lectora en el grupo experimental, mientras que no en las tareas de Amplitud de Dígito.

#### 4.5.5. Bases neurológicas

También existen investigaciones con neuroimágenes que apoyan tales modificaciones. Olsen, Westerberg, & Klingberg (2004), obtuvieron mayores activaciones mayores en las áreas del giro frontal media de la corteza prefrontal, y de la corteza parietal superior e inferior, luego de dos entrenamientos, a 3 y 8 participantes. En concordancia, Westerberg, & Klingberg (2007), reportaron incrementos de activación en el giro frontal medio y en el giro frontal inferior en 3 participantes luego de 20, 24 y 30 días, mientras que 11 participantes integraron el grupo de control. Se utilizó la Resonancia Magnética Nuclear (fMRI). Lamentablemente no utilizaron una muestra mayor con grupo control, lo cual hubiera sido sumamente interesante.

Sin embargo, Brehmer et al. (2011), reportaron disminuciones de activación en las áreas neocorticales, en el grupo de adultos mayores que había sido entrenado en tareas de memoria de trabajo, y había obtenido las mejores puntuaciones. Resultados similares fueron obtenidos por Schneiders, Opitz, Krick, & Mecklinger, (2011).

Takeuchi, et al. (2010), reportaron la existencia de modificaciones en los tractos de las fibras nerviosas asociados al entrenamiento en tareas *n-back* de memoria de trabajo, las cuales se localizan en la región de sustancia blanca adyacente al cuerpo calloso, y a la región de la sustancia blanca que se encuentra entre el lóbulo frontal y parietal.

A su vez, se han obtenido cambios en la densidad de los receptores de dopamina D1 en regiones de la corteza prefrontal y parietal, ligados al entrenamiento cognitivo de la memoria de trabajo (Mc Nab et al., 2009), también modificaciones de los receptores de la dopamina D2 en la región fronto-estriada de la corteza cerebral (Bäckman et al., 2011).

De esta reseña se concluye:

1. Existen evidencias que sugieren la posibilidad de modificar la memoria de trabajo mediante entrenamiento cognitivo, en participantes adultos con psicopatologías (Bell et al., 2003; Bell et al., 2007) y niños con psicopatologías (Klingberg, et al., 2005; Holmes et al., 2009; Holmes et al., 2010), adultos jóvenes saludables (Dahlin et al., 2008; Richmond et al., 2011), y adultos mayores saludables (Buschkuehl, et al., 2008; Borella et al., 2010; Richmond et al., 2011).
2. Existen evidencias con respecto a la permanencia del efecto de entre 6 meses a 8 meses, pero no hasta el año (Buschkuehl et al., 2008).
3. Se han logrado modificaciones tanto en la memoria de trabajo verbal como en la visuo-espacial (Klingberg et al., 2005; Borella et al., 2010).
4. Existen evidencias contradictorias del efecto de tareas complejas en el Test de Amplitud Lectora (Jaeggi et al. 2008; Richmond et al., 2011).

5. Se han reportado resultados contradictorios con respecto a los efectos de tareas complejas en el Test de Amplitud de Dígitos (Jaeggi et al., 2008; Richmond et al., 2011).
6. Existen estudios que están fuertemente cimentados metodológicamente, y que han obtenido resultados positivos, que han utilizado grupo de control activo (Buschkuehl, et al., 2008; Borella et al., 2010; Richmond et al., 2011).
7. Las tareas adaptadas al rendimiento de los participantes parecen lograr más resultados que las tareas fijas (Holmes et al., 2008).

#### **4.6. Recapitulación**

A partir de la revisión de investigaciones efectuada, las siguientes conclusiones orientaron la formulación de las hipótesis de investigación:

1. Existen evidencias que sugieren que tanto los niveles de inteligencia fluida como los de memoria de trabajo verbal pueden incrementarse a partir del entrenamiento cognitivo (Schellenberg, 2004; Basak et al., 2008; Dahlin et al., 2008; Jaeggi et al., 2008; Stine-Morrow et al., 2008; Buschkuehl et al., 2008; Holmes et al., 2009; Holmes et al., 2010; Borrella et al., 2010; Jaeggi et al., 2010; Richmond et al., 2011).
2. La ausencia de grupo control activo genera dudas con respecto a la validez interna en la mayoría de las investigaciones. Los resultados de las mismas pueden ser causados por la respuesta a la demanda y/o efecto Hawthorne (Shipstead, Redick, & Engle, 2010). Sería necesaria la implementación de un grupo control activo, con una

tarea que implique el entrenamiento cognitivo no vinculado con el entrenamiento en memoria de trabajo, que tenga dificultad progresiva y que produzca un feedback de los resultados.

4. En las investigaciones de Jaeggi et al., (2008), Jaeggi, et al. (2010), y Jaeggi et al., (2011) los resultados se encuentran limitados por la utilización de instrumentos acortando el tiempo de toma, sin evidencia que respalde la validez de tal procedimiento (Mody, 2009). Por consiguiente, se hace necesaria la implementación de instrumentos de medición utilizados de la misma manera en la que han sido validados.

5. Se ha reportado evidencia contradictoria acerca de que el efecto de transferencia en inteligencia fluida esté relacionado con la cantidad de sesiones de entrenamiento. Esto ha sido corroborado en algunas investigaciones (Basak et al., 2008; Jaeggi et al., 2008), mientras que en otra los resultados sugieren una ausencia de efecto proporcional al número de sesiones (Jaeggi et al., 2011).

6. Para la inteligencia fluida, las investigaciones sugieren que el efecto del entrenamiento se mantiene a lo largo de 2 años (Ball et al., 2002), 8 meses (Borella et al., 2010); 6 meses (Plemons et al., 1978; Klauer et al., 2002), y 3 meses (Jaeggi et al., 2011). No obstante, no existen datos acerca de la permanencia del efecto generado por el entrenamiento *dual n-back* en adultos.

7. Para la memoria de trabajo verbal se han reportado permanencias del efecto del entrenamiento de 6 y 8 meses, pero la desaparición del mismo luego del año (Buschkuehl et al., 2008). No existen datos acerca del mantenimiento del efecto producido por el entrenamiento *dual n-back* en adultos.

8. Existen evidencias contradictorias acerca del efecto de las tareas de entrenamiento complejas, como la *dual n-back* en el Test de Amplitud Lectora y el Test de Amplitud de Dígitos (Jaeggi et al. 2008; Richmond et al., 2011).

9. Se desconocen los efectos del entrenamiento *dual n-back*, tanto en los niveles de inteligencia fluida como en los niveles de la memoria de trabajo verbal luego de las 20 sesiones (Jaeggi et al., 2010). Conocer esto sería de gran importancia para la planificación de programas aplicados a personas con déficits intelectuales, daño cognitivo, así como para programas que busquen incrementar los niveles de inteligencia fluida y memoria de trabajo verbal en personas con niveles normales o superiores.

10. La utilización de grupo de control activo no ha afectado los resultados en los siguientes estudios (Buschkuhl et al., 2008; Borella et al., 2010; Richmond et al., 2011), pero sí en el de Jaeggi et al. (2011). Por lo tanto, se hace indispensable someter a este control al programa *dual n-back*, en pos de ratificar o rectificar los resultados previos (Jaeggi et al., 2008).

## **5. HIPÓTESIS**

H1: El grupo experimental presentará niveles mayores de inteligencia fluida que el grupo control activo luego de 25 sesiones de entrenamiento.

H2: El grupo experimental presentará niveles mayores de memoria de trabajo verbal que el grupo de control activo luego de 25 sesiones de entrenamiento.

H3: Se presentarán aumentos en los niveles de inteligencia fluida en el grupo experimental luego del entrenamiento en 100 sesiones.

H4: Se presentará un aumento de los niveles de memoria de trabajo en el grupo experimental luego del entrenamiento en 100 sesiones.

H5: Los aumentos de la inteligencia fluida serán mayores en el grupo experimental que en el grupo control luego de 100 sesiones.

H6: Los aumentos de la memoria de trabajo verbal serán mayores en el grupo experimental que en el grupo control luego de 100 sesiones.

H7: Se registrará un aumento de la inteligencia fluida mayor en el entrenamiento de 100 sesiones en comparación con el de 75 sesiones; en el entrenamiento de 75 sesiones en comparación con el de 50 sesiones, y en el entrenamiento de 50 sesiones en comparación con el de 25 sesiones, y en el entrenamiento de 25 sesiones en comparación con la ausencia de entrenamiento en el grupo experimental.

H8: Los aumentos de la inteligencia fluida entre los bloques de sesiones serán mayores en el grupo experimental que en el grupo control.

H9: Se registrará un aumento del rendimiento de la memoria de trabajo verbal mayor en el entrenamiento de 100 sesiones en comparación con el de 75 sesiones; en el entrenamiento de 75 sesiones en comparación con el de 50 sesiones, y en el entrenamiento de 50 sesiones en comparación con el de 25 sesiones, y en el entrenamiento de 25 sesiones en comparación con la ausencia de entrenamiento, en el grupo experimental.

H10: Los aumentos de la memoria de trabajo verbal entre los bloques de 25 sesiones serán mayores en el grupo experimental que en el grupo control.

H11: Los niveles de inteligencia fluida se mantendrán constantes en el grupo experimental luego de finalizar el entrenamiento.

H12: Los niveles de memoria de trabajo verbal se mantendrán constantes en el grupo experimental luego de finalizar el entrenamiento.

H13: El grupo experimental presentará niveles mayores de inteligencia fluida que el grupo control, luego de 1, 2, 4, y 6 meses de terminado el entrenamiento.

H14: El grupo experimental presentará niveles mayores de memoria de trabajo verbal que el grupo control, luego de 1, 2, 4, y 6 meses de terminado el entrenamiento.

## **6. MÉTODO**

### **6.1. Experimento 1**

En el experimento 1 se pusieron a prueba las hipótesis 1 y 2, las cuales sostenían que el grupo experimental obtendría un aumento mayor en los niveles de inteligencia fluida y en los niveles de memoria de trabajo verbal que el grupo control. Teniendo en cuenta las críticas metodológicas de Shipstead et al. (2010), se utilizó un grupo control activo.

#### **6.1.1. Participantes**

##### **6.1.1.1. Tamaño de la muestra**

Luego de considerar el nivel alfa, la fuerza de la relación hipotetizada, la energía y el tamaño de la muestra para la prueba  $t$  de Student, Cowles (1974), sugirió que por

grupo se adoptara la cantidad de 35 participantes. Por seguridad, debido la cantidad de sesiones, se optó contar con 80 participantes, teniendo en cuenta los antecedentes de abandono (Jaeggi et al., 2008). Debe señalarse que esta muestra es la que se ha utilizado en los 4 experimentos que se describirán a continuación.

#### 6.1.1.2 Reclutamiento de la muestra, criterios de inclusión y exclusión.

##### Consentimiento y refuerzo.

Se contactó con estudiantes universitarios por medio de los cursos de formación que el autor de la tesis y sus colegas dictan habitualmente, por medio de anuncios, y por último, por búsquedas laborales. Se contó con los siguientes criterios de inclusión:

1. Cercanía al laboratorio: Debido a la cantidad de encuentros: 26 aproximadamente para el grupo control, y 59 aproximadamente para el grupo experimental.
2. Disponibilidad de tiempo en los meses que se realizaría la investigación: La fundamentación es la misma que la del criterio anterior.
3. Nivel básico de inglés: El programa de entrenamiento *dual n-back* utiliza como estímulos auditivos letras consonantes del idioma inglés.
4. Nivel de sinceridad “S” medio a elevado: El mismo se midió con el EPQ-R (Eysenck & Eysenck, 1985/1997), utilizándose un baremo elaborado previamente por el autor con finalidades de selección laboral. La finalidad de lo antecedente fue contar con participantes que cumplieran su compromiso de presentarse a los encuentros. No se analizaron los reactivos de las demás escalas, tampoco se analizó estadísticamente el nivel de la escala “S”.

5. Edad de 18 a 35 años. El criterio se adoptó para tener cierta homogeneidad etaria en la muestra.

Criterios de exclusión:

1. Déficits visuales, auditivos o motrices que impidieran llevar a cabo las tareas de entrenamiento.
2. Niveles elevados en los cuatro instrumentos. Para el Test de Raven se adoptó un tope de 30, para el Test G un techo de 30, para el Test Amplitud de Dígitos un techo de 13., y para la Prueba de Amplitud Lectora un tope de 40. La finalidad de este criterio es evitar el efecto techo y la regresión a la media. Debe advertirse que se realizó una excepción para 2 participantes, uno que puntuó 15 y otro 14 en el test de Amplitud de Dígitos, por considerarse que sus puntuaciones no alterarían los resultados.
3. Familiaridad con los instrumentos de medición. El conocimiento de los instrumentos por parte de los participantes podría disminuir sensiblemente la validez de los mismos. Si bien ninguno de los instrumentos utilizados figuran en los programas de la carrera de Psicología de la Universidad Nacional del Este, sin embargo, los participantes podrían haber adquirido los mismos de forma particular.

Para recabar datos sobre los criterios de inclusión y exclusión, se hizo que los participantes respondieran a un cuestionario.

Se les explicó a todos los participantes que se investigaría: “*el entrenamiento mental*”. No se les especificó el tipo de entrenamiento, ni tampoco el efecto esperado.

A los participantes seleccionados se les otorgó un consentimiento informado, en el cual se explicitaban todas las informaciones y derechos de los participantes de investigaciones psicológicas (American Psychological Association, 1982, 1992).

A los participantes que firmaron el consentimiento se les entregó un contrato, el cual especificaba que al terminar la investigación se les pagaría a cada uno 800.000 guaraníes, el equivalente aproximado a 170 dólares, más gastos de viáticos por 200.000 guaraníes, el equivalente a 42.5 dólares. La financiación para esta investigación fue realizada de manera particular por el investigador. Se decidió remunerar económicamente a los participantes debido la cantidad de encuentros y a que los participantes del grupo experimental pasarían por aproximadamente 50 horas de entrenamiento, por lo que se suponía una gran mortandad de la muestra, en el caso de no emplearse remuneración. En cuanto a la paga igualitaria, tanto para quienes resultaran en el grupo experimental como en el grupo control, se efectuó con la finalidad de que no pueda aducirse la influencia de mayor motivación, como resultado de la diferencia de recompensa monetaria, en los puntajes de los instrumentos. Debe aclararse que incluso se le pagó el mismo gasto de viático al grupo control, el cual sólo asistió un 25 % de las veces que el grupo experimental. Se procuró que ambos grupos no estuvieran en contacto ni se conocieran con anterioridad. También se les informó a los participantes que no debían hablar del experimento con nadie.

#### 6.1.1.3 Características de la muestra

Se seleccionaron a 80 participantes, estudiantes universitarios de Psicología de la Universidad Nacional del Este, de 1<sup>er</sup>, 2<sup>do</sup>, 3<sup>er</sup> y 4<sup>to</sup> año. Sin embargo, de los mismos

sólo quedaron 75 luego de la primeras 25 sesiones, por lo que se analizarán los datos de los participantes remanentes, ya que con éstos se efectuó la investigación.

La cantidad de participantes de la investigación fue de 75, de los cuales 45 (60%) fueron de sexo femenino y 30 (40%) de sexo masculino.

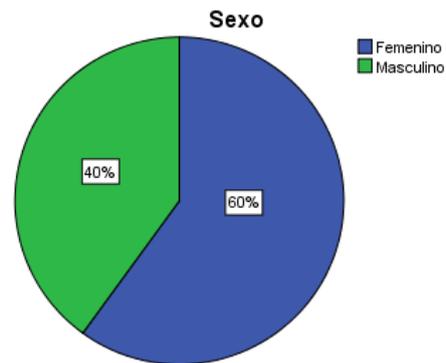


Figura 1. Distribución de los participantes por sexo.

Las edades de los participantes variaron entre los 18 y los 33 años, siendo la media de edad de  $22.12 \pm 2.504$  años.

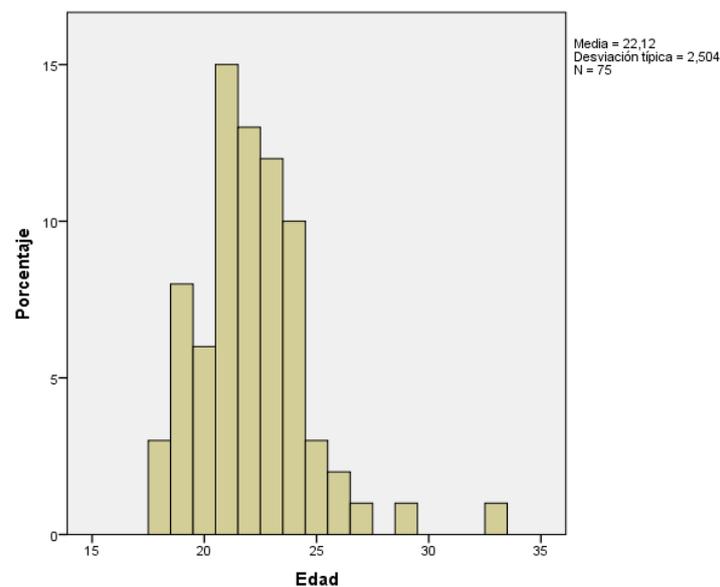
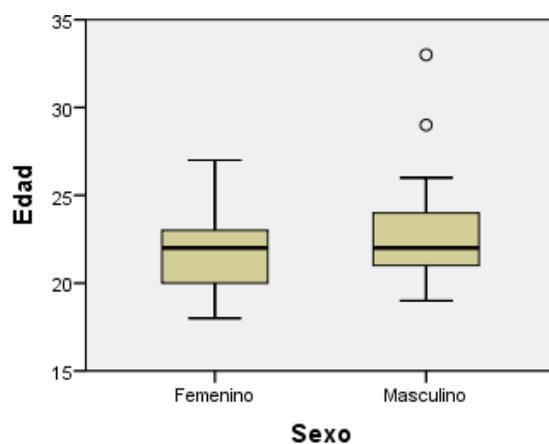


Figura 2. Distribución de los participantes por edad.

La distribución de la edad para el sexo femenino presentó un rango de variación que desde los 18 a los 27 años, siendo la media de las edades de los participantes de sexo femenino de  $21.69 \pm 2.087$  años. En el sexo masculino las edades se encontraron entre los 19 y los 33 años, con una media de  $22.77 \pm 2.944$  años. La figura 3 permite visualizar la distribución de edades para ambos sexos:

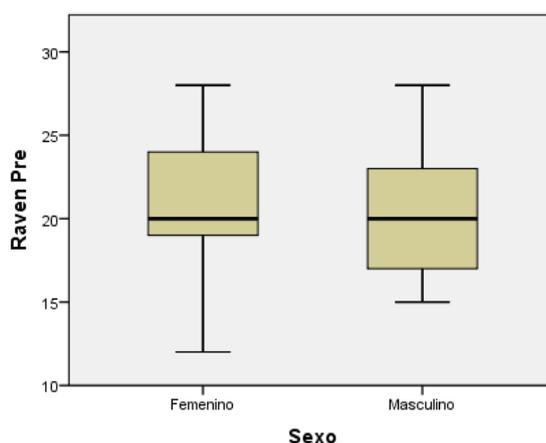


*Figura 3.* Distribución por sexo y edad de los participantes.

Se evaluaron a los participantes en inteligencia fluida con el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada y con el Test G de Cattell, antes de la realización del entrenamiento, mientras que para evaluar la memoria de trabajo verbal se utilizó el Test de Amplitud de Dígitos del WAIS, y la Prueba de Amplitud Lectora, también antes de la realización del entrenamiento. Estas medidas fueron las tomadas para el pre-test. El orden de evaluación de los instrumentos fue el mismo para todos los participantes: Test de Raven, Test de Amplitud de Dígitos, Test G de Cattell y Prueba de Amplitud Lectora.

El mínimo valor observado en el Test Raven fue de 12 puntos y el máximo de 28 puntos, siendo la media de  $20.69 \pm 3.518$  puntos para los 75 participantes.

En el caso de las participantes de sexo femenino, la media observada fue de  $21 \pm 3.574$  puntos, y en los participantes de sexo masculino de  $20.23 \pm 3.441$  puntos. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los sexos ( $t = .924$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .359$ ). Se observa en la figura 4 una distribución de los puntajes más asimétrica en el caso de los participantes de sexo femenino.



*Figura 4.* Puntajes del Test de Raven Escala Avanzada en los participantes según sexo.

En cuanto al Test G de Cattell, el valor mínimo observado fue de 10 y el máximo de 24 con una media de  $16.92 \pm 2.779$  en los 75 participantes. En los participantes de sexo femenino, la media observada fue de  $17 \pm 2.73$  y en los de sexo masculino  $16.8 \pm 2.894$ . No se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre ambos sexos ( $t = .303$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .762$ ). En la figura 5 se observa que las distribuciones de los puntos obtenidos con el Test G son similares, excepto porque en las participantes de sexo femenino presentan un rango de variación un poco más amplio:

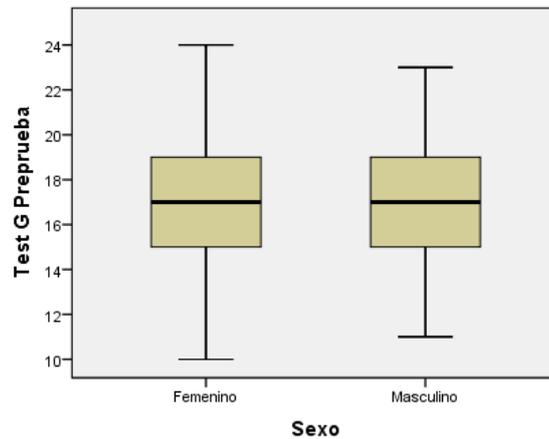


Figura 5. Puntajes del Test G de Cattell en los participantes según sexo.

Para el Test de Amplitud de Dígitos, el valor mínimo fue de 6 y el máximo de 15 respectivamente, siendo la media de  $10.15 \pm 1.768$  para los 75 participantes.

Al comparar los resultados del test por sexo, se observó que la distribución en las participantes femeninas presentó una media de  $10.07 \pm 1.629$  y en los participantes masculino de  $10.27 \pm 1.982$ . Ambas distribuciones fueron similares, pero podría destacarse que en los participantes de sexo masculino se observaron los valores más altos y en los participantes de sexo femenino los más bajos, siendo el 50% central de las observaciones de ambos sexos prácticamente igual. No se apreciaron diferencias estadísticamente significativas ( $t = -.477$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .635$ ).

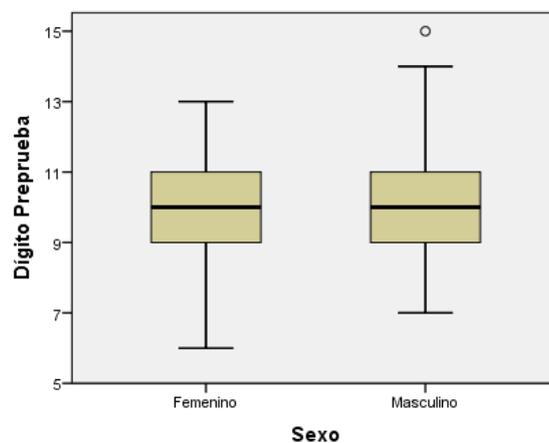


Figura 6. Puntajes del Test de Amplitud de Dígitos en los participantes según sexo.

En la Prueba de Amplitud Lectora, el mínimo fue de 4 y el máximo de 32, siendo el valor más frecuente (moda) de 18 puntos, y la mediana también de 18 puntos en los 75 participantes.

En los participantes de sexo femenino el mínimo fue de 4 y el máximo de 32, y en el caso de los participantes de sexo masculino el mínimo fue de 12 y el máximo de 32. Siendo en ambos grupos, la mediana y la moda de 18 puntos.

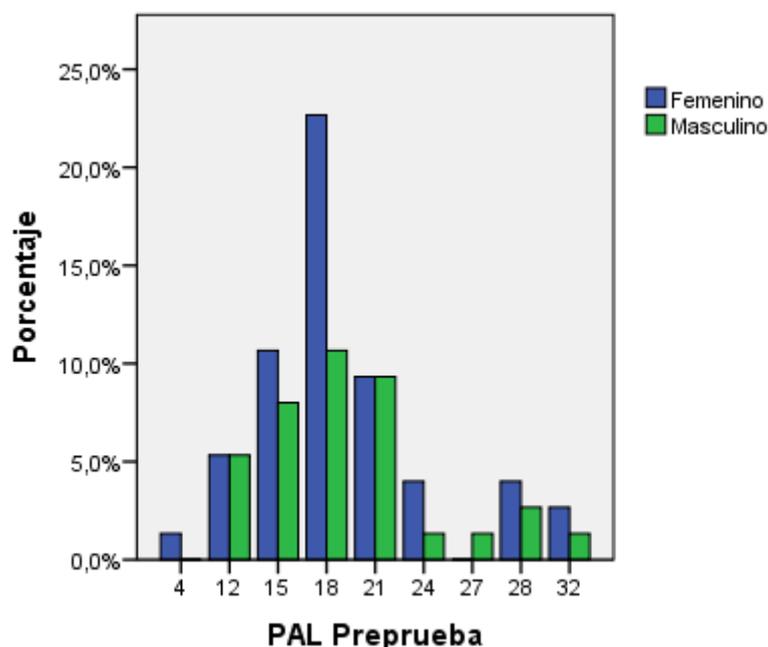


Figura 7. Puntajes de la Prueba de Amplitud Lectora según sexo.

Para comparar la distribución de los valores de la Prueba de Amplitud Lectora para ambos sexos, se utilizaron pruebas no paramétricas, puesto que presentó una distribución anormal, fenómeno ya reportado anteriormente (Daneman, & Carpenter, 1980; Elosúa, Gutierrez, García Madruga, Luque, & Gárate, 1996; Barreyro, Burin, & Duarte, 2009). Utilizando la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes no se obtienen diferencias estadísticamente significativas ( $p = .973$ ).

Con respecto a las características por sexo y edad del grupo experimental y control se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 2. *Distribución por sexo en el grupo experimental y en el grupo control.*

Grupo	Sexo		Total
	Femenino	Masculino	
Experimental	62.9%	37.1%	100.0%
Control	57.5%	42.5%	100.0%

No se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la proporción de hombres y mujeres de ambos grupos ( $p = .637$ ).

En cuanto a las edades de los participantes de ambos grupos, la media en el grupo control es de  $22 \pm 1.881$  años y en el grupo experimental de  $22.26 \pm 3.09$  años. Encontrándose a través del test t-Student para diferencias de medias de distribuciones con variancias distintas ( $p = .045$ ) que no existen diferencias significativas entre la media de edades del grupo control y el grupo experimental ( $p = .67$ ).

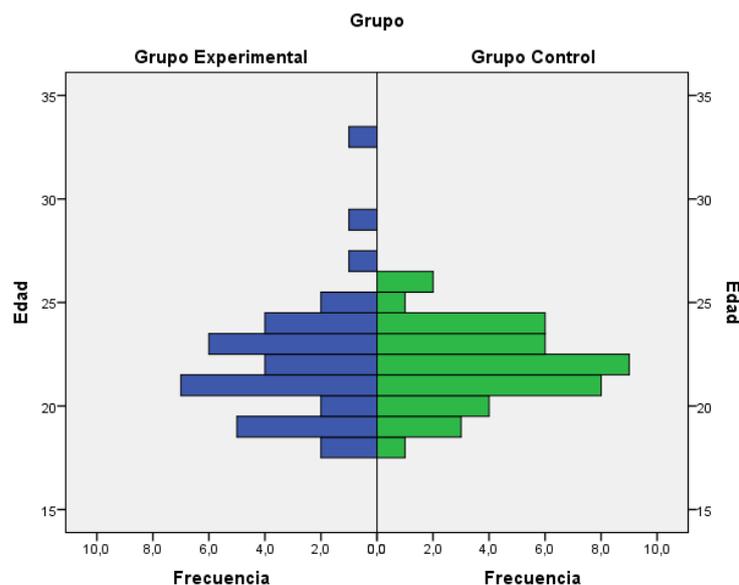


Figura 8. Frecuencia de edades en el grupo experimental y en el grupo control.

## 6.1.2 Instrumentos

### 6.1.2.1. Medición de la inteligencia fluida

1. Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada (Raven, Court, & Raven, 1976/1999). Instrumento de completamiento de matrices progresivas a partir de sus relaciones lógicas. El instrumento cuenta con 36 ejercicios, que deben ser completados a partir de 8 opciones que presentan respectivamente. La dificultad de los ejercicios es creciente, y no cuenta con límites de tiempo.

Criterio de corrección: Se otorga 1 punto por ejercicio resuelto de manera correcta. Se suman dichos puntajes para obtener el puntaje total. Se utilizará este puntaje (puntaje bruto) en la investigación.

Se ha elegido el instrumento debido a ser considerado en numerosas investigaciones como una medida de la inteligencia fluida (Kane, & Engle, 2002;

Klingberg et al. 2002; Gray et al., 2003; Basak et al., 2008; Jaeggi et al., 2008; Jaeggi et al., 2010; Burgess et al., 2011).

2. Test Libre de Influencias Culturales, G, escala 3 de Cattell. (Cattell, & Cattell, 1973/ 2001), instrumento de matrices que evalúa la inteligencia fluida a partir de identificación y de ejecución de relaciones lógicas. Posee cuatro escalas: a) series, de 13 reactivos, con un límite de tiempo de 3 minutos. b) clasificaciones, con 14 reactivos y un límite de 4 minutos. c) matrices, con 13 reactivos y un límite de 3 minutos. d) condiciones, con 10 reactivos y un límite temporal de 2.30 minutos.

Criterio de corrección: Se otorga 1 punto por cada ejercicio resuelto de manera correcta. Se suman todos los puntajes para obtener el puntaje total. Se utilizará este puntaje (puntaje bruto) en la investigación.

Este instrumento ha sido elegido, debido a que ha sido construido por uno de los creadores del concepto de inteligencia fluida con la finalidad de medir tal proceso (Cattell, 1987; Carroll, 1993), y ha sido utilizado en estudios relacionados con la temática a investigar (Tranter & Koutstaal, 2008; Borella et al., 2010).

#### 6.1.2.2. Medición de la memoria de trabajo verbal

1. Sub-escala Amplitud de Dígitos del Test WAIS (Weschler, 1984). Instrumento de amplitud de dígitos, que posee dos tipos de tareas: a) dígito hacia adelante, la cual consiste en recordar los números dictados por el evaluador en el orden que han sido escuchados. Esta tarea posee 7 niveles que van desde los 3 dígitos hasta los 9. b)

dígito hacia atrás, consistente en recordar los dígitos en el orden inverso al que han sido escuchados, posee 7 niveles que van desde los 2 dígitos a los 8.

Criterio de corrección: En la escala hacia adelante se otorga 3 puntos por al menos una serie de dígitos recordada en el primer nivel (3 dígitos), luego se otorga un punto más por cada nivel, si es recordado al menos una serie de dígitos. Cuando el evaluado no puede recordar ninguna series de un nivel, se interrumpe la prueba. En la escala hacia atrás, se otorga 2 puntos por el recuerdo de al menos una serie en el primer nivel (2 dígitos), luego se otorga 1 punto por cada nivel, si se recuerda al menos una de las dos series de dígitos. Para pasar de nivel es necesario recordar al menos una serie, caso contrario, se interrumpe la prueba. El puntaje total se obtiene de la suma de los puntajes de la escala hacia adelante y de la escala hacia atrás. Se utilizará este puntaje (puntaje bruto) para la investigación.

Se lo considera como una medida fiable de memoria de trabajo verbal (Rosen, & Engle, 1997; Oberauer, Suß, Schulze, Wilhelm, & Wittmann, 2000; Ackerman, Beier, & Boyle, 2002; Yuan et al., 2006; Borella et al., 2010).

2. Prueba de Amplitud Lectora PAL, adaptación española del Reading Span Test de Daneman, & Carpenter (Elosúa et al. 1996). Consta de seis frases de entrenamiento, y 60 frases experimentales, repartidas en 3 series para cada nivel, teniendo 5 niveles, que van de 2 palabras a recordar a 6. Las frases se presentan individualmente en el monitor de la computadora, el evaluado debe leerla y presionar, en este caso, el botón de la flecha hacia abajo, luego de terminadas las frases, aparece la palabra *Recordar*,

allí el evaluado tiene que repetir en orden última palabra de cada frase. La prueba termina cuando el evaluado no puede recordar 2 de 3 series del nivel.

Criterio de corrección: Se adoptó el criterio descriptivo propuesto por los autores de la adaptación española (Elosúa et al., 1996). Dicha corrección posee tres pasos: a) En el nivel 2 se asigna 1 punto por el recuerdo de las palabras en orden de cada serie. En los subsiguientes niveles se asignan 2 puntos por todas las palabras de la frase recordadas en orden, y 1 punto por todas las palabras de la serie recordadas fuera de su orden. b) Los puntajes se multiplican por el nivel al cual pertenece la serie. c) El puntaje final se obtiene de la suma de los puntajes de cada uno de los niveles. El resultado de esta modalidad de corrección es la que se analizará en la investigación.

Si bien Elosúa et al. (1996) consideraron que el instrumento mide la memoria de trabajo general, Barreyro, Burin & Duarte (2009), realizando la adaptación y validación del instrumento a la Argentina, obtuvieron resultados que permiten sostener que la tarea es válida para medir la memoria de trabajo verbal, por lo cual se la considerará como una medida de la misma.

Se carecían de datos de confiabilidad y validez de los cuatro instrumentos empleados en el Paraguay, por lo que se procedió a obtenerlos. El proceso se realizó a partir de una muestra de 130 alumnos universitarios de la carrera Psicología de la Universidad Nacional del Este, con una media de edad de  $23.08 \pm 3.7$ , siendo el mínimo de edad de 18 y el máximo de 37. La cantidad de participantes mujeres fue de 83 y la cantidad de participantes hombres fue de 47. No se consideró necesaria la equivalencia de sexos, debido a que no se ha reportado la existencia de diferencias significativas entre las medidas de los instrumentos (Neisser et al., 1996; Jensen, 1998; Harness, Jacot, Scherf, White, & Warnick, 2008; Flynn & Rossi-Casé, 2011;

Hunt, 2011). Los datos de la validación se exponen en la última sección de los resultados.

### 6.1.2.3. *Dual n-back*

Programa *dual n-back* (Buschkuehl et al., 2007). Software diseñado para entrenar la memoria de trabajo a partir del paradigma *dual n-back*. Es el mismo software con el que utilizado por Jaeggi et al, (2008) y Jaeggi, Studer-Luethi, Buschkuehl, Su, Jonides, & Perrig, (2010). El entrenamiento consiste en lo siguiente: cuadrados en ocho posiciones posibles son presentados de manera secuencial en la pantalla de la computadora a una razón de tres segundos, con una duración del estímulo de .500 milisegundos, y una distancia de un estímulo a otro de 2500 milisegundos.

Simultáneamente a la presentación de los cuadrados, una de ocho consonantes en inglés es presentada auditivamente en los altoparlantes o auriculares. La respuesta del participante es requerida cuando alguno de los estímulos presentados coincide con uno anterior presentado en una posición  $n$  de la secuencia. El valor de  $n$  es el mismo para los dos estímulos. Los participantes responden de manera manual presionando, en un teclado estándar, la letra “S” para la coincidencia de los cuadrados, y la letra “L” para la coincidencia de las letras. No son requeridas respuestas para las presentaciones que no coincidan con las anteriores. El nivel de dificultad varía a partir del rendimiento del participante. Luego de cada bloque, el rendimiento del participante es informado, si el participante cometió menos de tres errores en la modalidad visual (cuadrado), y en la modalidad auditiva (letra), el nivel  $n$ , se incrementa en uno, si ha cometido más de cinco errores en alguna modalidad, el nivel  $n$  disminuye en uno. En los demás casos, el nivel de  $n$ , es conservado. Las

sesiones constan de 20 bloques de un minuto de duración, más un bloque por cada nivel alcanzado. La duración total de la sesión es de aproximadamente 25 minutos.

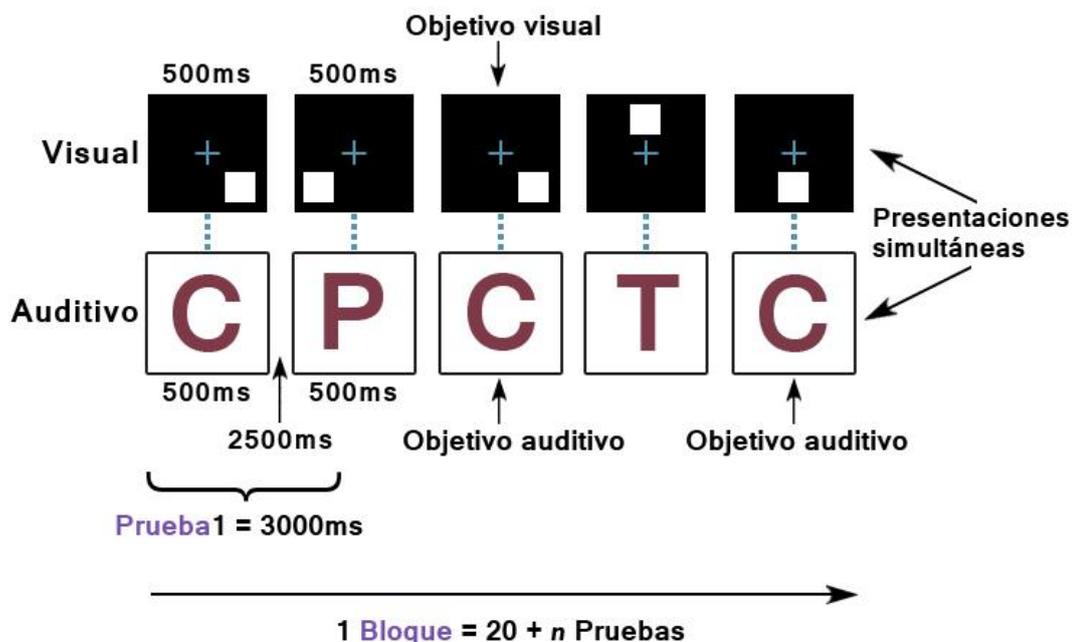


Figura 9. Ejemplo ilustrativo del programa de entrenamiento *dual n-back*.

#### 6.1.2.4. Tarea para el grupo control activo

Entrenamiento en velocidad y precisión aritmética mediante material impreso. Se realizó una adaptación, inspirada en el libro *Matemáticas Rápidas* (Julius, 1998), de estrategias para aumentar la velocidad aritmética, y de 1362 ejercicios aritméticos de práctica. El entrenamiento consistió en el autoaprendizaje de estrategias para aumentar la velocidad y precisión aritmética, la realización de ejercicios para aplicar tales estrategias, y la autocorrección de dichos ejercicios. Se controlaron los

procedimientos de corrección para evitar el incumplimiento de las reglas. El entrenamiento estuvo separado en 30 niveles de dificultad. Se estructuró el entrenamiento para que el mismo se adaptara al rendimiento de los participantes, así en la sección ejercicios, sólo cuando los participantes lograban resolver un 60% de los mismos de manera correcta podían pasar a un nivel mayor. Para esto se contó con 10 copias de los ejercicios de cada capítulo por participante. Cabe mencionar que el libro en el cual se inspiró el material está estructurado para que quien lo intente completar pueda hacerlo sin dificultades, aumentando su performance con la práctica. El material impreso contó con 510 páginas.

La elección y adaptación del material se basó en cuatro requerimientos: a) Diferencias. Que el mismo no se relacionara con las tareas necesarias para resolver los instrumentos que medían la inteligencia fluida y la memoria de trabajo, ni con el instrumento de entrenamiento del grupo experimental. b) Agrado y feedback. Que fuera una actividad agradable y reconfortante, en la cual los participantes pudieran conocer su éxito, así no se podría aducir una menor motivación del grupo control. c) Adaptación. Que la tarea fuera adaptada al rendimiento de los participantes.

En el apéndice A se encuentra un fragmento ilustrativo de este programa de entrenamiento.

### **6.1.3. Diseño**

Diseño experimental, pre-prueba, post prueba, con grupo control activo

Variable independiente:

Tipo de entrenamiento

a- Entrenado en *dual n-back* por 25 sesiones, en 13 encuentros de una hora de duración.

b- Entrenado en capítulos adaptados del libro *Matemáticas Rápidas*, en 13 encuentros de una hora de duración.

VARIABLES DEPENDIENTES:

Niveles de inteligencia fluida medidos por el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada, y por el Test G de Cattell.

Niveles de memoria de trabajo medidos por el Test de Amplitud de Dígitos del WAIS y por la Prueba de Amplitud Lectora.

#### **6.1.4. Procedimientos**

Los 80 participantes fueron asignados aleatoriamente a dos grupos: el grupo experimental y el grupo control. La aleatorización se efectuó a través del sorteo en un bolillero, asignándosele a cada participante un número. Para confirmar la igualdad de los grupos, posteriormente se procedió al análisis estadístico de las características de los mismos.

El grupo control constó inicialmente de 40 participantes, se sufrió una mortandad de la muestra de 5 participantes antes de terminar las 25 sesiones iniciales de entrenamiento. Por lo tanto, el grupo experimental estuvo integrado por 35 participantes (46.7%), y el grupo control por 40 participantes (53.3%).

El experimento transcurrió en el mes de julio del 2011 en Ciudad del Este, en el laboratorio del autor de la tesis, acondicionado para albergar 10 mesas y 10

computadoras, en cuatro salones. Se utilizaron los siguientes ordenadores portátiles: 2 Acer Extensa 4620Z; 1 Toshiba Satellite U505; 1 Acer Aspire One D255E, las restantes 8 máquinas fueron computadoras personales sin marca, alquiladas. Todas contaron con Windows 2007, con un teclado estándar, con auriculares y con el programa *dual n-back*.

Como pre-test se utilizaron las medidas tomadas previamente a los participantes, integradas por los siguientes instrumentos, en el orden aquí detallado: a) Test de Raven, Escala Avanzada. b) Test Amplitud de Dígitos. c) Test G de Cattell. d) Prueba de Amplitud Lectora.

El grupo experimental se entrenó en 2 sesiones diarias por 18 días (25 sesiones) en el programa *dual n-back*, mientras que el grupo control activo se entrenó en la resolución de operaciones aritméticas, por el mismo tiempo y frecuencia que el grupo experimental. El grupo experimental asistió de lunes a viernes en cuatro turnos a la mañana, lo cual a veces fue incumplido, teniendo estos participantes, tres horarios de tarde para asistir. Mientras que el grupo control activo asistió de tarde, en cuatro turnos. Luego de los 18 encuentros, los participantes del grupo control activo llegaron hasta la página 301, en promedio.

Durante las 25 sesiones (18 encuentros), 5 integrantes del grupo control dejaron de asistir, aduciendo problemas con los horarios. El experimento culminó el encuentro número 19, en el cual se midieron las dos variables dependientes con los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal fueron medidos por los siguientes instrumentos en el siguiente orden: a) Test de Raven, Escala Avanzada. b) Test Amplitud de Dígitos. c) Test G. d) Prueba de Amplitud Lectora.

### 6.1.5. Análisis de Datos

Para el análisis de datos se utilizó el software SPSS 19. Para realizar el análisis de datos se tomaron los puntajes brutos de los instrumentos. Con respecto a los niveles de significación, se adoptó para todos los análisis de la investigación el nivel  $p = .05$ .

### 6.1.6. Resultados

Los valores medios de los cuatro test realizados antes del comienzo del entrenamiento para ambos grupos (pre-test) se exponen en la siguiente tabla:

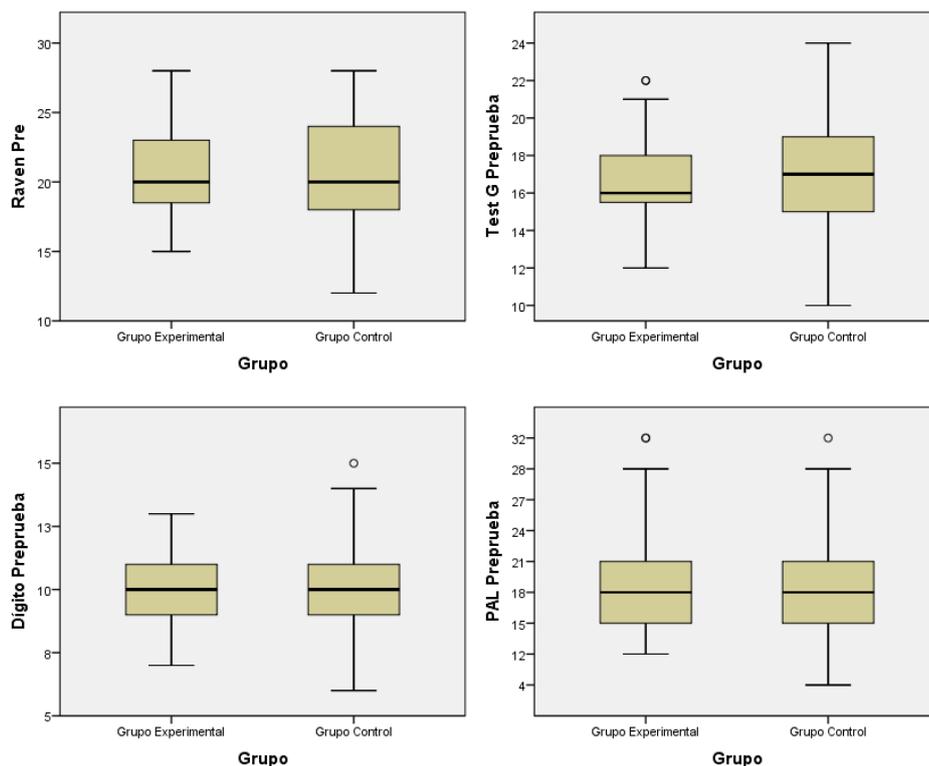
Tabla 3. *Media de cada instrumento en el grupo experimental y control en el pre-test.*

		Media	D.E.	$p$
Raven Preprueba	Grupo Experimental	20.77	3.326	.859
	Grupo Control	20.63	3.719	
Test G Preprueba	Grupo Experimental	16.94	2.678	.947
	Grupo Control	16.90	2.898	
Dígito Preprueba	Grupo Experimental	10.06	1.644	.685
	Grupo Control	10.23	1.888	
PAL Preprueba	Grupo Experimental	18.83	4.854	.986 <sup>a</sup>
	Grupo Control	18.85	5.536	

Nota: <sup>a</sup> Prueba U de Mann-Whitney.

De acuerdo a los valores de tabla, y a la probabilidad asociada al test  $t$  de Student de diferencias de medias, ambos grupos no presentaron diferencias

significativas respecto al valor medio observado en el Test de Raven, Test G de Cattell y Test de Amplitud de Dígitos. Tampoco se presentaron diferencias, según la prueba U de Mann-Whitney, en la Prueba de Amplitud Lectora. Se aplicó este análisis, debido a la distribución anormal obtenida por este último instrumento.



*Figura 10.* Puntajes de los 4 instrumentos en el grupo experimental y el grupo control.

De la observación de los gráficos podría decirse que la variabilidad parece ser mayor en el grupo control respecto al experimental. Pero, al realizar el test F de homogeneidad de variancias no se rechazó la hipótesis nula (en todos los casos se obtuvieron probabilidades asociadas mayores a .40).

La distribución de la Prueba de Amplitud Lectora presentó una asimetría hacia la derecha, mientras que en los puntajes de los demás tests las distribuciones son simétricas.

En la tabla 4 se presentan las medias y los desvíos estándares de los dos grupos obtenidos en el pre-test y en el post-test.

Tabla 4. *Medias del grupo experimental y del grupo control en el pre-test y en el post-test.*

	Grupo Experimental		Grupo Control	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Raven Pre-test	20.77	3.326	20.63	3.719
Raven Post-25	23.31	3.563	20.65	3.840
Test G Pre-test	16.94	2.678	16.90	2.898
Test GPost-25	21.11	3.179	17.23	2.957
Dígito Pre-test	10.06	1.644	10.23	1.888
Dígito Post-25	11.31	1.491	10.20	2.078
PAL Pre-test	18.83	4.854	18.85	5.536
PAL Post-25	23.97	5.997	18.30	5.557

Se evaluó la presencia de correlación de los cuatro instrumentos entre el pre-test y el post-test, para la Prueba de Amplitud Lectora se efectúa el *rho* de Spearman debido a su distribución anormal, mientras que para el resto de los instrumentos se emplea el coeficiente de Pearson.

Tabla 5. *Correlaciones intra-grupo entre el puntaje del pre-test y del post-test*

	<i>Grupo Experimental</i>			<i>Grupo Control</i>		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Raven Pre y Post.	35	.992	.000	40	.879	.000
Test G Pre y Post.	35	.927	.000	40	.873	.000
Test Dígito Pre y Post.	35	.953	.000	40	.923	.000
P.A. Lectora Pre y Post.	35	.906	.000	40	.866	.000

Pudo apreciarse la existencia de correlaciones positivas estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ) entre los valores observados en una sesión y la siguiente, para todos los instrumentos. Se realizó entonces el test  $t$  de Student para muestras relacionadas. Para la Prueba de Amplitud Lectora, se efectuó la prueba Wilcoxon para dos muestras relacionadas. También se realizó el test  $t$  de Student para muestras no relacionadas, con la finalidad de comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control. Debido a que la prueba de Levene confirmó la igualdad de las varianzas, se tomaron los resultados asumiendo las varianzas iguales en la prueba  $t$  : Raven ( $F = .319$  ,  $p = .574$ ), Test G de Cattell ( $F = .050$  ,  $p = .824$ ), Dígito ( $F = 2.141$  ,  $p = .148$  ). Para la Prueba de Amplitud Lectora se efectuó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla 6.

Tabla 6. *Diferencias intragrupo pre-test – post-test y extra-grupo post-test.*

Medida	Grupo Experimental			Grupo Control Pre y			Diferencia entre			
	Pre y Post 25			Post 25			grupos Post-test			
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d de</i>
										<i>Cohen</i>
Raven	10.907	34	.000	.085	39	.933	3.100	73	.003	.708
Test G	20.156	34	.000	1.394	39	.171	5.487	73	.000	1.253
Dígito	14.715	34	.000	-.198	39	.884	2.634	73	.01	.602

Con respecto a la Prueba de Amplitud Lectora, utilizando la prueba Wilcoxon para muestras relacionadas se determinaron diferencias estadísticamente significativas intra-grupo entre el pre-test y post-test del grupo experimental ( $p < .0001$ ); mientras que no existieron diferencias estadísticamente significativas intra-grupo entre el pre-test y el post-test del grupo control ( $p = .135$ ).

Se compararon los resultados en el post-test de la Prueba de Amplitud Lectora en el grupo experimental y el grupo control, por medio de la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes. Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ).

Luego se comparó el grupo experimental y el grupo control en las diferencias que han obtenido entre el pre-test y el post-test. Debe aclararse que en todos los análisis se han utilizado los puntajes brutos de los instrumentos. En la tabla 7 se resumen los valores promedio de dichas diferencias, y sus desvíos estándares para cada uno de los dos grupos de interés:

Tabla 7. *Medias de las diferencias obtenidas entre el post-test y el pre-test.*

		<i>n</i>	Media	D.E.
Raven Diferencia 25 sesiones y pre-test.	Grupo Experimental	35	2.5429	1.37932
	Grupo Control	40	.0250	1.86035
Test G Diferencia 25 sesiones y pre-test.	Grupo Experimental	35	35	4.1714
	Grupo Control	40	40	.3250
Dígito Diferencia 25 sesiones y pre-test.	Grupo Experimental	35	1.2571	.50543
	Grupo Control	40	-.0250	.80024
P.Amplitud Lectora Diferencia 25 y pre-test.	Grupo Experimental	35	5.1429	3.00140
	Grupo Control	40	-.5500	2.36372

La prueba de Levene determinó la inexistencia de diferencias entre las varianzas de los valores a comparar, Raven ( $F = .282; p = .597$ ), Test G de Cattell ( $F = 1.046, p = .310$ ) y Dígito ( $F = 2.621, p = .110$ ), por lo tanto se adoptaron los resultados para

varianzas iguales, en la prueba *t* de Student para muestras independientes. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Tabla 8. *Diferencias entre el grupo experimental y control en las medias de las diferencias intragrupo.*

	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
Diferencias Raven, Grupo Experimental- Grupo Control	6.578	73	.000	1.502
Diferencias G, Grupo Experimental-Grupo Control	12.187	73	.000	2.783
Diferencias Dígito, Grupo Experimental-Grupo Control	8.158	73	.000	1.864

Para la comparación del grupo experimental y del grupo control, a partir de las diferencias intra-grupo obtenidas en la Prueba de Amplitud Lectora, se utilizó la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, obteniéndose una diferencia estadísticamente significativa ( $p < .0001$ ).

Síntesis de datos obtenidos en el experimento 1:

1. Se observaron diferencias significativas para las dos medidas de inteligencia fluida, y para las dos medidas de memoria de trabajo verbal en el grupo experimental, entre el pre-test y el post-test, manifestándose aumentos de las mismas:

- a) Raven ( $t = 10.907$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- b) Test G de Cattell ( $t = 20.156$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- c) Amplitud de Dígitos ( $t = 14.715$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p < .0001$ ).

2. No se observaron diferencias significativas para ninguna de las medidas del grupo control activo entre el pre-test y el post-test:

- a) Raven ( $t = .085$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .933$ ).
- b) Test G de Cattell ( $t = 1.394$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .171$ ).
- c) Amplitud de Dígitos ( $t = -.198$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .884$ ).
- d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p = .135$ ).

3. Se observaron diferencias significativas entre las medias del grupo experimental y del grupo control activo, para los cuatro instrumentos, en el post-test:

- a) Raven ( $t = 3.100$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .003$ ,  $d$  de Cohen = .708).
- b) Test G de Cattell ( $t = 5.487$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.253).
- c) Amplitud de Dígitos ( $t = 2.634$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .01$ ,  $d$  de Cohen = .602).
- d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p < .0001$ ).

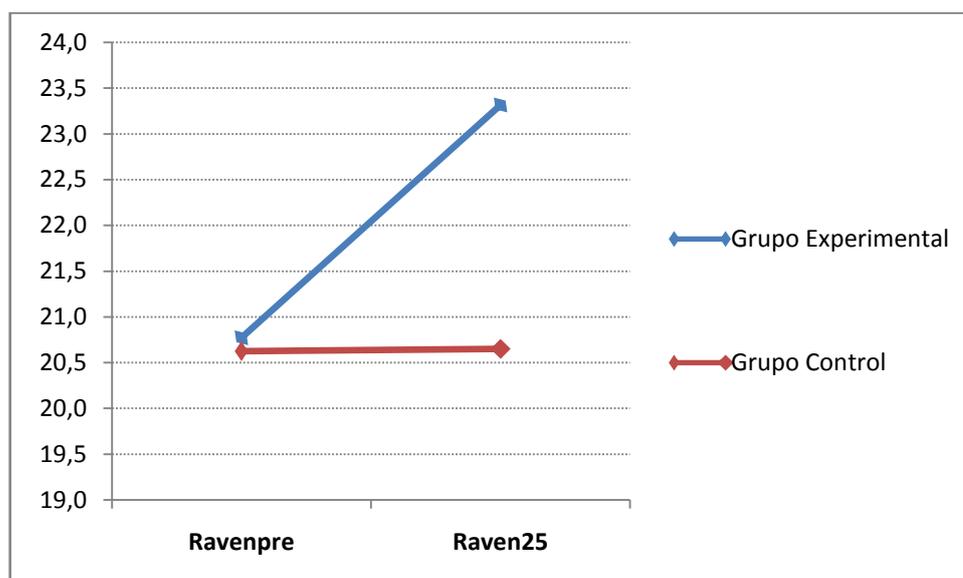
4. Se observaron diferencias significativas entre las medias de las diferencias intragrupo post-test-pre-test (post-test menos pre-test), al comparar el grupo experimental y el grupo control:

a) Raven ( $t = 6.578$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.502).

b) Test G de Cattell ( $t = 12.187$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.783).

c) Amplitud de Dígitos ( $t = 8.158$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.864).

d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p < .0001$ ).



*Figura 11.* Puntajes del grupo experimental y del grupo control en el test de Raven, pre-test, post-test.

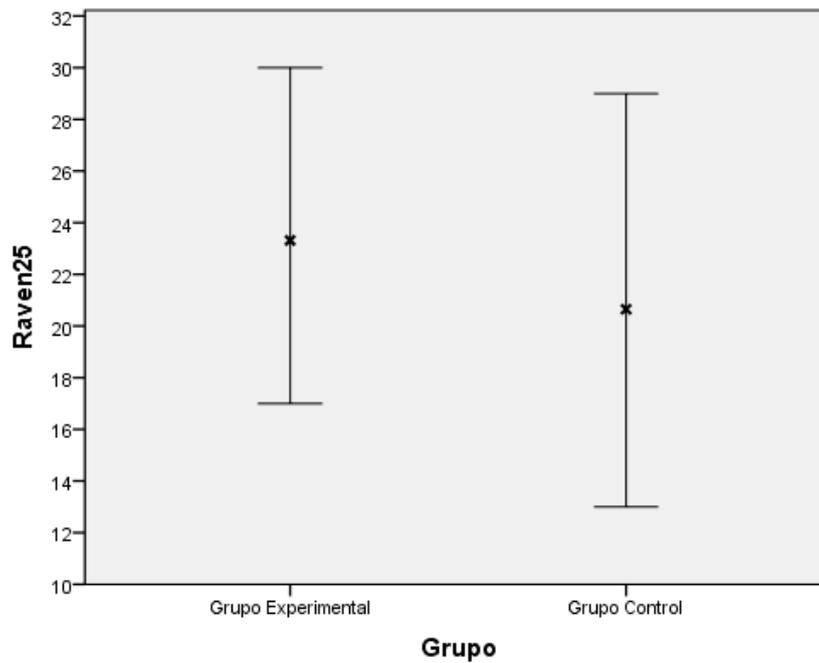
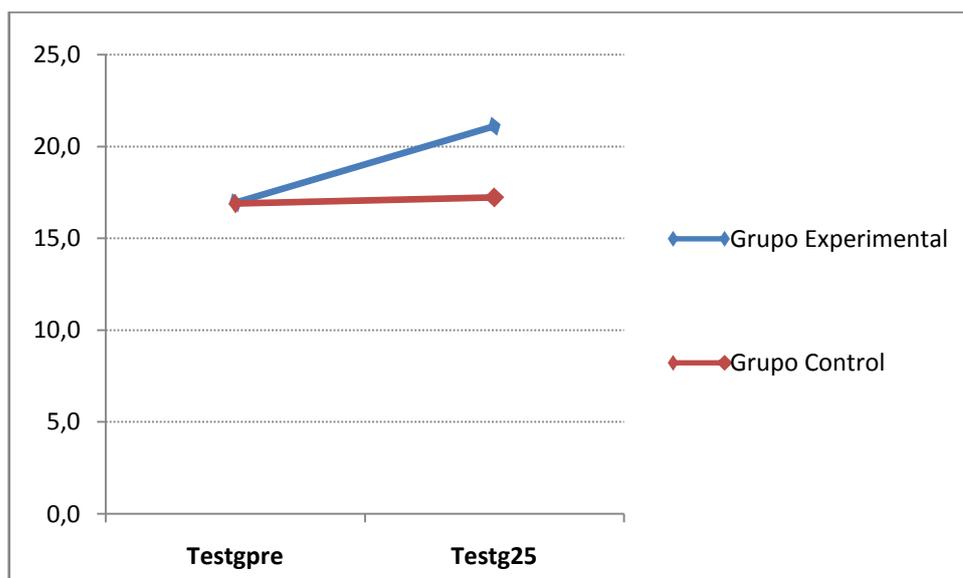
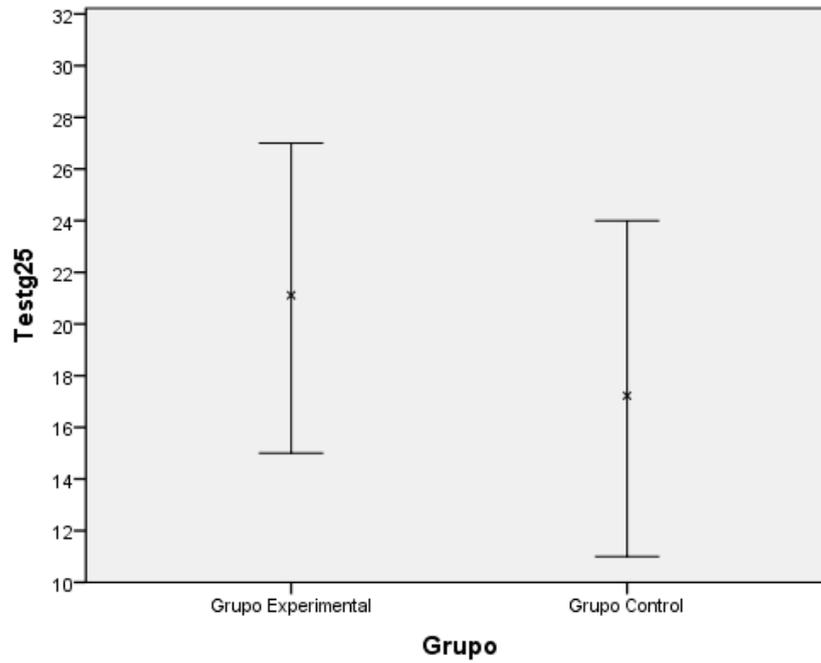


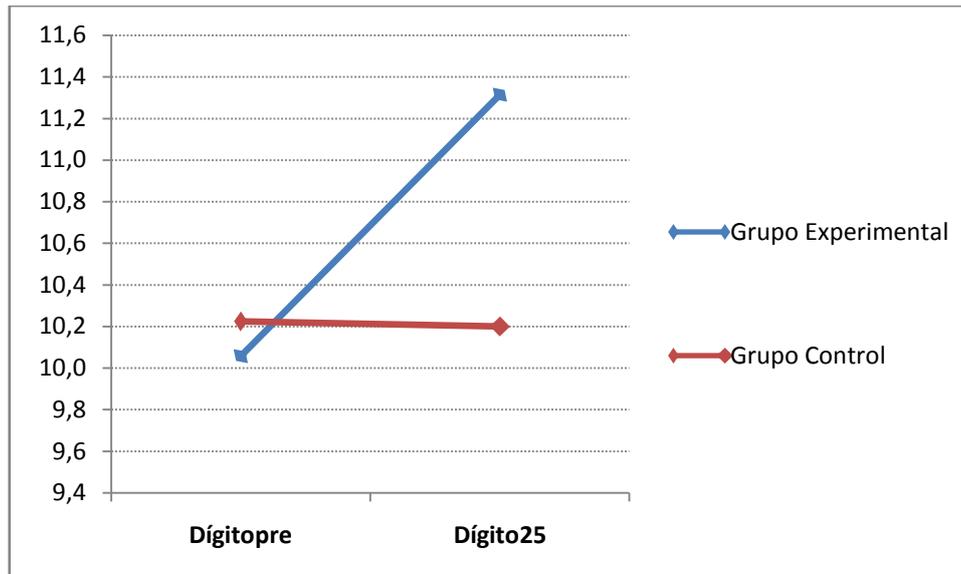
Figura 12. Distribución puntajes del grupo experimental y del grupo control en el test de Raven, post-test.



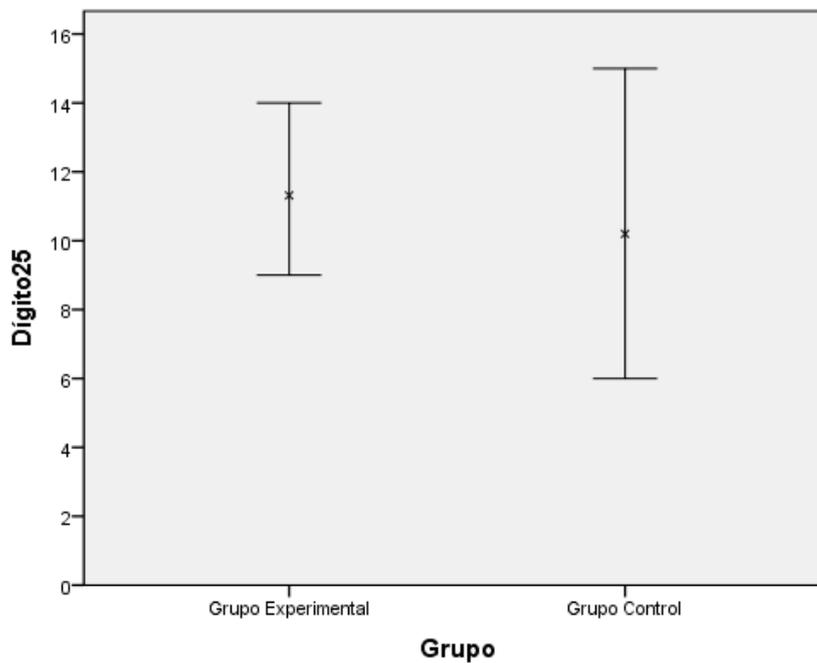
*Figura 13.* Puntajes del grupo control y del grupo experimental en el test G de Cattell, pre-test, post-test.



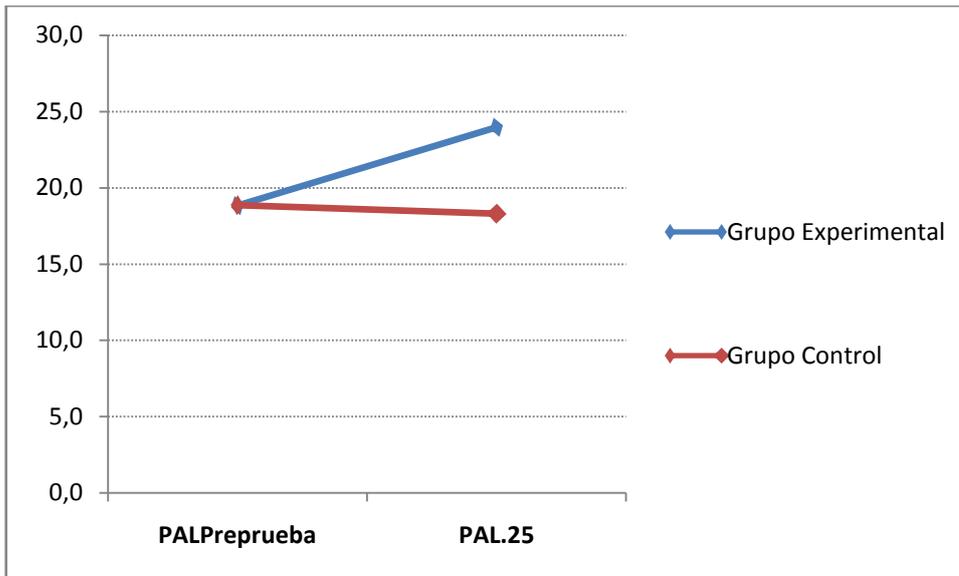
*Figura 14.* Distribución de los puntajes del grupo experimental y del grupo control en el test G de Cattell, post-test.



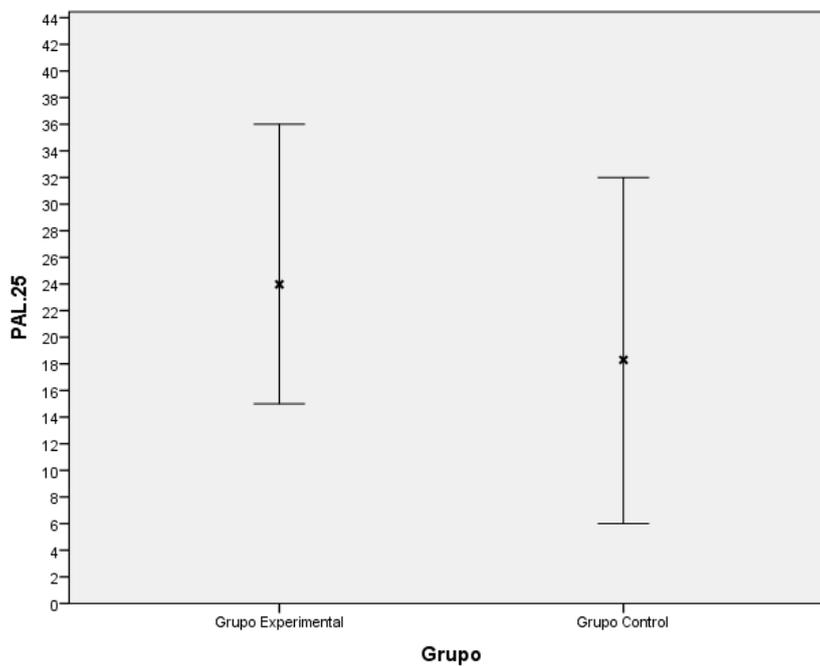
*Figura 15.* Puntajes del grupo experimental y del grupo control en el test Amplitud de Dígitos, pre-test, post-test.



*Figura 16.* Distribución puntajes grupo experimental y grupo control en el test Dígitos, post-test.



*Figura 17.* Puntajes del grupo experimental y del grupo control en la Prueba de Amplitud Lectora, pre-test, post-test.



*Figura 18.* Distribución de los puntajes de la Prueba de Amplitud Lectora para el grupo experimental y el grupo control, post-test.

### 6.1.7. Discusión

Jaeggi et al. (2008), utilizando el programa de entrenamiento *dual n-back*, reportaron aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal. Estos resultados fueron cuestionados por Shipstead et al. (2010), debido a la ausencia de grupo control activo. Los autores sostuvieron que esta falta reducía la validez interna, dado que los resultados podían explicarse por efecto Hawthorne y/o por respuesta a la demanda.

A partir de lo antecedente, en el experimento 1 se pusieron a prueba las hipótesis 1 y 2, las cuales afirmaban que el grupo experimental obtendría un aumento mayor en los niveles de inteligencia fluida y en los niveles de memoria de trabajo verbal que el grupo control activo. Las dos hipótesis fueron confirmadas por los resultados, obteniéndose mayores aumentos en el grupo experimental que en el grupo control, tanto para los niveles de inteligencia fluida como para los niveles de memoria de trabajo verbal. Los resultados apoyan la postura de Jaeggi et al. (2008), con respecto a la posibilidad de lograr una transferencia del entrenamiento *dual n-back* en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal. Consiguientemente, contradicen las afirmaciones de Shipstead et al. (2010), acerca de que dichos resultados pueden deberse al efecto Hawthorne y/o a la respuesta a la demanda.

También es preciso destacar que, a diferencia de los datos obtenidos por Jaeggi et al. (2008), se obtuvieron ganancias en la Prueba de Amplitud Lectora.

Los resultados apoyan la afirmación de que el programa *dual n-back* genera aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal.

## 6.2. Experimento 2

En el experimento 1 se comprobó la existencia de aumentos en los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo en el grupo experimental, y la diferencia a favor de este grupo cuando fue comparado con el grupo control activo. En el experimento 2 se pusieron a prueba las hipótesis 3 y 4, las cuales afirmaban que se presentarían aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal en el grupo experimental luego de 100 sesiones de entrenamiento. A su vez, se pusieron a prueba las hipótesis 5 y 6, las cuales sostenían que el aumento en los niveles de inteligencia fluida y en los de memoria de trabajo verbal serían mayores en el grupo experimental que en el grupo control, luego de 100 sesiones de entrenamiento. El grupo control fue activo por 25 sesiones, y pasivo por 100 sesiones, dado que no se comprobaron cambios que requirieran la presencia de un grupo control activo en el primer experimento, y a la falta de factibilidad de contar con un grupo de control activo a partir de los recursos disponibles. La intención de este segundo experimento fue la de conocer qué sucedía luego de 100 sesiones de entrenamiento en el programa *dual n-back*, lo cual hasta el momento era desconocido (Jaeggi et al., 2008; Jaeggi et al., 2010), y podría tener implicancias en la aplicación de programas a largo plazo o intensivos para rehabilitación cognitiva, tratamiento de déficits intelectuales y aumento de rendimiento cognitivo en poblaciones con niveles normales o superiores.

### **6.2.1. Participantes**

Se contó con los mismos participantes del experimento anterior: 35 participantes en el grupo experimental, y 40 participantes en el grupo control.

### **6.2.2. Instrumentos**

Se utilizaron los mismos instrumentos que en el experimento 1: a) Test de Raven, Escala Avanzada. b) Test Amplitud de Dígitos. c) Test G. d) Prueba de Amplitud Lectora.

Se utilizó el mismo programa de entrenamiento *dual n-back* para el grupo experimental, y el entrenamiento en matemáticas rápidas en las 25 primeras sesiones, para el grupo control.

### **6.2.3. Diseño**

Diseño experimental, pre prueba-post prueba con grupo de control activo en las primeras 25 sesiones, y pasivo en las restantes sesiones (75).

Variable independiente: Entrenamiento (a- grupo entrenado; b- grupo no entrenado)

Variabes dependientes:

Niveles de inteligencia fluida medidos por el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada y por el Test G de Cattell.

Niveles de memoria de trabajo medidos por el Test de Amplitud de Dígitos del WAIS y por la Prueba de Amplitud Lectora.

#### **6.2.4. Procedimientos**

Los encuentros fueron 53 aproximadamente, de una hora de duración cada uno. Los mismos transcurrieron entre junio, julio y agosto del 2011, en Ciudad del Este, en el laboratorio del autor de la tesis, localizado en el centro de la ciudad.

Como pre-test se utilizaron los mismos datos que en el pre-test del experimento

1. Es necesario destacar que los horarios de los participantes e incluso las fechas fueron irregulares, por lo que se llevó un registro individualizado de cada uno, para que las mediciones fueran hechas con los mismos intervalos de tiempo en la totalidad de los participantes. Se contó con grupo control activo por 25 sesiones, y luego, sus mismos integrantes operaron como grupo control pasivo, por el resto de las 75 sesiones. Luego de que el grupo experimental terminara las 100 sesiones de entrenamiento (aproximadamente 50 horas), se procedió a medir los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal en ambos grupos, medidos por los siguientes instrumentos en este orden: a) Test de Raven, Escala Avanzada. b) Test Amplitud de Dígitos. c) Test G. d) Prueba de Amplitud Lectora.

#### **6.2.5. Análisis de datos**

Se utilizó el software SPSS 19. Se tomaron los puntajes brutos de los instrumentos para realizar el análisis de datos. Con respecto a los niveles de significación, se adoptó para todos los análisis de la investigación el nivel  $p = .05$ .

### 6.2.6. Resultados

Tabla 9. *Medias de ambos grupos en el pre-test y en el post-test.*

	Grupo Experimental		Grupo Control	
	Media	D.E.	Media	D.E.
Raven Pre-test	20.77	3.326	20.63	3.719
Raven Post-100	30.69	2.731	21.53	3.464
Test G Pre-test	16.94	2.678	16.90	2.898
Test GPost-100	27.20	3.802	18.48	3.186
Dígito Pre-test	10.06	1.644	10.23	1.888
Dígito Post-100	14.40	1.479	10.48	1.948
PAL Pre-test	18.83	4.854	18.85	4.822
PAL Post-100	38.97	9.910	20.33	5.536

Tabla 10. *Medias y desvío estándares en los 4 instrumentos por sexo, pre-test.*

Pre-test	Raven		Test G		Dígito		PAL		
	<i>n</i>	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Femenino	45	21.00	3.574	17.00	2.730	10.07	1.629	18.78	5.325
Masculino	30	20.23	3.441	16.80	2.894	10.27	1.982	18.93	5.078

Tabla 11. *Medias y desvío estándares en los 4 instrumentos por sexo, post-test 100 sesiones.*

Post.100 sesiones	Raven		Test G		Dígito		PAL		
	<i>n</i>	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Femenino	45	26.20	5.829	23.07	5.762	12.18	2.766	30.11	13.775
Masculino	30	25.20	5.169	21.77	5.309	12.50	2.432	27.40	8.818

Tabla 12. *Medias y desvío estándares para el grupo experimental en los 4 instrumentos por sexo, pre-test.*

Pre-test	Raven		Test G		Dígito		PAL		
	<i>n</i>	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Femenino	22	21.36	3.017	17.45	2.595	10.23	1.602	20.00	5,354
Masculino	13	19.77	3.700	16.08	2.691	9.77	1.739	16.85	3,132

Tabla 13. *Medias y desvío estándares para el grupo experimental en los 4 instrumentos por sexo, post-test 100 sesiones.*

Post.100 sesiones	Raven		Test G		Dígito		PAL		
	<i>n</i>	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Femenino	22	31.27	2.186	27.82	3.711	14.45	1.535	41.27	10.859
Masculino	13	29.69	3.326	26.15	3.870	14.31	1.437	35.08	6.763

Tabla 14. *Medias y desvío estándares de los 4 instrumentos por edad, pre-test.*

Pre-test	Raven		Test G		Dígito		PAL		
	<i>n</i>	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
18-23 años	30	20.20	3.818	17.00	2.730	10.07	1.629	18.78	5.325
24-33 años	45	21.02	3.306	16.80	2.894	10.27	1.982	18.93	5.078

Tabla 15. *Medias y desvío estándares de los 4 instrumentos por edad, post-test 100 sesiones.*

Post.100 sesiones	Raven		Test G		Dígito		PAL		
	<i>n</i>	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
18-23 años	30	25.11	5.232	21.53	5.247	11.96	2.531	27.20	11.624
24-33 años	45	26.83	5.960	24.07	5.819	12.83	2.718	31.77	12.339

Se evaluó, en el grupo control y en el grupo experimental, la presencia de correlación de los cuatro instrumentos entre el pre-test y el post-test, para la Prueba de Amplitud Lectora se efectuó el *rho* de Spearman, mientras que para el resto de los instrumentos se empleó el coeficiente de Pearson. La siguiente tabla muestra los valores de las correlaciones y su significatividad estadística:

Tabla 16. *Correlaciones intra-grupo entre el puntaje del pre-test y del post-test.*

	<i>Grupo Experimental</i>			<i>Grupo Control</i>		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Raven Pre y Post.	35	.779	.000	40	.838	.000
Test G Pre y Post.	35	.796	.000	40	.763	.000
Test Dígito Pre y Post.	35	.656	.000	40	.960	.000
P.A. Lectora Pre y Post.	35	.674	.000	40	.772	.000

Se realizó entonces la prueba *t* de Student para muestras relacionadas, con la finalidad de comparar los valores dentro de los grupos, antes y después de las 100 sesiones. Debido a que la Prueba de Amplitud Lectora presentó una distribución anormal, se utilizó la prueba Wilcoxon para muestras relacionadas. Se realizó también el test *t* de Student para muestras independientes, con la finalidad de comparar los valores del grupo experimental con los del grupo control luego de las 100 sesiones de entrenamiento. Según la prueba de Levene, se adoptaron para el test de Raven ( $F= 3.375, p = .07$ ), Test G ( $F=1.383, p = .243$ ), y test de Amplitud de Dígitos ( $F=1.875, p = .175$ ), los resultados asumiendo la igualdad de varianzas.

Para la Prueba de Amplitud Lectora se utilizó la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, debido a que posee una distribución anormal.

Las estadísticas obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 17. *Diferencias intra-grupo pre-test - post-test, y diferencia extra-grupo post-test.*

Medida	Grupo Experimental			Grupo Control			Diferencia entre grupos Post-test			
	Pre y Post 100			Pre y Post 100			<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d de Cohen</i>
Raven	28.043	34	.000	2.762	39	.009	12.589	73	.000	2.875
Test G	10.257	34	.000	4.719	39	.000	10.811	73	.000	2.468
Dígito	19.691	34	.000	2.912	39	.006	9.037	73	.000	2.064

Con respecto a la Prueba de Amplitud Lectora, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre el Pre-test y el Post-test tanto para el grupo experimental ( $p < .0001$ ) como para el grupo control ( $p = .006$ ), por medio de la Prueba Wilcoxon para muestras relacionadas. En cuanto a las diferencias inter-grupo en el Post-test, se utilizó la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ).

Tabla 18. *Comparación entre sexos, en los cuatro instrumentos en el pre-test y en el post-test de 100 sesiones.*

	Raven <sup>a</sup>			Test G <sup>a</sup>			Dígito <sup>a</sup>		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Pre-test	.924	73	.359	.303	73	.762	-.477	73	.635
Post-test	.761	73	.449	.987	73	.327	-.518	73	.606

100

<sup>a</sup>Se asumieron varianzas iguales, según lo informó la prueba de Levene ( $p > .05$ ).

No se presentaron diferencias por sexo en la Prueba de Amplitud Lectora, al comparar los resultados del pre-test ( $p = .973$ ), y al comparar los resultados del post-test ( $p = .683$ ), por medio de la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Tabla 19. *Comparación entre sexos en el grupo experimental, en los cuatro instrumentos.*

	Raven <sup>a</sup>			Test G <sup>a</sup>			Dígito <sup>a</sup>		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Pre-test	1.389	33	.174	1.497	33	.144	.792	33	.434
Post-test	1.700	33	.099	1.262	33	.216	.280	33	.781

100

<sup>a</sup> Se asumieron varianzas iguales según lo informó la prueba de Levene ( $p > .05$ )

No se presentaron diferencias por sexo en el grupo experimental para los resultados de la Prueba de Amplitud Lectora, al comparar los resultados del pre-test ( $p = .481$ ), y al comparar los resultados del post-test ( $p = .225$ ), por medio de la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Tabla 20. Comparación por edad (18-23 vs. 24-33), de los puntajes en el pre-test y el post-test 100.

	Raven <sup>a</sup>			Test G <sup>a</sup>			Dígito <sup>a</sup>		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Pre-test	.924	73	.359	.303	73	.762	-.477	73	.635
Post-test	.761	73	.449	.987	73	.327	-.518	73	.606
100									

<sup>a</sup>Se asumieron varianzas iguales, según los resultados de la prueba de Levene ( $p > .05$ )

No se presentaron diferencias por edad en el grupo experimental para los resultados de la Prueba de Amplitud Lectora, al comparar los resultados del pre-test ( $p = .484$ ), y al comparar los resultados del post-test ( $p = .225$ ), por medio de la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Se evaluaron las diferencias intragrupo entre el Post-test y el Pre-test (Post-test menos Pre-test), para el grupo experimental y para el grupo control. Debe destacarse

que, al igual que para el análisis de todos los datos, se utilizaron los puntajes brutos de los instrumentos.

Tabla 21. *Medias de las diferencias intragrupo entre las 100 sesiones y el Post-test.*

		<i>n</i>	Media	D.E.
Diferencia 100 sesiones y Pre-test. Raven	Grupo Experimental	35	9.9143	2.09160
	Grupo Control	40	.9000	2.06062
Diferencia 100 sesiones y Pre-test. Test G de Cattell.	Grupo Experimental	35	10.2571	2.44159
	Grupo Control	40	1.5750	2.11087
Diferencia 100 sesiones y Pre-test. Test Dígito.	Grupo Experimental	35	4.3429	1.30481
	Grupo Control	40	.2500	.54302
Diferencia 100 sesiones y Pre-test. Prueba de Amplitud de Dígitos.	Grupo Experimental	35	20.1429	6.80892
	Grupo Control	40	1.4750	3.35114

Se compararon mediante la prueba  $t$  de Student para muestras independientes, el grupo experimental y el grupo control en cuanto a las medias de las diferencias intra-grupo obtenidas entre el Pre-test y el Post-test. Según la prueba de Levene se adoptaron los resultados suponiendo la igualdad de varianzas en el Test de Raven ( $F = 2.512, p = .117$ ), en el Test G ( $F = .984, p = .324$ ), y los resultados suponiendo la diferencias de varianzas en el Test Amplitud de Dígitos ( $F = 14.227, p < .0001$ ).

Tabla 22. *Diferencias entre el grupo experimental y el control, en cuanto a las medias de las diferencias obtenidas entre el Post-test y el Pre-test.*

	$t$	$gl$	$p$	$d$ de Cohen
Raven Pre-Post	18.768	73	.000	4.286
G Pre-Post	16.518	73	.000	3.771
Dígito Pre-Post	17.293	44.201	.000	4.139

Para evaluar las diferencias entre el grupo experimental y el grupo control en cuanto a las medias de diferencias obtenidas entre el Post-test y el Pre-test se utilizó la Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, obteniéndose diferencias estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ).

Los datos obtenidos en el experimento 2 se sintetizan a continuación:

1. Se observaron diferencias significativas para las dos medidas de inteligencia fluida, y para las dos medidas de memoria de trabajo en el grupo experimental, entre el pre-test y el post-test, manifestándose aumentos de las mismas:

- a) Raven ( $t = 28.043$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- b) Test G de Cattell ( $t = 10.257$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- c) Amplitud de Dígitos ( $t = 19.691$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p < .0001$ ).

2. Se observaron diferencias significativas para las medidas de inteligencia fluida y de memoria de trabajo en el grupo control entre el pre-test y el post-test:

- a) Raven ( $t = 2.762$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .009$ ).
- b) Test G de Cattell ( $t = 4.719$ ,  $gl = 39$ ,  $p < .0001$ ).
- c) Amplitud de Dígitos ( $t = 2.912$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .006$ ).
- d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p = .006$ ).

3. Se observaron diferencias significativas en las medias del grupo experimental y del grupo control en los cuatro instrumentos en el post-test:

- a) Raven ( $t = 12.589$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.875).
- b) Test G de Cattell ( $t = 10.811$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.468).
- c) Amplitud de Dígitos ( $t = 9.037$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.064).
- d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p < .0001$ ).

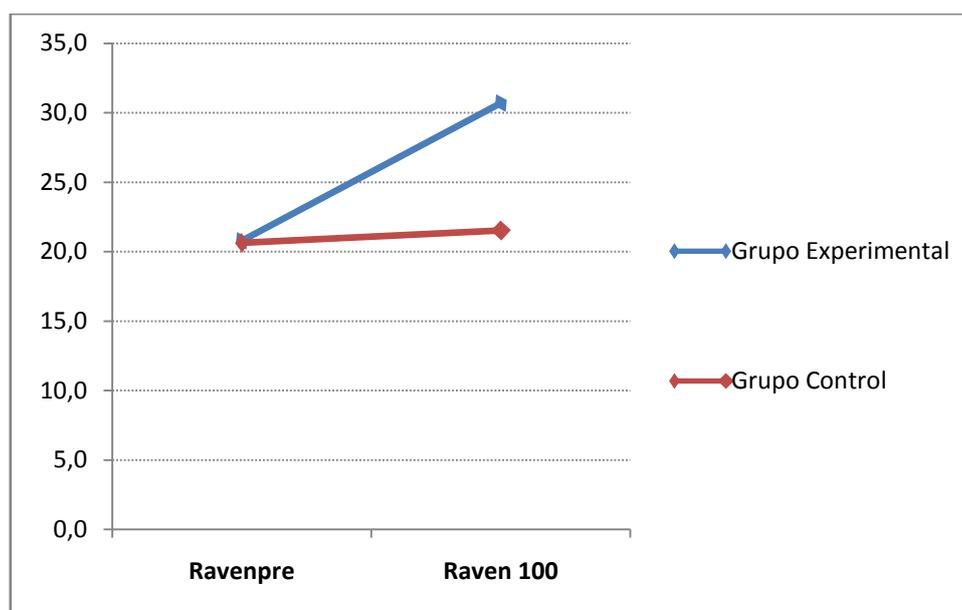
4. Se observaron diferencias significativas entre las medias de las diferencias intra-grupo post-test- pre-test (post-test menos pre-test), al comprar el grupo experimental y el grupo control:

a) Raven ( $t = 18.768$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 4.286).

b) Test G de Cattell ( $t = 16.518$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 3.771).

c) Amplitud de Dígitos ( $t = 17.293$ ,  $gl = 44.20$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 4.139).

d) Prueba de Amplitud Lectora ( $p < .0001$ ).



*Figura 19.* Puntajes el grupo experimental y del grupo control en el test de Raven, post-test 100 sesiones.

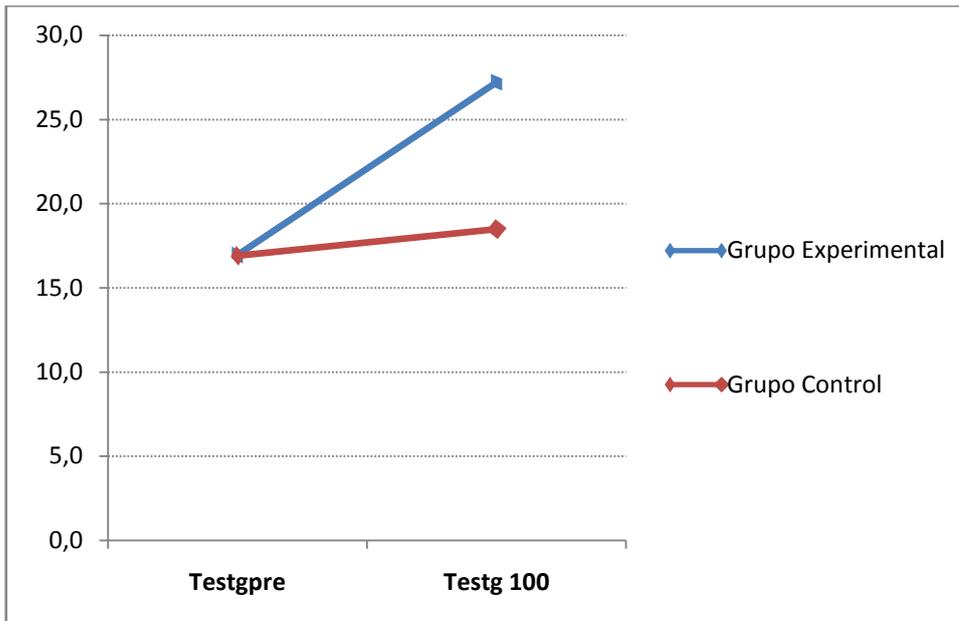


Figura 20. Puntajes del grupo experimental y del grupo control en el test G de Cattell, pre-test, post-test 100 sesiones.

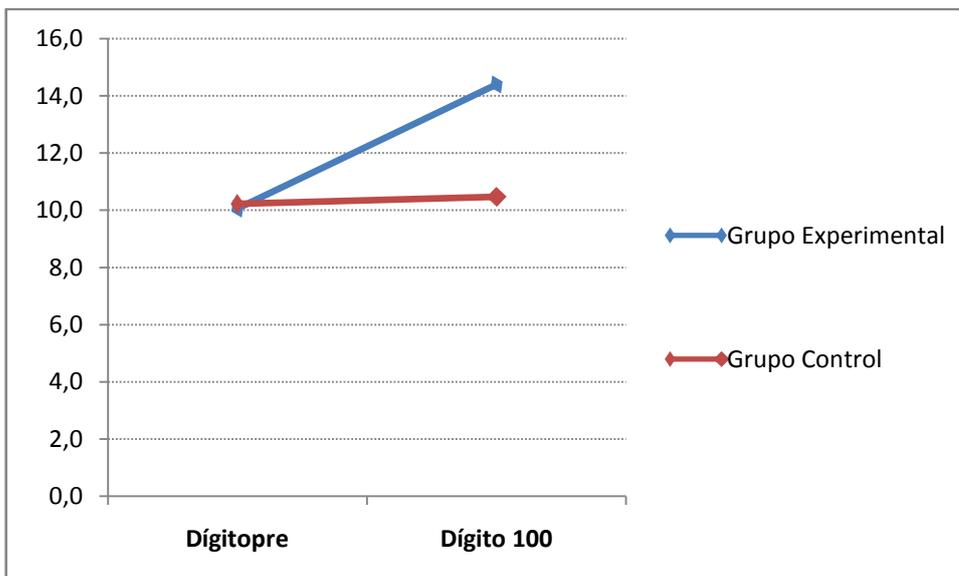


Figura 21. Puntajes del grupo experimental y del grupo control en el test de Amplitud de Dígitos, pre-test, post-test 100 sesiones.

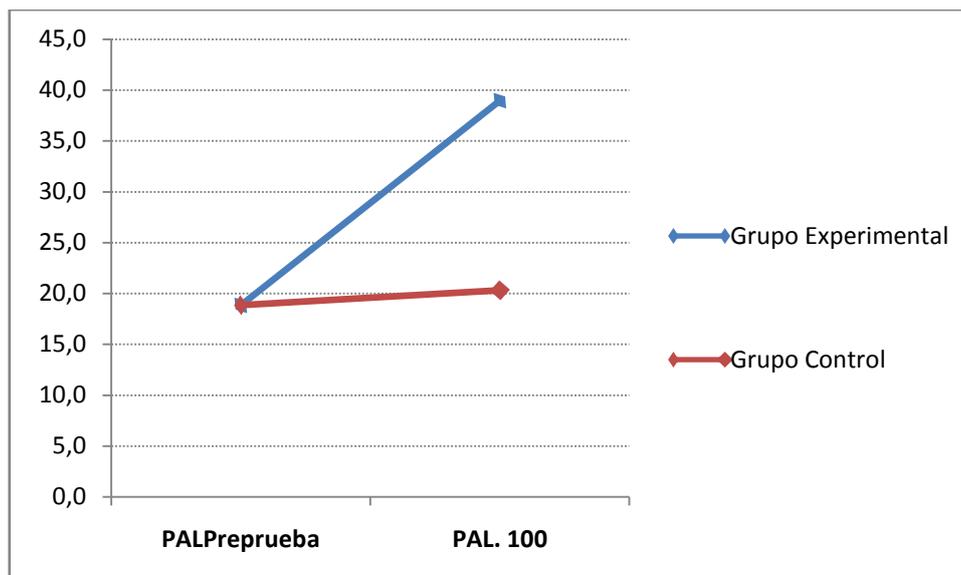


Figura 22. Puntajes del grupo experimental y del grupo control en la Prueba de Amplitud Lectora, pre-test, post-test 100 sesiones.

### 6.2.7. Discusión

No existían datos con respecto a los efectos del entrenamiento *dual n-back* por más de 20 sesiones (Jaeggi et al., 2008; Jaeggi et al., 2010). La importancia de esto radica en las aplicaciones prácticas que el programa pudiera tener, en modalidades de entrenamiento a largo plazo o intensivas, tanto en la rehabilitación cognitiva, el tratamiento del déficit intelectual, como en la aplicación en poblaciones con niveles cognitivos normales o superiores.

Por consiguiente, experimento 2 tuvo como finalidad testear las hipótesis 3 y 4, en las cuales se afirmó que se producirían aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal en el grupo experimental luego de 100 sesiones de entrenamiento. A su vez, se pusieron a prueba las hipótesis 5 y 6, las cuales sostenían que el aumento en los niveles de inteligencia fluida y en los de memoria de trabajo

serían mayores en el grupo experimental que en el grupo control, luego de 100 sesiones de entrenamiento.

Los datos permitieron confirmar las hipótesis 3 y 4, y las hipótesis 5 y 6, dado que se produjeron aumentos en los niveles de inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal en los participantes del grupo experimental, y estos aumentos fueron superiores a los obtenidos por el grupo control.

### **6.3. Experimento 3**

En el experimento 1 y 2 se comprobó que el entrenamiento *dual n-back* aumenta los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal. En el experimento 3 se pretendió resolver una polémica con respecto al carácter progresivo del efecto, sobre la cual existían datos contradictorios (Basak et al., 2008; Jaeggi et al., 2008; Jaeggi et al., 2011).

La finalidad del experimento 3 fue la de poner a prueba las hipótesis 7, 8, 9 y 10. Las hipótesis 7 y 9 afirmaban un mayor aumento de los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal en el grupo experimental, cuanto más bloques de sesiones de entrenamiento se realizaran. Las hipótesis 8 y 10 sostenían que en luego de los bloques de entrenamiento de 25 sesiones, existirían mayores aumentos en el grupo experimental que en el grupo control, tanto para la inteligencia fluida como para la memoria de trabajo verbal.

### 6.3.1. Participantes

Se emplearon los mismos participantes del experimento 1 y 2: 35 participantes en el grupo experimental, y 40 participantes en el grupo control.

### 6.3.2. Instrumentos

Se emplearon los mismos instrumentos que en el experimento 1 y 2.

### 6.3.3. Diseño

Diseño experimental, de series cronológicas con repetición de estímulo y grupo de control activo en las primeras 25 sesiones y grupo de control pasivo en las restantes 75 sesiones.

Variable Independiente:

Número de sesiones de entrenamiento con programa *dual n-back* (a-25; b-50; c-75; d-100)

Variables dependientes:

Niveles de inteligencia fluida medidos por el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada, y por el Test G de Cattell.

Niveles de memoria de trabajo medidos por el Test de Amplitud de Dígitos del WAIS y por el Prueba de Amplitud Lectora.

#### 6.3.4. Procedimientos

El entrenamiento y las mediciones se efectuaron entre junio, julio y agosto del 2011, en el laboratorio del autor de la tesis, situado en el centro de Ciudad del Este, Paraguay.

Como pre-test se utilizaron los datos del pre-test del experimento 1. El grupo experimental se entrenó con el programa *dual n-back* los días hábiles, con una frecuencia de 2 sesiones diarias, y una duración aproximada de 1 hora por día. En total, el grupo experimental realizó 100 sesiones, con una duración aproximada de 50 horas, en 50 encuentros. Luego de las 25 sesiones (Post test 1); 50-sesiones (Post-test 2); 75 sesiones (Post-test 3); y 100 sesiones (Post-test 4), el grupo fue evaluado con los siguientes instrumentos en el siguiente orden: a) Test de Raven, Escala Avanzada. b) Test Amplitud de Dígitos. c) Test G. d) Prueba de Amplitud Lectora.

Por parte del grupo control, el mismo se entrenó las primeras 25 sesiones en la resolución de problemas aritméticos, como ya fue expuesto anteriormente, y luego sólo asistió para las mediciones de las 25, 50, 75 y 100 sesiones, las cuales se realizaron los mismos días que en el grupo experimental. Es necesario destacar que la asistencia para la toma de los instrumentos por parte del grupo experimental y del grupo control se efectuó en horarios diferentes, para evitar el contacto entre los dos grupos.

Debido a las inasistencias y dificultades con el horario manifestadas por los participantes, se llevó un registro individualizado de cada uno, para que las mediciones fueran hechas con los mismos intervalos de tiempo que en la totalidad.

### 6.3.5. Análisis de datos

Se utilizó el software SPSS 19. Se utilizaron los puntajes brutos de los instrumentos para realizar el análisis de datos. Para los niveles de significación, se adoptó el nivel  $p = .05$ .

### 6.3.6. Resultados

Debido a la cantidad de datos, se expondrán los resultados generales y luego de manera pormenorizada los resultados para cada instrumento.

1. Para los 4 instrumentos en el grupo experimental, las medias luego de 100 sesiones fueron mayores que luego de 75 sesiones; las medias de las 75 sesiones fueron mayores que las de 50 sesiones; las medias de 50 sesiones fueron mayores que las de 25 sesiones; y las medias de 25 sesiones fueron mayores que las del pre-test. En todas las comparaciones se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas.
2. En el grupo control se obtuvieron aumentos sólo entre las 25 y 50 sesiones y las 75 y 100 sesiones en el Test de Raven; entre las 25 y 50 sesiones, y entre las 75 y 100 sesiones para el Test G de Cattell; entre las 75 y 100 sesiones para el Test de Amplitud de Dígitos; y entre las 25 y 50 sesiones para la Prueba de Amplitud Lectora.
3. Los aumentos fueron mayores para el grupo experimental que para el grupo control, en los 4 instrumentos.

3. Existieron diferencias estadísticamente significativas en las medias de los 4 instrumentos en los diferentes post-tests, al compararse el grupo experimental con el grupo control.

4. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo control, en cuanto a las medias de las diferencia intragrupo entre un post-test y otro anterior (post-test 4 menos post-test 3; post-test 3 menos post-test 2; post-test 2 menos post-test 1; post-test 1 menos pre-test).

#### 6.3.6.1. Test de Raven, Escala Avanzada

En la tabla 23 se observan las medias obtenidas y los desvíos estándares:

Tabla 23. *Media y Desvío estándar para el test de Raven en el pre-test y en los 4 post-tests.*

	Raven Pre-Test		Raven Post1-25 sesiones		Raven Post2-50 sesiones		Raven Post 3-75 sesiones		Raven Post 4-100 sesiones	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	20.77	3.326	23.31	3.563	26.06	3.548	28.49	3.673	30.69	2.731
Grupo Control	20.63	3.719	20.65	3.840	20.93	3.482	21.00	3.494	21.53	3.464

Se evaluó la presencia de correlación entre los valores del grupo experimental y del grupo control, obtenidos a medida que se realizan más sesiones mediante el coeficiente de Pearson, como se expone en la tabla 24.

Tabla 24. *Correlaciones intragrupo entre los post-tests para el test de Raven.*

	<i>Grupo Experimental</i>			<i>Grupo Control</i>		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Raven Pre y Post1.	35	.922	.000	40	.879	.000
Raven Post1 y Post2	35	.971	.000	40	.980	.000
Raven Post2 y Post3	35	.964	.000	40	.982	.000
Raven Post3 y Post4	35	.951	.000	40	.981	.000

Puede observarse que existieron correlaciones positivas y estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ) entre los valores observados en una sesión y la siguiente. Se realizó entonces la prueba *t* de Student para muestras relacionadas, como se expone en la tabla 25.

Tabla 25. *Diferencias intragrupo en el Test de Raven.*

Raven	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Pre-Post1	10.907	34	.000	.085	39	.933
Post1-Post2	19.044	34	.000	2.131	39	.039
Post2-Post3	14.679	34	.000	.723	39	.474
Post3-Post4	9.516	34	.000	4.891	39	.000

De acuerdo los valores de probabilidad asociada al test de la última columna se puede afirmar que:

1. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del Test Raven observados en un momento y en el siguiente (pre-test vs. post-test 1; post-test 1 vs. post-test 2; post-test 2 vs. post-test 3 y post-test 3 vs. post-test 4) ( $p < .0001$ ).
2. La media del Test de Raven para el grupo experimental fue aumentando al aumentar la cantidad de sesiones que realiza la persona.
3. En el grupo control sólo se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del Test Raven entre el post-test 1 y el post-test 2, y entre el post-test 3 y el post-test 4 ( $p < .05$ ).

Se compararon las medias del grupo experimental y del grupo control. Se efectuó la prueba  $t$  de Student para muestras independientes. Se tomaron los resultados de la prueba, asumiendo varianzas iguales, ya que la prueba de Levene informó la inexistencia de diferencias de varianzas: Raven Post-test1 ( $F = .319, p = .574$ ), Raven Post-test 2 ( $F = .003, p = .960$ ), Raven Post-test 3 ( $F = .0001, p = .985$ ), Raven Post-test 4 ( $F = 3.375, p = .70$ ).

Tabla 26. *Comparación de medias entre el grupo experimental y el grupo control.*

	$t$	$gl$	$p$	$d$ de Cohen
Post test 1-25	3.100	73	.003	.708
Post test 2-50	6.313	73	.000	1.441
Post test3-75	9.038	73	.000	2.064
Post test4-100	12.589	73	.000	2.875

Se apreciaron diferencias estadísticamente significativas en todas las comparaciones ( $p < .05$ ).

Luego se comparó el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias obtenidas entre las diferentes mediciones efectuadas.

Tabla 27. *Medias de las diferencias entre las diferentes mediciones para el test de Raven.*

		<i>n</i>	Media	D.E.
Diferencia 25 sesiones y previa	Grupo Experimental	35	2.5429	1.37932
	Grupo Control	40	.0250	1.86035
Diferencia 50 sesiones y 25	Grupo Experimental	35	2.7429	.85209
	Grupo Control	40	.2750	.81610
Diferencia 75 sesiones y 50	Grupo Experimental	35	2.4286	.97877
	Grupo Control	40	.0750	.65584
Diferencia 100 sesiones y 75	Grupo Experimental	35	2.2000	1.36769
	Grupo Control	40	.5250	.67889

Según los resultados de la prueba de Levene para igualdad de varianzas, se adoptó para la diferencia del Post test 3 y el Post test 2 ( $F = 6.735, p = .011$ ), y para la diferencia del Post test 4 y el Post-test 3 ( $F = 13.554, p < .0001$ ), los resultados de la prueba  $t$  con varianzas diferentes. Mientras que para la diferencia entre el Pre-test y Post-test 1 ( $F = .282, p = .597$ ), y la del Post test 1 con el Post-test 2 ( $F = .017, p = .896$ ), se tomaron los resultados con varianzas iguales.

Tabla 28. *Comparación de las medias de las diferencias intragrupo, entre el grupo experimental y el grupo control.*

Raven	$t$	$gl$	$p$ (bilateral)	$d$ de Cohen
Post 1-Pre-test	6.578	73	.000	1.502
Post2-Post1	12.799	73	.000	2.923
Post3-Post2	12.054	58.14	.000	2.823
Post4-Post3	6.572	48.24	.000	1.562

1. Diferencias entre el grupo experimental y el grupo control, en las diferencias entre el Pre-test y el Post-test 1.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 6.578, gl = 73, p < .0001, d$  de Cohen = 1.502). El grupo experimental presentó un aumento de 2.54 puntos, mientras que el grupo control presentó un aumento de .25 puntos.

2. Diferencias en el grupo experimental y el grupo control, en las diferencias entre el Post-test 2 y el Post-test 1.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 12.779, gl = 73, p < .0001, d$  de Cohen

=2.923). El grupo experimental presentó un aumento de 2.74 puntos, mientras el grupo control un aumento de .27 puntos.

3. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control, en las diferencias entre el Post-test 3 y el Post-test 2:

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 12.054$ ,  $gl = 58.14$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de *Cohen* =2.823). El grupo experimental presentó un aumento de 2.42 puntos, mientras que el grupo control un aumento de .07 puntos.

4. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control, en las diferencias entre el Post-test 4 y el Post-test 3:

Se observan diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 6.572$ ,  $gl = 48.24$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de *Cohen* =1.562 ). El grupo experimental manifestó un aumento de 2.20 puntos, mientras que el grupo control un aumento de .53 puntos

Los datos obtenidos en para el Test de Raven Escala Avanzada, se sintetizan a continuación:

1. En el grupo experimental se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al comparar:

a) El Pre-test con el Post-test 1 ( $t = 10.907$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).

b) El Post-test 1 con el Post-test 2 ( $t = 19.044$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).

c) El Post-test 2 con el Post-test 3 ( $t = 14.679$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).

d) El Post-test 3 con el Post-test 4 ( $t = 9.516$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).

2. En el grupo control se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre:

a) El Post-test 1 y el Post-test 2 ( $t = 2.131$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .039$ ).

b) El Post-test 3 y el Post-test 4 ( $t = 4.891$ ,  $gl = 39$ ,  $p < .0001$ ).

No se obtuvieron diferencias significativas entre:

a) El Pre-test y el Post-test 1 ( $t = .085$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .993$ ).

b) El Post-test 2 y el Post-test 3 ( $t = .723$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .474$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en todos los post-tests:

a) Post-test 1 ( $t = 3.100$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .003$ ,  $d$  de Cohen = .708).

b) Post-test 2 ( $t = 6.313$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.441).

c) Post-test 3 ( $t = 9.038$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.064).

d) Post-test 4 ( $t = 12.589$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.875).

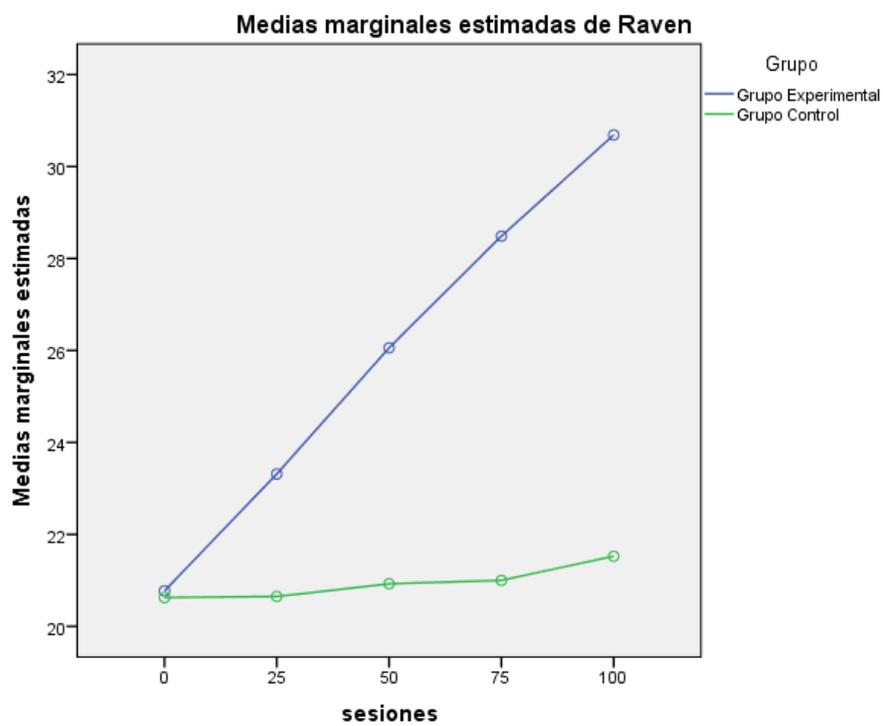
4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre todas las comparaciones:

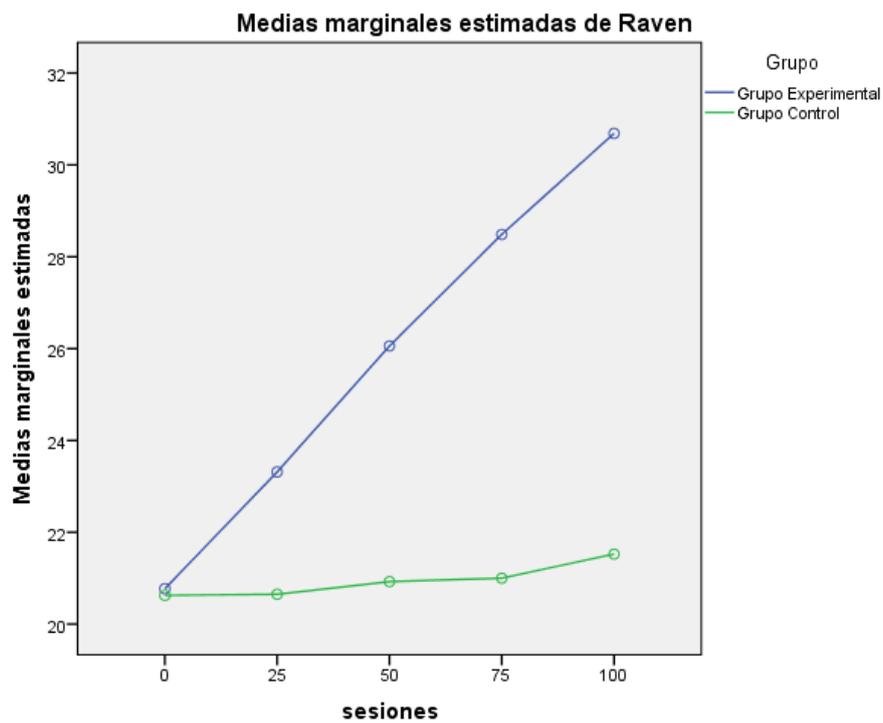
a) Post-test 1 - Pre-test ( $t = 6.578$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.502).

b) Post-test 2 – Post-test 1 ( $t = 12.799$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de cohen = 2.923).

c) Post-test 3- Post-test 2 ( $t = 12.054$ ,  $gl = 58.14$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.823).

d) Post-test 4 – Post-test 3 ( $t = 6.572$ ,  $gl = 48.24$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.562).





*Figura 23.* Puntajes de ambos grupos en el test de Raven, pre-test, post-test1, 2, 3 y 4.

### 9.3.2. Test G de Cattell

En la tabla 29 se observan las medias y los desvíos estándares obtenidos para ambos grupos en el test G de Cattell.

Tabla 29. *Medias y desvíos estándares para el test G de Cattell en el grupo experimental y en el grupo control.*

	Test G Pre-Prueba		Test G Post1-25 sesiones		Test G Post2-50 sesiones		Test G Post 3-75 sesiones		Test G Post 4-100 sesiones	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	16,94	2,678	21,11	3,179	23,26	3,433	25,429	3,688	27,20	3,802
Grupo Control	16,90	2,898	17,23	2,957	17,80	3,244	17,950	3,601	18,48	3,186

Se evaluó la presencia de correlaciones entre los puntajes del instrumento obtenidos a medida que se realizaban más sesiones en el grupo experimental y el grupo control, por medio del coeficiente de Pearson, como se expone en la tabla 30:

Tabla 30. *Correlaciones intragrupo de las diferentes mediciones de los puntajes del test G.*

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Test G Pre y Post1.	35	.927	.000	40	.873	.000
Test G Post1 y Post2	35	.936	.000	40	.956	.000
Test G Post2 y Post3	35	.946	.000	40	.923	.000
Test G Post3 y Post4	35	.759	.000	40	.916	.000

Pudo observarse la presencia de correlaciones positivas y estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ) entre los valores observados en una sesión y la siguiente.

Se realizó entonces el test  $t$  de Student para muestras relacionadas. Las estadísticas obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 31. *Diferencias intragrupo en el Pre-test y en los Post-test.*

Test G	Grupo Experimental			Grupo Control		
	$t$	$gl$	$p$	$t$	$gl$	$p$
Pre-Post1	20.156	34	.000	1.394	39	.171
Post1-Post2	11.368	34	.000	3.433	39	.001
Post2-Post3	10.704	34	.000	.684	39	.498
Post3-Post4	4.028	34	.000	2.290	39	.027

De acuerdo los valores de probabilidad asociada al test de la última columna se puede afirmar que:

1. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del test G observados en un momento y en el siguiente en el grupo experimental ( $p < .0001$ ).
2. Se observó que, en promedio, los valores del test G fueron aumentando, al aumentar la cantidad de sesiones realizadas por el grupo experimental.
3. Para el grupo control sólo se observaron diferencias significativas en entre el Post-test 1 y el Post-test 2, y entre el Post-test 3 y el Post-test 4 ( $p < .05$ ).

Luego se comparó el grupo experimental y el grupo control en los diferentes post-tests. Se adoptaron los resultados de la prueba  $t$  de Student para muestras

independientes, con varianzas iguales, según la prueba de Levene: G Post-test1 (  $F=.05, p = .824$ ), G Post-test2 (  $F =.476, p = .492$ ), G Post-test 3 (  $F = .210, p =.648$  ), G Post-test 4 (  $F =1.383, p =.243$ ).

Tabla 32. *Diferencias de medias entre el grupo experimental y el grupo control, en los post-tests.*

	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>d</i> de Cohen
GPost test 1-25	5.487	73	.000	1.253
GPost test 2-50	7.073	73	.000	1.615
GPost test3-75	8.871	73	.000	2.026
GPost test4-100	10.811	73	.000	2.468

Se observó la existencia de diferencias estadísticamente significativas en todos los post-tests.

Luego interesó evaluar las diferencias del puntaje obtenido por el grupo control y el grupo experimental en el test G, entre un grupo de sesiones y el anterior (25 vs 0, 50 vs 25, 75vs 50, 100 vs 75). En la tabla que sigue a continuación se resumen los valores promedio de dichas diferencias, y sus desvíos estándares para cada uno de los dos grupos de interés:

Tabla 33. *Medias de las diferencias entre las sucesivas mediciones.*

		<i>n</i>	Media	Desvío Estándar
Diferencia 25 sesiones y previa	Grupo Experimental	35	4.1714	1.22440
	Grupo Control	40	.3250	1.47435
Diferencia 50 sesiones y 25	Grupo Experimental	35	2.1429	1.11521
	Grupo Control	40	.5750	1.05945
Diferencia 75 sesiones y 50	Grupo Experimental	35	2.1714	1.20014
	Grupo Control	40	.1500	1.38767
Diferencia 100 sesiones y 75	Grupo Experimental	35	1.7714	2.60187
	Grupo Control	40	.5250	1.44980

El objetivo fue detectar si existían diferencias entre el grupo experimental y el grupo control en cuanto a las medias de sus diferencias intra-grupo. Por consiguiente, se utilizó la prueba *t* de Student de igualdad de medias para muestras independientes.

Según la prueba de Levene para igualdad de varianzas, se adoptó el resultado de varianzas diferentes para la diferencia entre el Post-test 4 y el Post-test 3 ( $F = .984, p = .032$ ). Se adoptó los resultados asumiendo varianzas iguales para la diferencia entre

el Post-test1 y el Pre-test (  $F = 1.046, p = .310$  ), Post-test 2 y Post-test 1 (  $F = .043, p = .836$  ), Post-test 3 y Post-test 2 (  $F = 4.809, p = .254$  ). Los resultados de la prueba  $t$  se exponen a continuación:

Tabla 34. *Comparación de las medias de las diferencias, entre el grupo experimental y el grupo control.*

	$t$	$gl$	$p$ (bilateral)	$d$ de Cohen
G-Post1-Pretest	12.187	73	.000	2.783
G-Post2-Post1	6.239	73	.000	1.425
G-Post3-Post2	6.699	73	.000	1.530
G-Post4-Post3	2.604	51.65	.015	.594

Conclusiones derivadas de la tabla anterior:

1. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias entre el Post-test 1 y el Pre-test:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 12.187, gl = 73, p < .0001, d$  de Cohen  $= 2.783$ ). El grupo experimental presentó un aumento de 4.17 puntos, mientras que el grupo control un aumento de .32 puntos.

2. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias del Post-test 2 y el Post-test 1:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 6.239$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen =  $1.425$ ). El grupo experimental manifestó un aumento de 2.14 puntos, mientras que el grupo control un aumento de .57 puntos.

3. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias entre el Post-test 3 y el Post-test 2:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 6.699$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen =  $1.530$ ). Se observó un aumento en el grupo experimental de 2.17 puntos, en tanto, el grupo control presentó un aumento de .15 puntos.

4. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en la diferencia entre el Post-test 4 y el Post-test 3:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 2.604$ ,  $gl = 51.65$ ,  $p = .015$ ,  $d$  de Cohen =  $.594$ ). Se presentó un aumento de 1.77 puntos en el grupo experimental, y un aumento de .52 en el grupo control.

Los datos obtenidos para el Test G de Cattell se sintetizan a continuación:

1. En el grupo experimental se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al comparar:

- a) El Pre-test con el Post-test 1 ( $t = 20.156$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- b) El Post-test 1 con el Post-test 2 ( $t = 11.368$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- c) El Post-test 2 con el Post-test 3 ( $t = 10.704$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- d) El Post-test 3 con el Post-test 4 ( $t = 4.028$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).

2. En el grupo control se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre:

- a) El Post-test 1 y el Post-test 2 ( $t = 3.433$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .001$ ).
- b) El Post-test 3 y el Post-test 4 ( $t = 2.290$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .027$ ).

No se obtuvieron diferencias significativas entre:

- a) El Pre-test y el Post-test 1 ( $t = 1.394$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .171$ ).
- b) El Post-test 2 y el Post-test 3 ( $t = .684$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .498$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en todos los post-tests:

- a) Post-test 1 ( $t = 5.487$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.253).
- b) Post-test 2 ( $t = 7.073$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.615).
- c) Post-test 3 ( $t = 8.871$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.026).
- d) Post-test 4 ( $t = 10.811$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.468).

4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre todas las comparaciones:

- a) Post-test 1 - Pre-test ( $t = 12.187$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.783).
- b) Post-test 2 – Post-test 1 ( $t = 6.239$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de cohen = 1.425).
- c) Post-test 3- Post-test 2 ( $t = 6.699$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.530).
- d) Post-test 4 – Post-test 3 ( $t = 2.604$ ,  $gl = 51.65$ ,  $p = .015$ ,  $d$  de Cohen = .594).

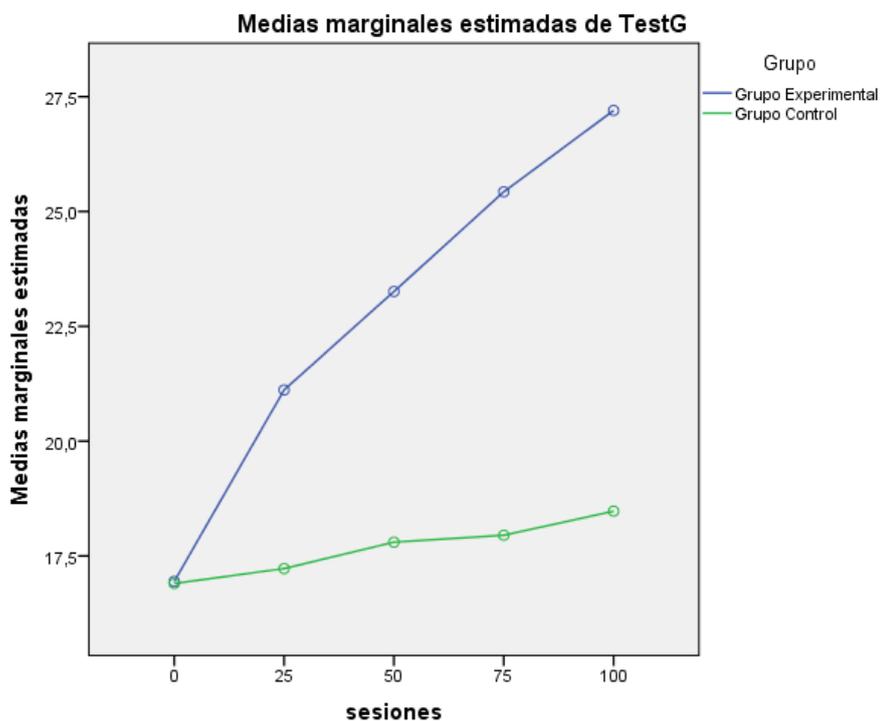


Figura 24. Puntajes de ambos grupos en el test G de Cattell, pre-test, post-test1, 2, 3 y 4.

### 9.3.3. Test de Amplitud de Dígitos

Se presentan en la tabla 35 los valores obtenidos para el test Amplitud de Dígitos, en los diferentes post-tests:

Tabla 35. *Medias y desvío estándares, para el test Dígito, en el pre-test y en los post-tests.*

	Dígito Pre-Prueba		Dígito Post1-25 sesiones		Dígito Post2-50 sesiones		Dígito Post 3-75 sesiones		Dígito Post 4-100 sesiones	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	10.06	1.644	11.31	1.491	12.34	1.626	13.43	1.596	14.43	1.290
Grupo Control	10.23	1.888	10.20	2.078	10.18	1.824	10.08	1.817	11.05	1.853

Se evaluó la presencia de correlación entre los puntajes del instrumento obtenidos a medida que se realizaban más sesiones en el grupo experimental y el grupo control, por medio del coeficiente de Pearson.

Tabla 36. *Correlaciones intragrupo entre los puntajes del test Amplitud de Dígitos, en las diferentes mediciones.*

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Dígito Pre y Post1.	35	.953	.000	.923	.000	.923
Dígito Post1 y Post2	35	.937	.000	.856	.000	.856
Dígito Post2 y Post3	35	.928	.000	.808	.000	.808
Dígito Post3 y Post4	35	.922	.000	.873	.000	.873

Pudo observarse la presencia de correlaciones positivas estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ) entre los valores observados en una sesión y la siguiente.

Se realizó entonces el test *t* de Student para muestras relacionadas. Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 37. *Comparación intra-grupo, en los diferentes post-tests.*

Dígito	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Pre-Post1	14.715	34	.000	-.198	39	.844
Post1-Post2	10.712	34	.000	-.147	39	.884
Post2-Post3	10.492	34	.000	-.561	39	.578
Post3-Post4	9.304	34	.000	2.648	39	.012

1. Se puede afirmar que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del test Dígito observados en un momento y en el siguiente ( $p < .0001$ ).

2. El valor del test dígito aumentó desde el momento previo al entrenamiento, y a lo largo de los post-tests.

3. En el grupo control se observaron diferencias significativas sólo entre el Post-test 3 y el Post-test 4 ( $p < .05$ ).

Luego se compararon las medias del grupo experimental y del grupo control en los diferentes post-tests. Se adoptaron los resultados de la prueba  $t$  de Student para muestras independientes, con varianzas iguales, según la prueba de Levene: Dígito Post-test1 ( $F = 2.141, p = .148$ ), Dígito Post-test2 ( $F = .063, p = .778$ ), Dígito Post-test 3 ( $F = .017, p = .895$ ), Dígito Post-test 4 ( $F = 1.875, p = .175$ ).

Tabla 38. *Comparación de las medias obtenidas en los post-tests, entre el grupo experimental y el grupo control.*

	$t$	$gl$	$p$	$d$ de Cohen
Dígito Post test 1-25	2.634	73	.01	.602
Dígito Post test 2-50	5.399	73	.000	1.233
Dígito Post test3-75	8.436	73	.000	1.927
Dígito Post test4-100	9.037	73	.000	2.064

Se observaron diferencias significativas entre las medias del grupo experimental y del grupo control en todos los post-tests.

Se exponen las diferencias obtenidas entre el grupo experimental y el grupo control entre un grupo de sesiones y el anterior (25 vs 0, 50 vs 25, 75 vs 50, 100 vs 75). En la tabla 39 se resumen los valores promedio de dichas diferencias, y sus desvíos estándares para cada uno de los dos grupos de interés:

Tabla 39: *Medias de las diferencias intragrupo obtenidas entre el pre-test y los post-tests.*

		<i>n</i>	Media	D. E.
Diferencia 25 sesiones y previa	Grupo Experimental	35	1.2571	.50543
	Grupo Control	40	-.0250	.80024
Diferencia 50 sesiones y 25	Grupo Experimental	35	1.0286	.56806
	Grupo Control	40	-.0250	1.07387
Diferencia 75 sesiones y 50	Grupo Experimental	35	1.0857	.61220
	Grupo Control	40	-.1000	1.12774
Diferencia 100 sesiones y 75	Grupo Experimental	35	.9714	.61767
	Grupo Control	40	.4000	.95542

El objetivo fue detectar si existían diferencias entre los grupos en lo atinente a las medias de sus diferencias intra-grupo. Entonces, se realizó el test *t* de Student de

igualdad de medias para muestras independientes. Según la prueba de Levene de igualdad de varianzas, se adoptó el valor con varianzas iguales para la diferencia entre el Post-test 3 y el Post-test 4 ( $F = 13.042$ ,  $p = .001$ ), mientras que para el resto se tomó el resultado suponiendo varianzas diferentes, Pre-test y Post test 1 ( $F = 2.612$ ,  $p = .110$ ) Post1-Post 2 ( $F = 31.096$ ,  $p = .0001$ ), Post 2-Post3 ( $F = 19.902$ ,  $p = .0001$ ).

Los resultados de la prueba  $t$  de Student para muestras independientes se exponen a continuación:

Tabla 40. *Comparación de las medias de las diferencias intragrupo, entre el grupo experimental y el grupo control.*

	$t$	$gl$	$p$ (bilateral)	$d$ de Cohen
DígitoPost1-Pre	8.158	73	.000	1.864
Dígito-Post2-Post1	5.401	60.80	.000	1.188
Dígito-Post3-Post2	5.751	61.67	.000	1.266
Dígito-Post4-Post3	3.112	67.49	.003	.691

1. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias del Post-test 1 y el Pre-test:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 8.158$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.864). En el grupo experimental se presentó un aumento de 1.25 puntos, mientras que en el grupo control se produjo una disminución de .02 puntos.

2. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en la diferencia del Post-test 2 y el Post-test 1:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas en las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 5.401$ ,  $gl = 60.80$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.188). Se apreciaron aumentos de 1.02 puntos en el grupo experimental, mientras que una disminución de .02 puntos en el grupo control.

3. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias entre el Post-test 3 y el Post-test 2:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 5.751$ ,  $gl = 61.67$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.266). Se presentó un aumento de 1.08 puntos en el grupo experimental y una disminución de .10 puntos en el grupo control.

4. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control entre el el Post-test 3 y el Post-test 4:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $t = 3.112$ ,  $gl = 67.492$ ,  $p = .003$ ,  $d$  de Cohen = .691).

Se presentaron aumentos de .97 puntos en el grupo experimental, y de .40 en el grupo control.

Los datos obtenidos para el Test de Amplitud de Dígitos se sintetizan a continuación:

1. En el grupo experimental se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al comparar:

- a) El Pre-test con el Post-test 1 ( $t = 14.715$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- b) El Post-test 1 con el Post-test 2 ( $t = 10.712$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- c) El Post-test 2 con el Post-test 3 ( $t = 10.492$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).
- d) El Post-test 3 con el Post-test 4 ( $t = 9.304$ ,  $gl = 34$ ,  $p < .0001$ ).

2. En el grupo control se encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo en:

- a) El Post-test 3 y el Post-test 4 ( $t = 2.648$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .012$ ).

No se obtuvieron diferencias significativas entre:

- a) El Pre-test y el Post-test 1 ( $t = -.198$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .844$ ).
- b) El Post-test 1 y el Post-test 2 ( $t = -.147$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .884$ ).
- c) El Post-test 2 y el Post-test 3 ( $t = -.561$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .578$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en todos los post-tests:

- a) Post-test 1 ( $t = 2.634$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .01$ ,  $d$  de Cohen = .602).
- b) Post-test 2 ( $t = 5.399$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.233).
- c) Post-test 3 ( $t = 8.436$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.927).

d) Post-test 4 (  $t = 9.037$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.064).

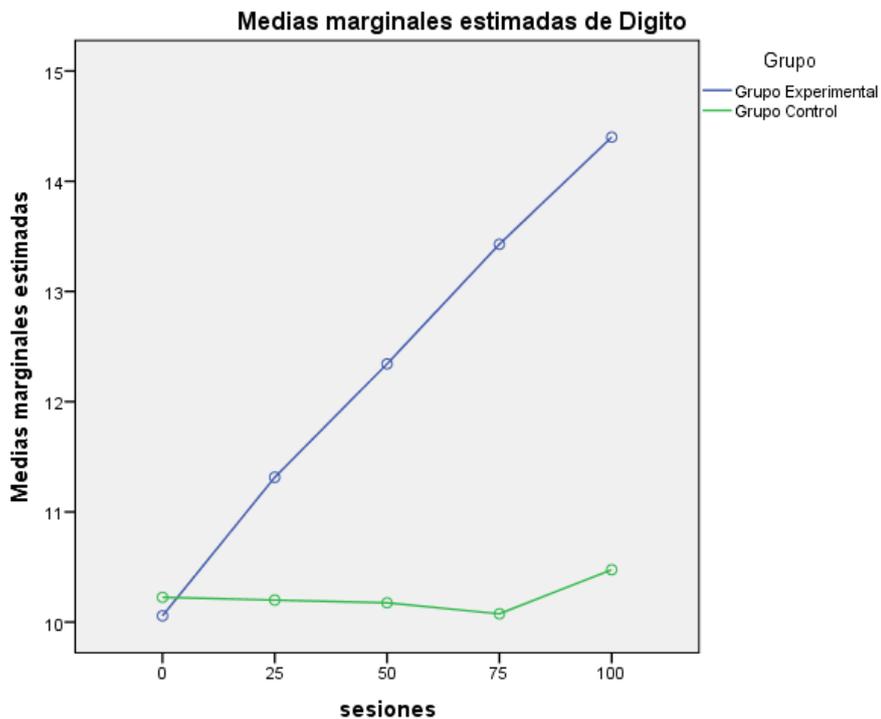
4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias significativas entre todas las comparaciones:

a) Post-test 1 - Pre-test (  $t = 8.158$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.864).

b) Post-test 2 – Post-test 1 (  $t = 5.401$ ,  $gl = 60.80$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de cohen = 1.188).

c) Post-test 3- Post-test 2 (  $t = 5.751$ ,  $gl = 61.67$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.266).

d) Post-test 4 – Post-test 3 (  $t = 3.112$ ,  $gl = 67.49$ ,  $p = .003$ ,  $d$  de Cohen = .691).



*Figura 25.* Puntajes de ambos grupos en el test de Amplitud de Dígitos, pre-test, post-test1, 2, 3 y 4.

#### 9.3.4. Prueba de Amplitud Lectora

Se presentan en la tabla 41 los valores del test PAL luego de cada serie de sesiones para el grupo experimental y el grupo control.

Tabla 41. *Medias y desvíos estándares para la Prueba de Amplitud Lectora, en el Pre-test y en los Post-tests.*

	PAL Pre-Prueba		PAL Post1-25 sesiones		PAL Post2-50 sesiones		PAL Post 3-75 sesiones		PAL Post 4-100 sesiones	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	18.83	4.854	23.97	5.997	28.71	7.928	33.54	8.514	38.97	9.910
Grupo Control	18.85	5.536	18.30	5.557	19.45	5.510	20.05	4.385	20.33	4.822

Se evaluó la presencia de correlación mediante la prueba *rho* de Spearman entre los pares de medias, obtenidas a medida que se realizan más sesiones en el grupo experimental, el resultado se expone en la tabla 42. La utilización de dicha prueba se debe a la distribución anormal que arrojó la Prueba de Amplitud Lectora.

Tabla 42. *Correlaciones intragrupo entre el pre-test y los post-test.*

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
PAL Pre y Post1.	35	.866	.000	40	.906	.000
PAL Post1 y Post2	35	.904	.000	40	.812	.000
PAL Post2 y Post3	35	.887	.000	40	.693	.000
PAL Post3 y Post4	35	.918	.000	40	.741	.000

Pudo observarse la presencia de correlaciones positivas estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ) entre los valores observados en una sesión y la siguiente y ésta es estadísticamente significativa.

Se realizó entonces la prueba Wilcoxon para muestras relacionadas, debido a que la distribución arrojada por la Prueba de Amplitud Lectora es anormal.

Tabla 43. *Diferencias intragrupo entre el pre-test y los post-tests.*

PAL	Grupo Experimental	Grupo Control
	$p$	$p$
Pre-Post1	.000	.135
Post1-Post2	.000	.044
Post2-Post3	.000	.578
Post3-Post4	.000	.533

Se observa que:

1. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre los valores de la Prueba de amplitud lectora, observados en un momento y en el siguiente para el grupo experimental ( $p < .0001$ ).
2. Se han obtenido diferencias significativas en el grupo control, sólo entre el Post-test 1 y el Post-test 2 ( $p = .044$ ).

Luego se compararon las medias del grupo experimental y del grupo control en los diferentes post-tests. Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Tabla 44. *Diferencias de medias entre el grupo experimental y el grupo control, en los post-tests.*

	<i>p</i>
PAL Post test 1-25	.000
PAL Post test 2-50	.000
PAL Post test3-75	.000
PAL Post test4-100	.000

Se obtuvieron diferencias significativas para todos los post-test, entre el grupo experimental y el grupo control.

Se expondrán a continuación los resultados de las diferencias de los dos grupos en la Prueba de amplitud lectora, entre un grupo de sesiones y el anterior (25 vs 0, 50 vs 25, etc.). En la tabla que sigue a continuación se resumen los valores promedio de dichas diferencias, y sus desvíos estándares para cada uno de los dos grupos de interés (Experimental y control):

Tabla 45. *Medias de las diferencias entre el Pre-test y los Post-tests.*

		<i>n</i>	Media	Desvío Estándar
Diferencia 25 sesiones y previa	Grupo Experimental	35	5.1429	3.00140
	Grupo Control	40	-.5500	2.36372
Diferencia 50 sesiones y 25	Grupo Experimental	35	4.7429	3.16546
	Grupo Control	40	1.1500	3.10128
Diferencia 75 sesiones y 50	Grupo Experimental	35	4.8286	3.28531
	Grupo Control	40	.6000	3.52136
Diferencia 100 sesiones y 75	Grupo Experimental	35	5.4286	3.41524
	Grupo Control	40	.2750	2.89108
Diferencia 100 sesiones y previa	Grupo Experimental	35	20.1429	6.80892
	Grupo Control	40	1.4750	3.35114

Se compararon las medias de las diferencias en el grupo control y en el grupo experimental. Debido a que la distribución de la Prueba de Amplitud Lectora es anormal, se empleó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes.

Tabla 46. *Comparación de las medias de las diferencias, entre el grupo experimental y el grupo control.*

	<i>p</i>
Post-test1-Pre-test	.000
Post-test 2 –Post-test 1	.000
Post-test 3 – Post-test 2	.000
Post-test 4- Post-test 3	.000

1. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias obtenidas entre el Post-test 1 y el Pre-test:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $p < .0001$ ). El grupo experimental presentó un aumento de 5.14 puntos, mientras que el grupo control una disminución de .55 puntos.

2. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias obtenidas entre el Post-test 2 y el Post-test 1:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $p < .0001$ ). El grupo experimental presentó un aumento de 4.74 puntos, mientras que el grupo control un aumento de 1.15 puntos.

3. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias obtenidas entre el Post-test 3 y el Post-test 2:

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $p < .0001$ ). El grupo experimental presentó un aumento de 4.82 puntos, y el grupo control un aumento de .60 puntos.

4. Diferencia entre el grupo experimental y el grupo control en las diferencias entre el Post-test 4 y el Post-test 3.

Se observaron diferencias estadísticamente significativas entre las diferencias del grupo experimental y el grupo control ( $p < .0001$ ). El grupo experimental presentó un aumento de 5.42 puntos, mientras que el grupo control un aumento de .27 puntos.

Los datos obtenidos para la Prueba de Amplitud Lectora se sintetizan a continuación:

1. En el grupo experimental se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas al comparar:

- a) El Pre-test con el Post-test 1 ( $p < .0001$ ).
- b) El Post-test 1 con el Post-test 2 ( $p < .0001$ ).
- c) El Post-test 2 con el Post-test 3 ( $p < .0001$ ).
- d) El Post-test 3 con el Post-test 4 ( $p < .0001$ ).

2. En el grupo control se encontraron diferencias significativas sólo entre:

a) El Post-test 1 y el Post-test 2 ( $p = .044$ ).

No se obtuvieron diferencias significativas entre:

a) El Pre-test y el Post-test 1 ( $p = .135$ ).

b) El Post-test 2 y el Post-test 3 ( $p = .578$ ).

c) El Post-test 3 y el Post-test 4 ( $p = .533$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias significativas en todos los Post-tests:

a) Post-test 1 ( $p < .0001$ ).

b) Post-test 2 ( $p < .0001$ ).

c) Post-test 3 ( $p < .0001$ ).

d) Post-test 4 ( $p < .0001$ ).

4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias significativas entre todas las comparaciones:

a) Post-test 1 - Pre-test ( $p < .0001$ ).

b) Post-test 2 - Post-test 1 ( $p < .0001$ ).

c) Post-test 3 - Post-test 2 ( $p < .0001$ ).

d) Post-test 4 – Post-test 3 ( $p < .0001$ ).

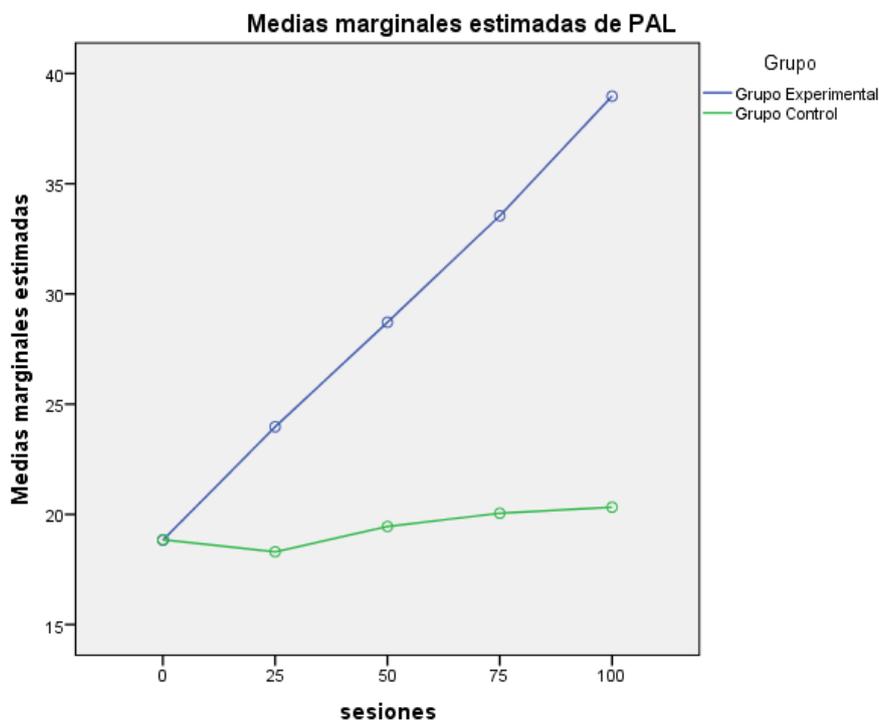


Figura 26. Puntajes de ambos grupos en la Prueba de Amplitud Lectora, pre-test, post-test1, 2, 3 y 4.

### 6.3.7. Discusión

Los datos aportados por Basak et al., (2008); y por Jaeggi et al., (2008) sugerían que los efectos del entrenamiento cognitivo son progresivos, es decir, que a mayor cantidad de sesiones de entrenamiento se obtienen mayores aumentos en las medidas de inteligencia fluida y memoria de trabajo verbal. Contrariamente, la investigación de Jaeggi et al. (2011), no obtuvo evidencia que permitiera asegurar el efecto del mayor número de sesiones en los resultados del entrenamiento. Corroborar lo antecedente era de gran importancia, en primer lugar, porque aseguraría con una

mayor firmeza que el efecto producido por el programa *dual n-back* se debe a que realmente aumenta la inteligencia fluida y la memoria de trabajo verbal, y no a respuesta a la demanda y efecto Hawthorne. En segundo lugar, porque permitiría conocer la utilidad de la aplicación de dicho entrenamiento en casos de déficit intelectual, daño cognitivo, y también, en sujetos que pretendieran aumentar su rendimiento cognitivo.

En este experimento se pusieron a prueba las hipótesis 7 y 9, las cuales sostenían que ocurriría un mayor aumento de los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal en el grupo experimental, cuanto más sesiones de entrenamiento se realizaran. También se pusieron a prueba las hipótesis 8 y 10, las cuales afirmaban que en luego de cada uno de los bloques de entrenamiento de 25 sesiones, se presentarían mayores aumentos en el grupo experimental que en el grupo control, tanto para las medidas de inteligencia fluida como para las de memoria de trabajo verbal.

Los resultados del experimento apoyaron el carácter progresivo del entrenamiento, sugiriendo que a más sesiones de práctica en el programa *dual n-back* se producen mayores aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal. A su vez, estos aumentos fueron mayores en el grupo experimental que en el grupo control.

#### 6.4. Experimento 4

Los resultados de los experimentos anteriores sugerían que el entrenamiento en el programa *dual n-back* produce un aumento de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal. A su vez, se obtuvieron datos que fundamentan la importancia del número de sesiones de entrenamiento en los aumentos logrados. Sin embargo, se desconocía la permanencia del efecto del programa *dual n-back*.

Investigaciones con programas de entrenamiento diferentes reportaron duraciones que van de los 2 años hasta los 3 meses en la inteligencia fluida (Plemons et al., 1978; Ball et al., 2002; Klauer et al., 2002; Borella et al., 2010; Jaeggi et al., 2011). Mientras que, para la memoria de trabajo verbal, con programas de entrenamiento diferentes al *dual n-back*, se reportaron permanencias del efecto por 6 y 8 meses, pero no por un año (Buschkuehl et al., 2008).

Por lo tanto, con el experimento 4 se probaron las hipótesis 11 y 12, las cuales sostenían que los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal se mantendrían constantes luego de finalizar el entrenamiento. A su vez, se probaron las hipótesis 13 y 14, las cuales afirmaban que existirían diferencias a favor del grupo experimental luego de 1, 2, 4 y 6 meses de culminado el entrenamiento, tanto en inteligencia fluida como en memoria de trabajo verbal.

### **6.4.1. Participantes**

Se emplearon los mismos participantes de los experimentos 1, 2 y 3.

### **6.4.2. Instrumentos**

Se utilizaron los siguientes instrumentos en el siguiente orden de evaluación: a) Test de Raven, Escala Avanzada. b) Test Amplitud de Dígitos. c) Test G. d) Prueba de Amplitud Lectora.

### **6.4.3. Diseño**

Diseño experimental, de series cronológicas múltiples, con grupo control.

Variable Independiente:

Tiempo de cese de entrenamiento (a-1; b-2; c-4; d-6 meses) (Diseño Series cronológicas múltiples, con grupo control).

Variables dependientes:

Niveles de inteligencia fluida medidos por el Test de Matrices Progresivas de Raven, escala avanzada, y por el Test G de Cattell.

Niveles de memoria de trabajo medidos por el Test de Amplitud de Dígitos del WAIS y por la Prueba de Amplitud Lectora.

#### **6.4.4. Procedimientos**

El experimento se llevó a cabo entre los meses de agosto del 2011, y febrero del 2012. Siendo las mediciones realizadas en los meses de septiembre, octubre, diciembre y febrero. El lugar del experimento fue el laboratorio del autor de la tesis, en la zona céntrica de Ciudad del Este, Paraguay.

Al mes de terminado el entrenamiento del grupo experimental, se citó a todos los participantes para tomarle los cuatro instrumentos, en el mismo orden en el que fueron tomados anteriormente, realizándose lo mismo a los 2, 4, y 6 meses. Se presentaron dificultades de horarios y de fechas, sin embargo, se pudo suplir las mismas logrando que cada participante fuera medido en los mismos intervalos de tiempo.

Luego de la última medición (Entre el 1 y el 15 de febrero), se le abonó a cada uno de los participantes los 800.000 gs. y se les brindó un informe con sus resultados.

#### **6.4.5. Análisis de Datos**

Se empleó el software SPSS 19. Para la realización de los análisis de datos se utilizaron los puntajes brutos de los instrumentos. Se adoptó el nivel de significación  $p = .05$ .

#### 6.4.6. Resultados

Debido a la cantidad de datos, los mismos se sintetizarán de manera general, y luego serán expuestos con mayor especificidad para cada instrumento.

1. En el grupo experimental sólo se encontraron diferencias significativas en el test Amplitud de Dígitos entre el Post-test 4 y el Post-test luego de 1 mes.

2. En el grupo control se encontraron diferencias significativas en la diferencia de todos los post-test del Test de Raven, salvo en la diferencia entre los 4 y los 6 meses. En el Test G se encuentran diferencias significativas sólo entre los 6 meses y el Post-test 4. En el test de Amplitud de Dígitos se encuentran diferencias sólo entre los 6 meses y el Post-test 4. No se obtuvieron diferencias significativas en la Prueba de Amplitud Lectora.

3. Se presentaron diferencias significativas en las medias del grupo experimental y del grupo control, en todos los post-test, para todos los instrumentos, indicando que las diferencias obtenidas por medio del entrenamiento se mantuvieron.

4. En cuanto a las diferencias existentes entre el grupo experimental y el grupo control, al compararse las medias de las diferencias intragrupo obtenidas de una medición a otra anterior, se presentaron diferencias significativas en el Test de Raven entre 1 mes y el Post-test 4, y entre los 6 meses y el Post-test 4; en el Test G de Cattell, entre los 6 meses y el Post-test 4; en el Test de Amplitud de Dígitos, entre 1 mes y el Post-test 4; mientras que no se presentaron diferencias en la Prueba de Amplitud Lectora.

## 10.3.1. Test de Raven, escala avanzada.

Se presentan los valores obtenidos en el Post-test 4 y en los siguientes, en la tabla a continuación:

Tabla 47. *Medias y desvío estándares para el test de Raven, en el post-test 4, y en los meses siguientes.*

	Raven Post-4		Raven1 mes		Raven 2 meses		Raven 4 meses		Raven 6 meses	
	Media	D.E	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	30.69	2.731	30.57	2.790	31.03	2.395	30.89	2.349	31.20	2.699
Grupo Control	21.53	3.464	22.28	3.544	23.13	3.553	22.65	3.401	22.98	3.214

Se evaluó la presencia de correlación entre los valores del grupo experimental y del grupo control, obtenidos al 1, 2, 4 y 6 meses, mediante el coeficiente de Pearson. La siguiente tabla muestra los valores de las correlaciones y su significatividad estadística:

Tabla 48. *Correlaciones intragrupo entre el Post-test 4 y las mediciones de los meses siguientes.*

	<i>Grupo Experimental</i>			<i>Grupo Control</i>		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Raven Post4 y 1 mes.	35	.870	.000	40	.978	.000
Raven 1 mes y 2 meses	35	.786	.000	40	.966	.000
Raven 2 meses y 4 meses	35	.911	.000	40	.976	.000
Raven 4 meses y 6 meses	35	.895	.000	40	.949	.000
Raven Post4 y Raven 6 m.	35	.787	.000	40	.929	.000

Se observó la existencia de correlaciones positivas estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ), entre los valores de un mes y el siguiente.

Se realizó entonces la prueba  $t$  de Student para muestras relacionadas. Las estadísticas obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 49. *Diferencias intragrupo, en el Post-test 4 y en las mediciones de los meses siguientes.*

Raven	<i>Grupo Experimental</i>			<i>Grupo Control</i>		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Post4y1 mes	-.480	34	.635	6.389	39	.000
1y2 meses	1.556	34	.129	5.835	39	.000
2y4 meses	-.842	34	.406	-3.832	39	.000
4y6 meses	1.540	34	.133	1.918	39	.062
Post4y6 m.	1.717	34	.095	7.164	39	.000

De acuerdo los valores de probabilidad asociada al test de la última columna se puede afirmar que:

1. No se apreciaron diferencias significativas para ninguno de los momentos de medición del grupo experimental ( $p > .05$ ). Los valores se han mantenido constantes, aún cuando se evalúa la diferencia entre el Post-test 4 y los 6 meses de culminadas las sesiones de entrenamiento ( $p > .05$ ).
2. Se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el grupo control entre el Post-test 4 y el mes, entre el mes y los 2 meses, entre los 2 meses y los 4 meses, y entre la diferencia del Post-test 4 y los 6 meses ( $p < .0001$ ).

A continuación se evaluaron las diferencias entre el grupo experimental y el grupo control, en los puntajes del Test de Raven a los 1, 2, 4, 6 meses de terminado el entrenamiento del grupo experimental.

Se adoptaron los resultados de la prueba  $t$  para muestras independientes, con varianzas iguales para la comparación entre los grupos en el mes ( $F = 2.394, p = .126$ ) y en los 6 meses ( $F = .706, p = .403$ ), mientras que para los 2 meses ( $F = 8.773, p = .004$ ) y para los 4 meses ( $F = 6.222, p = .015$ ) se adoptó el resultado asumiendo varianzas diferentes.

Tabla 50. *Diferencia de medias, entre el grupo experimental y el grupo control, en los post-tests de los meses.*

	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i> (bilateral)	<i>d</i> de Cohen
Raven 1 mes	11.149	73	.000	2.546
Raven 2meses	11.414	68.749	.000	2.542
Raven 4 meses	12.321	69.437	.000	2.748
Raven 6 meses	11.904	73	.000	2.719

Se encontraron diferencias significativas en las medias de los puntajes del test de Raven, escala avanzada, en todos los meses evaluados, entre el grupo experimental y el grupo control.

Luego, se evaluaron las medias de las diferencias obtenidas entre el post-test de los 6 meses y los post-test anteriores.

Tabla 51. *Medias de las diferencias intragrupo, obtenidas entre el post-test de 6 meses, y los meses anteriores.*

Raven	1 mes-Post-4		2meses-1mes		4meses- 2meses		6meses- 4meses		6meses- Post100	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	-.1143	1.409	.4571	1.737	-.1429	1.004	.3143	1.207	.5143	1.771
Grupo Control	.7500	.7424	.8500	.9212	-.4750	.7840	.3250	1.071	1.450	1.280

Siguiendo la prueba de Levene, para la diferencia entre el mes 1 y el Post-test 4 ( $F = 6.598, p = .012$ ), para la de los 2 meses y el mes, ( $F = 20.799, p < .0001$ ), y para la diferencia entre los 6 meses y el Post-test 4 ( $F = 4.386, p = .04$ ) se tomaron los resultados para varianzas diferentes, mientras que para las comparaciones entre las diferencias de los 4-2 meses ( $F = .722, p = .398$ ) y de los 6-4 meses ( $F = .001, p = .969$ ) se tomaron los resultados suponiendo varianzas iguales.

Tabla 52. *Comparación entre el grupo experimental y el grupo control en cuanto a sus medias de las diferencias intragrupo.*

Raven	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i> (bilateral)	<i>d</i> de Cohen
1 mes-Post-4	-3.254	49.94	.002	-.772
2meses-1mes	-1.198	50.13	.236	-.284
4meses-2meses	1.606	73	.113	.367
6meses-4meses	-.041	73	.968	-.009
6meses-Post-4	-2.589	61.04	.012	-.604

Se apreciaron diferencias entre las medias de las diferencias intragrupo, entre el mes y el Post-test 4 y entre los 6 meses y el Post-test 4. Para la primera diferencia, se apreció una disminución de .11 puntos en el grupo experimental y un aumento de .75 puntos en el grupo control. Mientras que para la segunda diferencia, se observó un aumento de 1.45 puntos en el grupo control, y un aumento de .51 puntos en el grupo experimental.

La síntesis de los datos obtenidos para el Test de Matrices Progresivas de Raven, Escala Avanzada se presenta a continuación:

1. En el grupo experimental no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, como puede apreciarse:

a) Post-test 4 con 1 mes ( $t = -.480$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .635$ ).

b) 1 mes con 2 meses ( $t = 1.556$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .129$ ).

c) 2 meses con 4 meses ( $t = -.842$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .406$ ).

d) 4 meses con 6 meses ( $t = 1.540$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .133$ ).

e) Post-test 4 con 6 meses ( $t = 1.717$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .095$ ).

2. En el grupo control se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre:

a) Post-test 4 y 1 mes ( $t = 6.389$ ,  $gl = 39$ ,  $p < .0001$ ).

b) El mes 1 y el mes 2 ( $t = 5.835$ ,  $gl = 39$ ,  $p < .0001$ ).

c) El mes 2 y el mes 4 ( $t = -3.832$ ,  $gl = 39$ ,  $p < .0001$ ).

d) El Post-test 4 y el mes 6 ( $t = 7.164$ ,  $gl = 39$ ,  $p < .0001$ ).

No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre el mes 4 y los 6 meses ( $t = 1.918$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .062$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en todos los meses:

a) 1 mes ( $t = 11.149$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.546).

b) 2 meses ( $t = 11.414$ ,  $gl = 68.74$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.542).

c) 4 meses ( $t = 12.321$ ,  $gl = 69.43$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.748).

d) 6 meses ( $t = 11.904$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.719).

4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las siguientes comparaciones:

a) 1 mes- Post-test 4 ( $t = -3.254$ ,  $gl = 49.94$ ,  $p = .002$ ,  $d$  de Cohen = -.772).

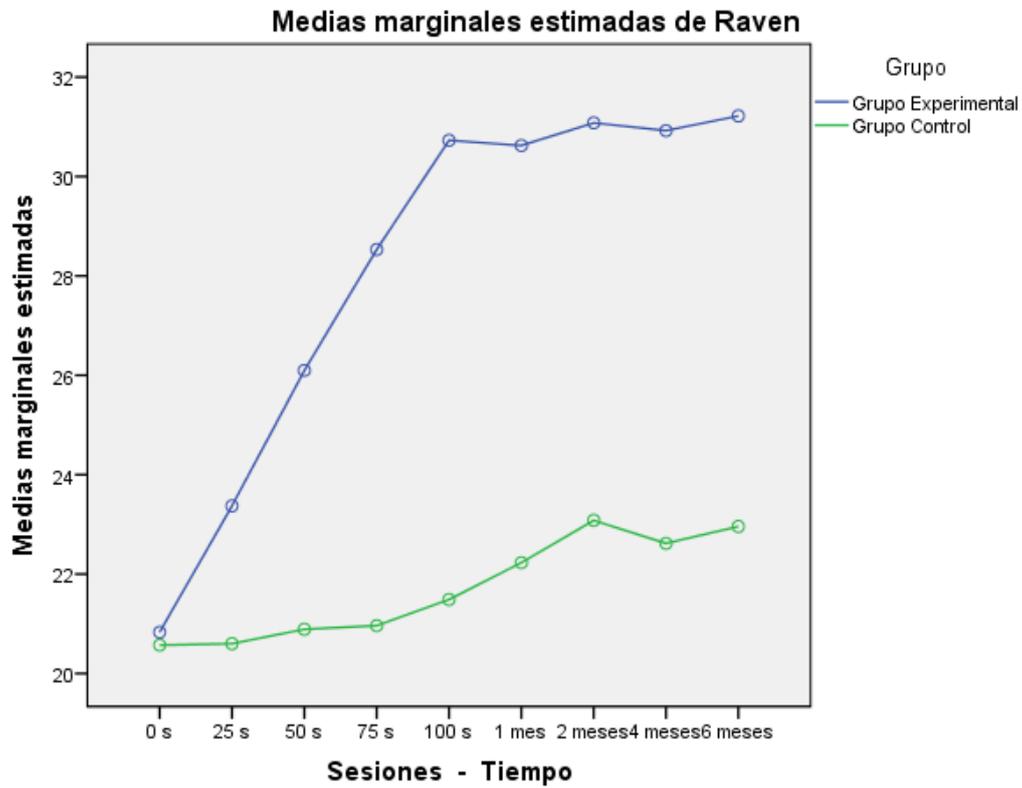
b) 6 meses –Post-test 4 ( $t = -2.589$ ,  $gl = 61.04$ ,  $p = .012$ ,  $d$  de cohen = - .604).

No se obtuvieron diferencias significativas para las siguientes comparaciones entre el grupo experimental y el grupo control:

a) 2 meses-1mes ( $t = -1.198$ ,  $gl = 50.13$ ,  $p = .236$ ,  $d$  de Cohen = -.284).

b) 4 meses-2 meses ( $t = 1.606$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .113$ ,  $d$  de Cohen = .367).

d) 6 meses-4 meses ( $t = -.041$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .968$ ,  $d$  de Cohen = -.009).



*Figura 27.* Evolución de los puntajes de ambos grupos en el test de Raven a lo largo de todos los post-tests.

### 10.3.2. Test G de Cattell.

Se exponen en la tabla 53 los valores del Test G luego de 1 mes, 2 meses 4 meses y 6 meses de finalizada la etapa de entrenamiento para el grupo experimental.

Tabla 53. *Medias y desvíos estándares del test G en el post-test 4 y en las mediciones de los meses siguientes.*

	Test G Post-4		Test G1 mes		Test G 2 meses		Test G 4 meses		Test G 6 meses	
	Media	D.E	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	27.20	3.802	27.17	4.112	27.46	4.182	27.57	4.089	27.29	4.134
Grupo Control	18.48	3.186	18.78	2.869	19.30	3.473	19.63	3.349	19.88	3.553

Se evaluó la presencia de correlación entre los valores del grupo experimental y del grupo control, obtenidos al 1, 2, 4 y 6 meses, mediante el coeficiente de Pearson.

Tabla 54. *Correlaciones intragrupo para los puntajes del test G, entre el post-test 4 y las mediciones de los meses siguientes.*

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Test G Post4 y 1 mes.	35	.957	.000	40	.775	.000
Test G 1 mes y 2 meses	35	.873	.000	40	.663	.000
Test G 2 meses y 4 meses	35	.782	.000	40	.861	.000
Test G 4 meses y 6 meses	35	.936	.000	40	.888	.000
Test G Post4 y Test G 6 m.	35	.739	.000	40	.735	.000

Pudo observarse la existencia de correlaciones positivas entre los valores observados en un mes y el siguiente, y las mismas fueron estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ).

Se realizó entonces la prueba *t* de Student para muestras relacionadas. Las estadísticas obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 55. *Diferencias de medias intra-grupo, en el Post-test 4 y las mediciones de los meses siguientes.*

Test G	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Post4y1 mes	-.141	34	.889	.924	39	.361
1y2 meses	.807	34	.425	1.248	39	.219
2y4 meses	.248	34	.806	1.140	39	.261
4y6 meses	-1.152	34	.257	.961	39	.342
Post4y6 m.	.176	34	.861	3.572	39	.001

De acuerdo los valores de probabilidad asociada al test de la última columna se puede afirmar que:

1. No se apreciaron diferencias significativas para ninguno de los momentos de medición del grupo experimental ( $p > .05$ ). Los valores se han mantenido constantes, aún cuando se evalúa la diferencia entre el Post-test 4 y los 6 meses de culminadas las sesiones de entrenamiento ( $p > .05$ ).
2. Sólo se presentaron diferencias estadísticamente significativas en el grupo control entre la diferencia del Post-test 4 y los 6 meses ( $p = .001$ ).

A continuación se evaluaron las diferencias entre el grupo experimental y el grupo control, en los puntajes del test de Raven a los 1, 2, 4, 6 meses de terminado el entrenamiento del grupo experimental.

Se adoptaron los resultados de la prueba  $t$  de Student para muestras independientes, con varianzas diferentes para la comparación entre los grupos en el mes ( $F = 6.537, p = .013$ ) mientras que para los 2 meses ( $F = 1.408, p = .239$ ), 4 meses ( $F = 2.356, p = .129$ ), y 6 meses ( $F = 1.297, p = .259$ ) se adoptó el resultado asumiendo varianzas iguales.

Tabla 56. *Comparación entre las medias del grupo experimental y del grupo control, en las mediciones de los meses.*

	$t$	$gl$	$p$ (bilateral)	$d$ de Cohen
Test G 1 mes	10.116	59.68	.000	2.364
Test G 2meses	9.227	73	.000	2.107
Test G 4 meses	9.249	73	.000	2.112
Test G 6 meses	8.349	73	.000	1.906

Se encontraron diferencias significativas en todos los meses evaluados, entre el grupo experimental y el grupo control ( $p < .0001$ ).

Luego, se evaluaron las medias de las diferencias intragrupo obtenidas entre un post-test y el anterior.

Tabla 57. *Medias de las diferencias obtenidas entre el post-test 4 y los meses siguientes.*

	1mes-Post4		2meses-1mes		4meses- 2meses		6meses- 4meses		6meses-Post-4	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	-.0286	1.200	.2857	2.094	.1143	2.730	-.2857	1.466	.0857	2.883
Grupo Control	.3000	2.053	.5250	2.660	.3250	1.802	.2500	1.644	1.400	2.478

Según la prueba de Levene, se tomaron los resultados asumiendo las varianzas iguales para todas las comparaciones: 1 mes y el Post-test4 ( $F = .562, p = .456.$ ), 2 meses y el mes, ( $F = .003, p = .957$ ), 4 meses y 2 meses ( $F = 2.773, p = .100$ ), 6 y 4 meses ( $F = 1.076, p = .303$ ), y 6 meses y Post-test 4 ( $F = .007, p = .931.$ ).

Tabla 58. *Comparación entre el grupo experimental y el grupo control en las medias de sus diferencias intragrupo.*

Test G	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i> (bilateral)	<i>d</i> de Cohen
1 mes-Post-4	-.830	73	.409	-.190
2meses-1mes	-.428	73	.670	-.098
4meses-2meses	-.399	73	.691	-.091
6meses-4meses	-1.480	73	.143	-.338
6meses-Post-4	-2.123	73	.037	-.485

Sólo se presentaron diferencias grupales en la diferencia entre los 6 meses y el Post-test 4. En la cual, el grupo control experimentó un aumento de 1.4 puntos, mientras que el grupo experimental de .08 puntos.

La síntesis de los datos obtenidos para el Test G de Cattell se presenta a continuación:

1. En el grupo experimental no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, como puede apreciarse:

a) Post-test 4 con 1 mes ( $t = -.141$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .889$ ).

b) 1 mes con 2 meses ( $t = .807$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .425$ ).

c) 2 meses con 4 meses ( $t = .248$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .806$ ).

d) 4 meses con 6 meses ( $t = -1.152$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .257$ ).

e) Post-test 4 con 6 meses ( $t = .176$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .861$ )

2. En el grupo control se encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo entre:

a) Post-test 4 y el mes 6 ( $t = 3.572$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .001$ ).

No se encontraron diferencias significativas entre:

a) El Post-test 4 y el mes ( $t = .924$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .361$ ).

b) El mes 1 y el mes 2 ( $t = 1.248$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .219$ ).

c) El mes 2 y el mes 4 ( $t = 1.140$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .261$ ).

d) El Post-test 4 y el mes 6 ( $t = .961$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .342$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias significativas en todos los meses:

a) 1 mes ( $t = 10.116$ ,  $gl = 59.68$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.364).

b) 2 meses ( $t = 9.227$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.107).

c) 4 meses ( $t = 9.249$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.112).

d) 6 meses ( $t = 8.349$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.906).

4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias significativas sólo para la siguiente comparación:

a) 6 meses – Post-test 4 ( $t = -2.123$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .037$ ,  $d$  de Cohen = -.485).

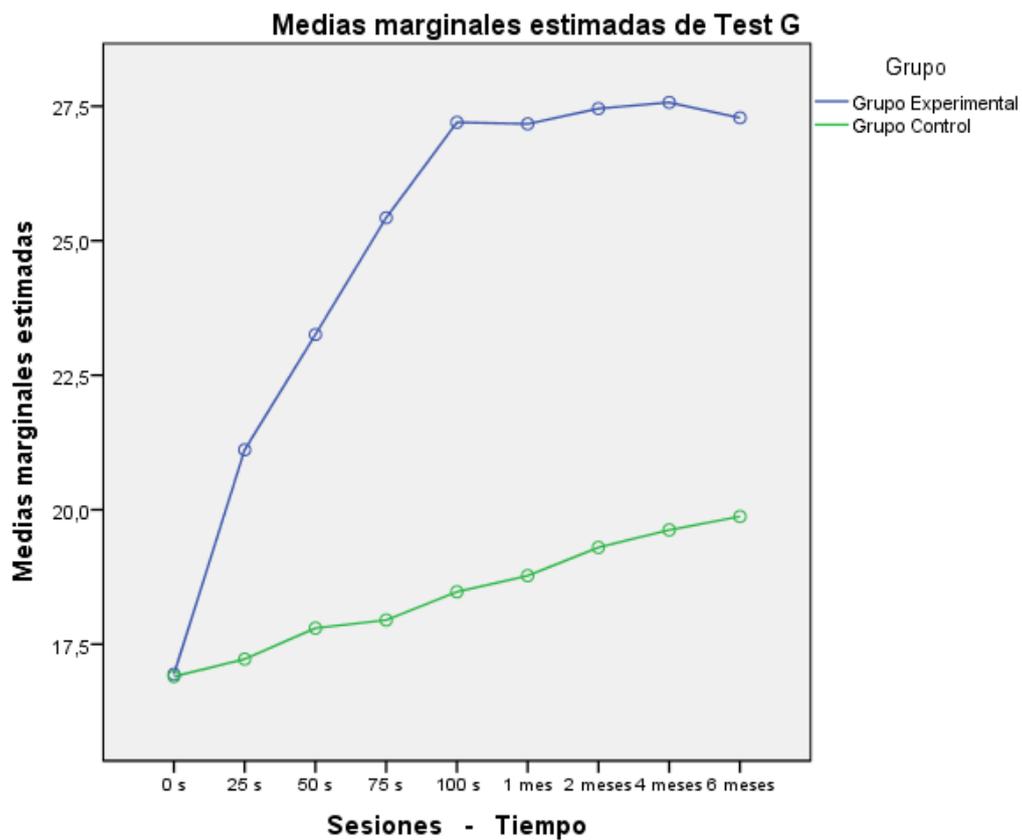
No se obtuvieron diferencias significativas para las siguientes comparaciones entre el grupo experimental y el grupo control:

a) 1 mes-Post-test 4 ( $t = -.830$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .409$ ,  $d$  de Cohen = -.190).

b) 2 meses-1mes ( $t = -.428$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .670$ ,  $d$  de Cohen = -.098).

c) 4 meses-2 meses ( $t = -.399$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .691$ ,  $d$  de Cohen = -.091).

d) 6 meses-4 meses ( $t = -1.480$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .143$ ,  $d$  de Cohen = -.338).



*Figura 28.* Evolución de los puntajes de ambos grupos en el test G de Cattell a lo largo de todos los post-tests.

### 10.3.2. Test de Amplitud de Dígitos.

Se exponen en la tabla 59 los valores del test de Amplitud de Dígitos luego de 1 mes, 2 meses, 4 meses y 6 meses de finalizada la etapa de entrenamiento para el grupo experimental.

Tabla 59. *Medias y desvíos estándares para el test Amplitud de Dígitos, en el Post-test 4 y las siguientes mediciones en los meses.*

	Dígito Post-4		Dígito 1 mes		Dígito 2 meses		Dígito 4 meses		Dígito 6 meses	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	14.43	1.290	14.00	1.645	14.23	1,555	14.11	1.430	14.43	1.290
Grupo Control	11.05	1.853	10.55	1.986	10.85	2.032	11.00	1.895	11.05	1.853

Se evaluó la presencia de correlación entre los valores del grupo experimental y del grupo control, obtenidos al 1, 2, 4 y 6 meses, mediante el coeficiente de Pearson. La tabla 60 muestra los valores de las correlaciones y su significatividad estadística:

Tabla 60. *Correlaciones intragrupo entre el post-test 4 y los post-test de los meses siguientes.*

	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Dígito Post4 y 1 mes.	35	.870	.000	40	.938	.000
Dígito 1 mes y 2 meses	35	.656	.000	40	.751	.000
Dígito 2 meses y 4 meses	35	.795	.000	40	.919	.000
Dígito 4 meses y 6 meses	35	.754	.000	40	.920	.000
Dígito Post4 y Dígito 6 m.	35	.663	.000	40	.732	.000

Se observaron correlaciones positivas entre los valores observados en un mes y el siguiente, y las mismas son estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ).

Por lo tanto se realizó el test de diferencia de medias para muestras relacionadas. Las estadísticas obtenidas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 61. *Diferencias de medias intragrupo en el Post-test 4 y los siguientes post-tests.*

Dígito	Grupo Experimental			Grupo Control		
	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i>
Post4y1 mes	-2.915	34	.006	.684	39	.498
1y2 meses	1.016	34	.317	1.338	39	.189
2y4 meses	-.702	34	.487	1.183	39	.244
4y6 meses	1.930	34	.062	.422	39	.675
Post4y6 m.	.147	34	.884	2.609	39	.013

De los siguientes resultados se concluye:

1. En el grupo experimental sólo se encontraron diferencias significativas al comparar el post-test 4 con el post-test efectuado al mes de terminar el entrenamiento ( $p = .006$ ).
2. No se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores del Test de Amplitud de Dígitos observados en el resto de los pares de momentos comparados en el grupo experimental ( $p > .05$ ).

3. Sólo se apreciaron diferencias en el grupo control cuando se compara el Post-test 4 con la medición luego de 6 meses ( $p < .05$ ).

Se exponen los resultados obtenidos por medio la prueba  $t$  de Student para muestras independientes, en la cual se han comparado las medias del grupo experimental y del grupo control a 1, 2, 4, 6 meses de culminado el entrenamiento del grupo experimental. Se tomaron los resultados para varianzas iguales, para el mes (F = 1.283,  $p = .261$ ), los 2 meses (F = 1.168,  $p = .283$ ), los 4 meses (F = 1.365,  $p = .246$ ) y los 6 meses (F = 1.875,  $p = .175$ ).

Tabla 62. *Diferencias de medias entre el grupo experimental y el grupo control, en los post-tests.*

	$t$	$gl$	$p$ (bilateral)	$d$ de Cohen
Dígitos 1 mes	8.121	73	.000	1.855
Dígitos 2 meses	7.996	73	.000	1.826
Dígitos 3 meses	7.942	73	.000	1.814
Dígitos 4 meses	9.037	73	.000	2.064

Se encontraron diferencias significativas en todos los meses evaluados, entre el grupo experimental y el grupo control.

A continuación se evaluaron las medias de las diferencias intragrupo obtenidas entre el Post-test de 6 meses y los post-test anteriores.

Tabla 63. *Medias y desvíos estándares de las diferencias intra-grupo entre un post-test y otro.*

Dígito	1mes-Post4		2meses-1mes		4meses- 2meses		6meses- 4meses		6meses-Post-4	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	-.4000	.8116	.2286	1.330	-.1143	.9631	.3143	.9631	.0286	1.150
Grupo Control	.0750	.6938	.3000	1.417	.1500	.8022	.0500	.7493	.5750	1.393

Siguiendo la Prueba de Levene, para la diferencia entre el mes 1 y el Post-test4 ( $F = 4.096, p = .046$ ), se adoptaron los resultados asumiendo las varianzas diferentes, mientras que para la de los 2 meses y el mes, ( $F = .002, p = .964$ ), para la diferencia entre los 4-2 meses ( $F = 3.591, p = .062$ ), para la diferencia entre los 6-4 meses ( $F = 3.028, p = .086$ ) y para la diferencia de los 6 meses y el Post-test 4 ( $F = 1.406, p = .240$ ) se tomaron los resultados suponiendo varianzas iguales.

Tabla 64. Comparación entre el grupo experimental y el grupo control en las medias de sus diferencias intra-grupo.

Dígito	<i>t</i>	<i>gl</i>	<i>p</i> (bilateral)	<i>d</i> de Cohen
1 mes-Post-4	-2.704	67.368	.009	-.624
2meses-1mes	-.224	73	.823	-.051
4meses-2meses	-1.296	73	.199	-.296
6meses-4meses	1.335	73	.186	.305
6meses-Post-4	-1.836	73	.07	-.419

Se observaron diferencias entre grupos sólo en la diferencia entre 1 mes y el post-test 4. En dicho momento, el grupo experimental presentó una reducción de .40 puntos, mientras que el grupo control una ganancia de .07 puntos.

La síntesis para los datos obtenidos del Test de Amplitud de Dígitos se presenta a continuación:

1. En el grupo experimental se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas para sólo para la comparación entre:

a) Post 4 y 1 mes ( $t = -2.915$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .006$ ).

No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las restantes comparaciones:

a) 1 mes con 2 meses ( $t = 1.016$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .317$ ).

b) 2 meses con 4 meses ( $t = -.702$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .487$ ).

c) 4 meses con 6 meses ( $t = 1.930$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .062$ ).

d) Post-test 4 con 6 meses ( $t = .147$ ,  $gl = 34$ ,  $p = .884$ ).

2. En el grupo control se encontraron diferencias estadísticamente significativas sólo entre:

a) Post-test 4 y el mes 6 ( $t = 2.609$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .013$ ).

No se encontraron diferencias significativas entre:

a) El Post-test 4 y el mes ( $t = .684$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .498$ ).

b) El mes 1 y el mes 2 ( $t = 1.338$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .189$ ).

c) El mes 2 y el mes 4 ( $t = 1.183$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .244$ ).

d) El mes 4 y el mes 6 ( $t = .422$ ,  $gl = 39$ ,  $p = .675$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control, se obtuvieron diferencias significativas en todos los meses:

a) 1 mes ( $t = 8.121$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.855).

b) 2 meses ( $t = 7.996$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.826).

c) 4 meses ( $t = 7.942$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 1.814).

d) 6 meses ( $t = 9.037$ ,  $gl = 73$ ,  $p < .0001$ ,  $d$  de Cohen = 2.064).

4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intra-grupo entre un post-test y el anterior, se obtuvieron diferencias significativas sólo para la siguiente comparación:

a) 1 mes – Post-test 4 ( $t = -2.704$ ,  $gl = 67.36$ ,  $p = .009$ ,  $d$  de Cohen =  $-.624$ ).

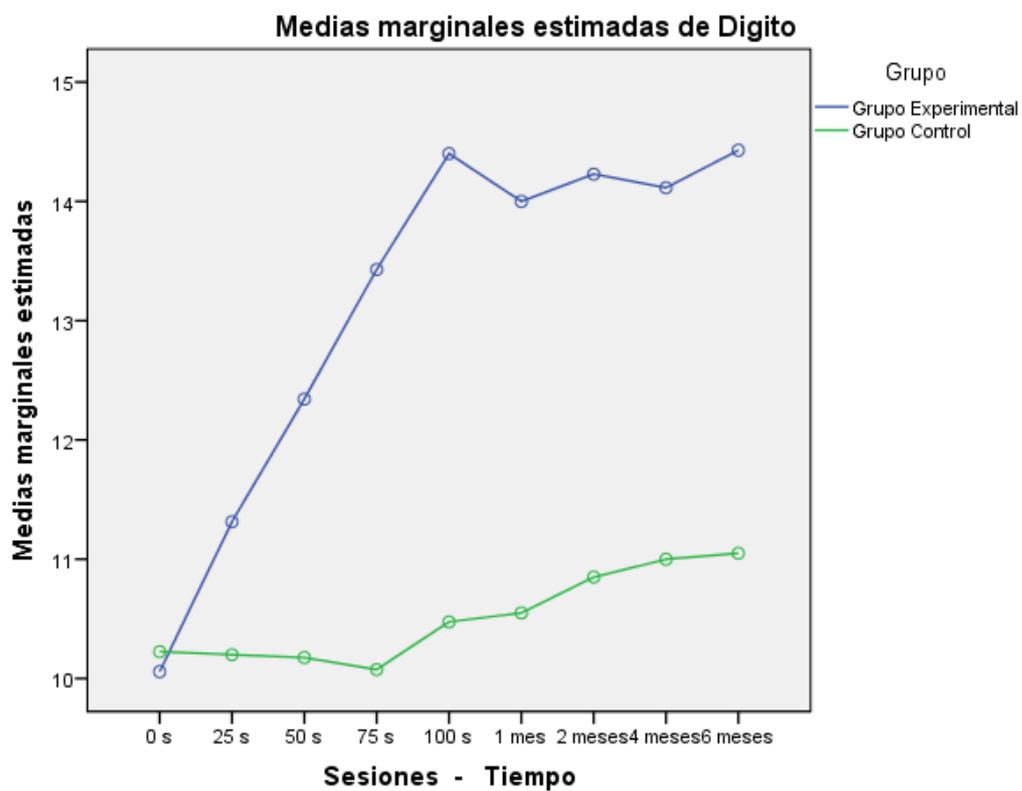
No se obtuvieron diferencias significativas para las siguientes comparaciones entre el grupo experimental y el grupo control:

a) 2 meses-1mes ( $t = -.224$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .823$ ,  $d$  de Cohen =  $-.051$ ).

b) 4 meses-2 meses ( $t = -1.296$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .199$ ,  $d$  de Cohen =  $-.296$ ).

c) 6 meses-4 meses ( $t = 1.335$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .186$ ,  $d$  de Cohen =  $.305$ ).

d) 6 meses-Post-test 4 ( $t = -1.836$ ,  $gl = 73$ ,  $p = .07$ ,  $d$  de Cohen =  $-.419$ ).



*Figura 29.* Evolución de los puntajes de ambos grupos en el test de Amplitud de Dígitos a lo largo de todos los post-tests.

## 10.3.4. Prueba de Amplitud Lectora.

Tabla 65. *Medias y desvíos estándares de la Prueba de Amplitud Lectora, en el post-test 4 y los siguientes post-tests.*

	PAL Post-4		PAL1 mes		PAL 2 meses		PAL 4 meses		PAL 6 meses	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	38.97	9.910	38.17	10.631	38.09	10.242	38.43	11.971	39.23	11.45
Grupo Control	20.33	4.822	20.08	4.520	20.03	4.594	20.38	4.678	20.83	4.425

Se evaluó la presencia de correlación entre los valores del grupo experimental y del grupo control, obtenidos al 1, 2, 4 y 6 meses, mediante el coeficiente *rho* de Spearman.

Tabla 66. *Correlaciones intragrupo entre los diferentes post-tests para la Prueba de Amplitud Lectora.*

	<i>Grupo Experimental</i>			<i>Grupo Control</i>		
	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
PAL Post4 y 1 mes.	35	.894	.000	40	.640	.000
PAL 1 mes y 2 meses	35	.815	.000	40	.754	.000
PAL 2 meses y 4 meses	35	.865	.000	40	.801	.000
PAL 4 meses y 6 meses	35	.895	.000	40	.856	.000
PAL Post4 y Dígito 6 m.	35	.772	.000	40	.642	.000

Pudo observarse que existen correlaciones positivas entre los valores observados en un mes y el siguiente, y las mismas son estadísticamente significativas ( $p < .0001$ ).

Tabla 67. *Diferencias de medias intragrupo, entre el post-test 4 y los siguientes post-tests.*

PAL	Grupo Experimental	Grupo Control
	<i>p</i>	<i>p</i>
Post4y1 mes	.326	.808
1y2 meses	.743	.828
2y4 meses	.797	.547
4y6 meses	.300	.505
Post4-6 m.	.947	.370

De los siguientes resultados se concluye

1. No se apreciaron diferencias en los diferentes meses en el grupo experimental, tampoco al comparar los valores del Post-test 4 y de los 6 meses.
2. No se observaron diferencias en los diferentes meses en el grupo control, tampoco al comparar los valores del Post-test 4 y de los 6 meses.

Se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes, con la finalidad de comparar las medias del grupo experimental y del grupo control a 1, 2, 4, y 6 meses de culminado el entrenamiento del grupo experimental.

Tabla 68. *Diferencias de medias entre el grupo experimental y el grupo control en el post-test del mes y los siguientes.*

Prueba de Amplitud Lectora	<i>p</i>
1 mes	.000
2 meses	.000
4 meses	.000
6 meses	.000

Se encontraron diferencias significativas en todos los meses evaluados, entre el grupo experimental y el grupo control.

Se compararon las medias de las diferencias intra-grupo, obtenidas en el grupo experimental y el grupo control a partir de las diferentes mediciones luego del Post-test 4. En la tabla siguiente se exponen las medias de las diferencias.

Tabla 69. *Medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior.*

	1mes-Post4		2meses-1mes		4meses- 2meses		6meses- 4meses		6meses-Post-4	
	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.	Media	D.E.
Grupo Experimental	-.8000	4.234	-.0857	6.736	.3429	6.462	.8000	4.536	.2571	6.084
Grupo Control	-.2500	3.607	-.0500	2.908	.3500	3.093	.4500	2.754	.5000	3.515

Tabla 70. *Comparación del grupo experimental y del grupo control en cuanto a las medias de sus diferencias intragrupo.*

Prueba de Amplitud Lectora	<i>p</i>
1 mes-Post-4	.475
2meses-1mes	.777
4meses-2meses	.966
6meses-4meses	.571
6meses-Post-4	.500

No se apreciaron diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias entre los diferentes momentos de medición luego del Post-test 4. Entre el Post-test 4 y los 6 meses, el grupo experimental presentó un aumento de .25 puntos, mientras que el grupo control un aumento de .50 puntos.

La síntesis para los datos obtenidos de la Prueba de Amplitud Lectora se presenta a continuación:

1. En el grupo experimental no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre todas las comparaciones:

- a) Post-test 4 con 1 mes ( $p = .326$ ).
- b) 1 mes con 2 meses ( $p = .743$ ).
- c) 2 meses con 4 meses ( $p = .797$ ).
- d) 4 meses con 6 meses ( $p = .300$ ).
- e) Post-test 4 con 6 meses ( $p = .947$ ).

2. En el grupo control no se han obtenido diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las comparaciones:

- a) Post-test 4 con 1 mes ( $p = .808$ ).
- b) 1 mes con 2 meses ( $p = .828$ ).
- c) 2 meses con 4 meses ( $p = .547$ ).
- d) 4 meses con 6 meses ( $p = .505$ ).
- e) Post-test 4 con 6 meses ( $p = .370$ ).

3. Al comparar las medias del grupo experimental con las del grupo control se obtuvieron diferencias significativas en todos los meses:

a) 1 mes ( $p < .0001$ ).

b) 2 meses ( $p < .0001$ ).

c) 4 meses ( $p < .0001$ ).

d) 6 meses ( $p < .0001$ ).

4. Al comparar el grupo experimental y el grupo control en las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, no se obtuvieron diferencias significativas para las comparaciones entre el grupo experimental y el grupo control:

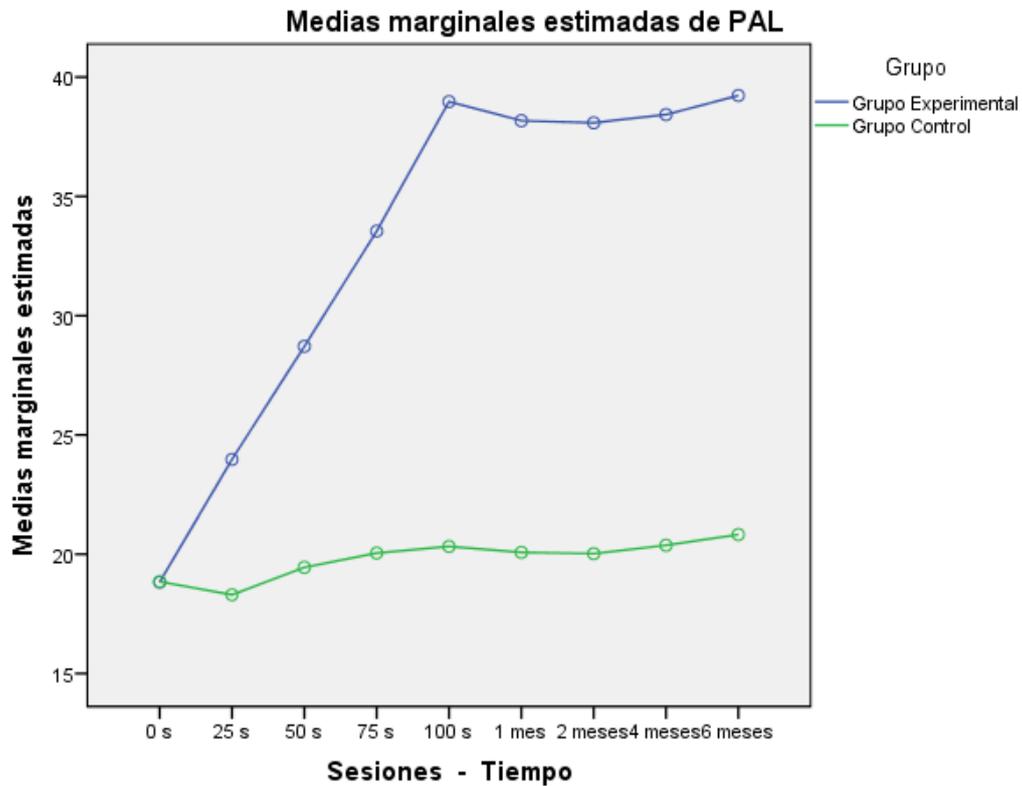
a) 1 mes-Post-test1 ( $p = .475$ ).

b) 2 meses-1mes ( $p = .777$ ).

c) 4 meses-2 meses ( $p = .966$ ).

d) 6 meses-4 meses ( $p = .571$ ).

e) 6 meses-Post-test 4 ( $p = .500$ ).



*Figura 30.* Evolución de los puntajes de ambos grupos en la Prueba de Amplitud Lectora a lo largo de todos los post-tests.

#### 6.4.7. Discusión

No existían datos con respecto a la permanencia del efecto de la tarea de entrenamiento *dual n-back*. Sin embargo, otros programas de entrenamiento habían obtenido la permanencia de los efectos en la inteligencia fluida desde 3 meses hasta 2 años (Plemons et al., 1978; Ball et al., 2002; Klauer et al., 2002; Borella et al., 2010; Jaeggi et al., 2011), y permanencias en la memoria de trabajo verbal de 6 a 8 meses,

las cuales se perdían luego de un año de cesado el entrenamiento (Buschkuehl et al., 2008).

Los resultados confirmaron la hipótesis 11, la cual sostenía que los niveles de inteligencia fluida del grupo experimental se mantendrían constantes luego de cesado el entrenamiento. La hipótesis 12, la cual afirmaba que los niveles de memoria de trabajo verbal se mantendrán constantes luego del cese del entrenamiento, tuvo un resultado en contra. Al comparar la medición de 1 mes y el Post-test 4 en el Test de Amplitud de Dígitos, se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa. La misma fue generada por una merma de .40 puntos en el grupo experimental, dado que el aumento en el grupo control fue de .07 puntos. Debe mencionarse que la memoria de trabajo verbal medida con la Prueba de Amplitud Lectora no presentó ningún cambio estadísticamente significativo en el grupo experimental luego del cese del entrenamiento. También debe destacarse que se mantuvo la diferencia entre el grupo experimental y el grupo control para la inteligencia fluida y para la memoria de trabajo en todos los post-tests posteriores al cese del entrenamiento del grupo experimental, confirmando las hipótesis 13 y 14.

### 6.5. Validación de los instrumentos

En la tabla 71 se exponen las medidas de tendencia central para los cuatro instrumentos.

Tabla 71. *Medidas de tendencia central para los cuatro instrumentos en la muestra de validación.*

	Raven	G	Dígito	PAL
<i>n</i>	130	130	130	130
Media	19.23	17.25	10.39	19.65
Mediana	19.00	17.00	10.00	18.00
Moda	20	17	10	18
Desv. típ.	6.528	6.526	2.604	11.346
Varianza	42.613	42.594	6.783	128.727
Asimetría	-.146	.512	-.154	.463
Curtosis	.760	1.559	-.311	-.453
Rango	35	39	12	42
Mínimo	1	1	4	2
Máximo	36	40	16	44
Percentiles				
25	16.00	14.00	9.00	12.00
50	19.00	17.00	10.00	18.00
75	24.00	20.00	12.00	24.75

Se evaluó la normalidad de la distribución, optándose por un  $p = .01$ , los resultados se exponen en la tabla 72.

Tabla 72. *Prueba de Kolmogorov-Smirnov para los cuatro instrumentos de la muestra de validación.*

		Raven	G	Dígito	PAL
Diferencias más extremas	Absoluta	.078	.141	.091	.160
	Positiva	.078	.141	.091	.160
	Negativa	-.074	-.111	-.086	-.079
Z de Kolmogorov-Smirnov		.887	1.604	1.033	1.827
<i>p</i> asintótica (bilateral)		.411	.012	.236	.003

El Test de Raven, el Test G de Cattell y el Test Dígito presentaron una distribución normal. Con respecto a la anormalidad de los puntajes de la Prueba de Amplitud Lectora, existen múltiples trabajos previos que han obtenido los mismos resultados, debido a los procedimientos de computar los puntajes del test (Daneman & Carpenter, 1980; Elosúa, Gutierrez, García Madruga, Luque, & Gárate, 1996; Barreyro, Burin, & Duarte, 2009). Por consiguiente, para analizar las relaciones del mencionado instrumento se utilizaron pruebas no paramétricas.

### 6.5.1. Confiabilidad

Tabla 73. *Coefficientes  $\alpha$  de Cronbach para los cuatro instrumentos.*

	Raven	Test G	Dígito	P.A.Lectora
$\alpha$	.829	.798	.803	.779

Para calcular el  $\alpha$  se utilizó la totalidad de ítems. Se observa una fiabilidad de aceptable a elevada en los cuatro instrumentos.

### 6.5.2. Validez

Se tuvieron en cuenta dos tipos de validez para todos los instrumentos. La validez de constructo obtenida de la correlación entre los instrumentos, y la validez de criterio concurrente, resultante de la correlación entre los instrumentos y el promedio de las calificaciones académicas del último año de educación secundaria de los participantes (Urbina & Anastasi, 1998). El autor admite que es poco ortodoxo validar cuatro instrumentos por sus correlaciones, sin embargo, también debe reconocerse que si los instrumentos miden lo que dicen medir deberían presentar correlaciones significativas, teniendo en cuenta que cada par mide un constructo, y que la correlación entre ambos constructos en el meta-análisis realizado por Kane, Conway & Hambrick, (2005) fue de .72

### 6.5.3. Validez de constructo

Todas las correlaciones fueron significativas ( $p < .01$ ). Para las correlaciones de la prueba de amplitud lectora se utilizó la prueba *rho* de Spearman, mientras que para los instrumentos restantes, el coeficiente de Pearson.

Tabla 74. *Correlaciones entre los cuatro instrumentos.*

	Raven	G	Dígito	PAL
Raven	----	.848	.715	.698
G	.848	----	.833	.874
Dígito	.715	.833	----	.759
PAL	.698	.874	.759	----

Las correlaciones entre los instrumentos de inteligencia fluida son similares a las obtenidas en investigaciones previas (Cattel & Cattell, 1973/2001; Carroll, 1993). También lo son las correlaciones obtenidas entre las medidas de memoria de trabajo verbal (Salthouse & Babcock, 1991; Gaulin & Campbell, 1994) A su vez, las correlaciones entre los instrumentos de inteligencia fluida y de memoria de trabajo son coherentes con las reportadas por diversas investigaciones (Kyllonen & Christal, 1990; Fry & Hale, 1996; Stauffer et al., 1996; Engle et al., 1999; Conway et al., 2002; Colom et al., 2003; Kane et al., 2004; Kane et al., 2005; Unsworth et al., 2009; Martínez et al., 2011). Por lo que se supone una aceptable validez de constructo.

#### 6.5.4. Validez de criterio concurrente

Se correlacionaron las medidas de los instrumentos y el promedio de las calificaciones del último año de la secundaria. A continuación se exponen las medidas de tendencia central para las mismas. Cabe mencionar que en el sistema educativo del Paraguay las calificaciones van de 1 a 5, aprobándose a partir de 2.

Tabla 75. *Medidas de tendencia central para las calificaciones del último año de la secundaria.*

<i>n</i>	130
Media	4.21337
Mediana	4.33333
Moda	5.000
D.E.	.741604
Varianza	.550
Rango	2.800
Mínimo	2.200
Máximo	5.000

Se procedió a comprobar si las calificaciones presentaban una distribución normal, lo que se expone en la tabla 76.

Tabla 76. *Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las medias de las calificaciones*

Diferencias más	Absoluta	.155
extremas	Positiva	.144
	Negativa	-.155
Z de Kolmogorov-Smirnov		1.765
Sig. asintót. (bilateral)		.004

Por lo cual, se utilizó el coeficiente *rho* de Spearman para correlacionar los datos:

Tabla 77. *Correlaciones entre los instrumentos y las calificaciones.*

	Promedio de calificaciones	<i>p</i>
Raven	.743	.000
G	.503	.000
Dígito	.299	.01
Amplitud Lectora	.401	.000

En todos los casos se obtuvieron correlaciones significativas, siendo más elevadas para las medidas de inteligencia fluida que para las de memoria de trabajo, como era esperado (Neisser et al., 1996), por lo cual se considera que los instrumentos poseen una adecuada validez de criterio concurrente.

Debe notarse que esta validación no es completa. Faltaría una validación de constructo factorial, y también sería necesaria una medida de criterio más específica

para las medidas de memoria de trabajo. No obstante, se considera que el nivel de confiabilidad y validez de los instrumentos es aceptable.

## 7. DISCUSIÓN

En el experimento 1 se entrenó al grupo experimental en 25 sesiones del programa *dual n-back*, y al grupo control en 25 sesiones de un programa de rapidez y precisión aritmética. Se pusieron a prueba las dos primeras hipótesis, las cuales afirmaban la existencia de aumentos en los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal mayores en el grupo experimental que en el grupo control activo. En los resultados se observan aumentos en el grupo experimental en los dos instrumentos que miden la inteligencia fluida y en los dos instrumentos que miden la memoria de trabajo verbal, mientras que no se observan aumentos en el grupo control activo para ninguna de estas medidas. Por último, se obtuvieron diferencias significativas a favor del grupo experimental en las cuatro medidas en comparación con el grupo control activo, en el post-test. Los resultados confirman las dos primeras hipótesis: existieron aumentos de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal en el grupo experimental no atribuibles al efecto test-retest, efecto Hawthorne, o respuesta a la demanda. Esto sugiere que el entrenamiento en 25 sesiones del programa *dual n-back* produce aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo.

Las dos primera hipótesis estuvieron basadas en la controversia existente con respecto a la investigación de Jaeggi et al., (2008). Mody (2009) sostuvo que uno de los instrumentos de medición de la inteligencia fluida no fue aplicado de la manera adecuada, sino con límites temporales con los cuales no había sido validado. Shipstead et al., (2010) adujeron debilidades en la validez interna: los resultados podían ser atribuidos al efecto Hawthorne y/o a la respuesta a la demanda, ya que en

la investigación se careció de grupo control activo. Los resultados de esta tesis apoyan la posición de Jaeggi et al. (2008), sugiriendo que el entrenamiento en el programa *dual n-back* genera aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal.

Al utilizar un grupo control activo, con niños como participantes, y un programa *single n-back*, Jaeggi et al, (2011), obtuvieron aumentos de la inteligencia fluida sólo en el sector del grupo experimental que presentó incrementos en la tarea de entrenamiento. Esto, a la luz de las críticas de Shipstead et al., (2010) podía ser interpretado de la siguiente manera: los resultados se debían al efecto Hawthorne, y el mismo se produjo en los participantes que obtuvieron resultados positivos en su entrenamiento. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados reportados por esta investigación, es posible que la interpretación de los autores del estudio sea adecuada: la necesidad de adaptación de la tarea a las capacidades de los participantes para que produzca transferencia en los instrumentos de medición.

Otro aspecto controversial es la posibilidad de lograr aumentos con el programa en la Prueba de Amplitud Lectora. En su investigación, Jaeggi et al. (2008) no obtuvieron aumentos, mientras que sí fueron reportados incrementos en la Prueba de Amplitud Lectora por Richmond et al, (2011), pero con una población de adultos mayores, y mediante un entrenamiento separado en memoria de trabajo verbal y memoria de trabajo visuo-espacial. Los resultados de esta investigación contradicen los resultados de Jaeggi et al. (2008), sugiriendo que es posible aumentar los puntajes de la Prueba de Amplitud Lectora por medio del entrenamiento *dual n-back*.

La modalidad de entrenamiento empleada por Jaeggi et al. (2008), fue de una sesión por día, mientras que la utilizada en esta investigación fue de 2 sesiones

diarias. Los resultados obtenidos apoyan la utilidad de este régimen de entrenamiento.

Tanto la inteligencia fluida (Horn, 1972a, 1972b; Kaufman, et al. 1991; Lee et al., 2005; Reuben et al., 2011) como la memoria de trabajo verbal (Salthouse & Babcock, 1991; Carroll, 1993) habían sido consideradas como inmodificables por entrenamiento cognitivo. Los resultados de esta investigación contradicen tales afirmaciones. Con un programa de entrenamiento cognitivo se ha logrado aumentar los niveles de la inteligencia fluida y los de la memoria de trabajo verbal. La presente investigación es un aporte más que señala la posibilidad de modificar los dos mecanismos por medio del entrenamiento cognitivo.

Un aspecto en lo atinente a la originalidad y pertinencia de la investigación, es que la misma es la primera en reportar los efecto del entrenamiento del programa *dual n-back* en adultos con grupo control activo.

En el segundo experimento, se entrenó al grupo experimental en 100 sesiones del programa *dual n-back*, mientras que el grupo control fue activo las primeras 25 sesiones y pasivo las restantes. En el experimento se probaron la tercera y la cuarta hipótesis, las cuales afirmaban la presencia de aumentos en los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal en el grupo experimental luego de 100 sesiones de entrenamiento. En el experimento, también se pusieron a prueba la quinta y la sexta hipótesis, las cuales afirmaban que los aumentos serían mayores en el grupo experimental que en el grupo control. Los datos obtenidos apoyaron estas hipótesis, observándose aumentos en las dos medidas de inteligencia fluida y en las dos de memoria de trabajo verbal en el grupo experimental, entre el pre-test y el

post-test luego de las 100 sesiones de entrenamiento. Y a su vez, obteniéndose diferencias significativas entre el grupo experimental y el grupo control, luego de las 100 sesiones. Debe señalarse que los tamaños del efecto obtenidos son inusualmente grandes. De los resultados, se desprende que el grupo experimental presentó aumentos en las cuatro medidas y que dichos aumentos fueron estadísticamente mayores que los obtenidos por el grupo control. Por lo tanto, es posible considerar que las ganancias en los puntajes fueron debidas al entrenamiento en el programa *dual n-back* y no al efecto test-retest. Con respecto al efecto Hawthorne y la respuesta a la demanda, se vio en el experimento 1 que atribuir los resultados a estos fenómenos, al menos en este experimento, es poco factible.

En lo que respecta a los aumentos obtenidos en los cuatro instrumentos por el grupo control, los mismos se enmarcan en los fenómenos test-retest ya reportados (Plemons, Willis, & Baltes, 1978; Anastasi & Urbina, 1998; Schellenberg, 2004; Jaeggi et al., 2008; Tranter, & Koutstaal, 2008).

Debe destacarse que la presente investigación es novedosa al reportar el efecto del entrenamiento en el programa *dual n-back* por 100 sesiones. El mismo, como se observa, es positivo, y sugiere la posibilidad de considerar la ampliación y adaptación de tal programa de entrenamiento para las poblaciones que poseen déficits en la inteligencia fluida y/o en la memoria de trabajo. Los mismos producen serios inconvenientes adaptativos, reduciendo drásticamente la calidad de vida y la autonomía (Organización Mundial de la Salud, 2001; Asociación de Psiquiatría Americana, 2002; Cavanaugh, & Blanchard-Fields, 2006; Díez Porres, 2010), por lo tanto, la adaptación y aplicación del programa *dual n-back* en tales poblaciones podría ser beneficiosa.

En el tercer experimento, se midieron los resultados de 25, 50, 75 y 100 sesiones de entrenamiento en el grupo experimental. El grupo control fue activo por 25 sesiones, y pasivo en las restantes tres mediciones. Con este experimento se pusieron a prueba la séptima y la novena hipótesis, las cuales postulaban que los aumentos serían progresivos en relación a las sesiones que el grupo experimental había realizado. También se probaron la octava y décima hipótesis, las cuales sostenían que existiría una diferencia significativa a favor del grupo experimental en relación al grupo control en todas las mediciones hasta el post-test 100. En las cuatro medidas se obtuvieron diferencias sugiriendo que a más sesiones de entrenamiento se producen más aumentos de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal. El entrenamiento en 100 sesiones fue superior, al de 75; el de 75 fue superior al de 50, el de 50 fue superior al de 25; y el de 25 fue superior al pre-test, en los cuatro instrumentos. Por último, existieron diferencias significativas en todos los momentos entre el grupo experimental y el grupo control.

Existían resultados contradictorios al respecto del efecto de las sesiones de entrenamiento con el programa *dual n-back*. Jaeggi et al. (2008) habían reportado dicho efecto en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal, mientras que posteriormente se obtuvieron resultados contrarios, pero utilizando el programa *single n-back* (Jaeggi et al, 2011). Los resultados apoyan los datos obtenidos inicialmente por Jaeggi et al, (2008), tanto para la inteligencia fluida como para la memoria de trabajo verbal.

El hecho de que a más sesiones se hayan producido mayores aumentos, sustenta la noción de que el programa *dual n-back* produce aumentos en la inteligencia fluida

y en la memoria de trabajo verbal, y a su vez posee implicaciones para su aplicación en programas de rehabilitación cognitiva, tratamiento de déficits intelectuales, y aumento de las habilidades cognitivas.

Como ya fue expuesto, se han formulado dos explicaciones principales para la relación existente entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida. La de quienes sostienen que las mismas están relacionada por procesos atencionales ejecutivos (Engle et al., 1999, Kane et al., 2001; Kane et al., 2004; Engel de Abreu, et al., 2010); McCabe et al., 2010), y la de quienes afirman que la relación puede explicarse a partir de los procesos de almacenamiento (Colom et al., 2005; Colom et al., 2006; Colom et al., 2008; Martínez et al., 2011). La primera postura fue adoptada por Jaeggi et al., (2008) y Chein & Morrison (2010), para explicar la transferencia de tareas de memoria de trabajo a la inteligencia fluida. Mientras que la segunda es más cercana a las afirmaciones de Klingberg et al. (2002), quienes sostienen que la transferencia puede ser explicada por mejoras en los procesos de adquisición y almacenamiento.

El programa *dual n-back* es considerado como una doble tarea, ya que implica el procesamiento, mantenimiento y evocación de estímulos visuo-espaciales y de estímulos verbales de manera simultánea (Baddeley, 1996). Por lo tanto, se podría pensar que quizás sean los procesos atencionales los implicados en la conexión entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida, dado que entrenando al ejecutivo central se lograron aumentos en la inteligencia fluida.

En el experimento 4 se midió la permanencia de los efectos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal luego de 1, 2, 4 y 6 meses de terminado el

entrenamiento en el programa *dual n-back*. El experimento tuvo como objetivo probar la onceava y la doceava hipótesis. En ellas se afirmaba que los niveles de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal en el grupo experimental se mantendrían constantes luego del entrenamiento. También se probó la treceava y catorceava hipótesis. Las mismas afirmaban que existirían luego de 1, 2, 4, 6 meses, niveles mayores de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal en grupo experimental que en el grupo control. Los resultados apoyan estas hipótesis, salvo la hipótesis 12. En el grupo experimental no existieron diferencias significativas intragrupo en ninguna de las mediciones posteriores, salvo para al comparar la medición del mes y el Post-test 4 en el Test de Amplitud de Dígitos, este dato contradice la hipótesis 12, la cual postulaba que los niveles de memoria de trabajo verbal se mantendrían constantes luego de finalizado el entrenamiento. La razón de esta diferencia, generada principalmente por una merma de .40 puntos en el grupo experimental, ya que el grupo control experimentó un aumento de sólo .07 puntos, puede encontrarse en la variabilidad propia del test, o también puede atribuirse al efecto negativo que puede haber generado el cese del entrenamiento, tanto en el aspecto cognitivo como emocional. Sin embargo, debe mencionarse que se mantuvo la diferencia entre el grupo experimental y el grupo control para los 4 instrumentos en todos los post-tests posteriores al cese del entrenamiento del grupo experimental. Un hecho significativo que apoya la posibilidad de que el programa *dual n-back* haya producido los aumentos en la inteligencia fluida y en la memoria de trabajo verbal es que al terminar el entrenamiento se encontraron sólo 4 diferencias estadísticamente significativas entre el grupo experimental y el grupo control, en cuanto a las medias de las diferencias intragrupo entre un post-test y el anterior, mientras que durante el

entrenamiento, se encontraron diferencias considerables para todas las comparaciones.

Se desconocía la permanencia del efecto del programa *dual n-back* en adultos, si bien existen investigaciones que reportan la permanencia a partir de otros programas de entrenamiento (Plemons et al., 1978; Klingberg et al., 2005; Borella et al., Jaeggi et al., 2011), mientras que Buschkuhl et al., (2008) reportaron que los aumentos en memoria de trabajo logrados con una muestra de adultos mayores se habían disipado luego de 1 año. La presente investigación aporta datos que permiten suponer que el efecto del entrenamiento *dual n-back* se mantiene, por lo menos hasta 6 meses luego de finalizado el entrenamiento, lo cual resulta interesante, tanto teóricamente como en términos prácticos.

Si los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal no han sufrido cambios significativos luego de 6 meses de terminado el entrenamiento, esto sugiere que las estructuras cerebrales que producen tales mecanismos poseen la plasticidad suficiente como para modificarse por medio del entrenamiento, pero la fijeza necesaria como para conservar sus efectos por meses luego de terminado el mismo.

En cuanto a los efectos prácticos, los resultados aumentan los beneficios que pueden extraerse de adaptar y aplicar el programa *dual n-back* a poblaciones con déficits en los niveles de inteligencia fluida y de memoria de trabajo verbal.

Si bien los resultados apoyaron 13 de 14 hipótesis, y tanto las diferencias obtenidas como los tamaños del efecto reportados son de una magnitud elevada, es necesario destacar las limitaciones y las debilidades de la investigación.

En primer lugar se podría cuestionar el tipo de grupo control activo que fue empleado en el experimento 1. Se debe tener en cuenta que mientras los integrantes del grupo experimental se entrenaron por medio de un software, el cual automáticamente les informaba acerca de sus rendimientos. Los integrantes del grupo control activo se entrenaron mediante material impreso, el cual era de simple corrección, pero que evidentemente no contaba con la rapidez y comodidad que el software. Por lo tanto, es posible que el programa *dual n-back* haya producido un efecto positivo en los participantes experimentales mayor al del programa de entrenamiento impreso. Si tal hecho fuese cierto, no podría descartarse el efecto Hawthorne. Esto debe tenerse en cuenta, dado que es probable que actualmente para la mayoría de las personas, máxime para adultos jóvenes, sea más motivador estar frente a una computadora que frente a material impreso.

Una segunda posibilidad es que los participantes del grupo experimental entraran en contacto con los del grupo control, si bien se les explicó a los integrantes de ambos grupos que no debían comentar absolutamente nada del experimento a nadie, y se evitó que integrantes de ambos grupos compartieran el laboratorio. En dicho contacto, los participantes del grupo control pueden haberse sentido perjudicados al saber que los participantes del grupo experimental tenían un entrenamiento por medio de computadora, lo cual podría haber disminuido su motivación para contestar los instrumentos de la investigación.

Otro aspecto criticable es que el grupo control activo no se mantuviera por las 100 sesiones. Esto era deseable, pero temporalmente poco factible y hubiera podido hacer peligrar la factibilidad de toda la investigación. Podría aducirse que la ausencia de contacto con el grupo control luego de las 25 sesiones produjo en los mismos una

desmotivación, la cual disminuyó el esfuerzo empleado en responder a los instrumentos.

Un aspecto que claramente limita el alcance de la investigación es su validez externa. Los participantes no fueron elegidos probabilísticamente, y, por otra parte, poseen una homogeneidad grande, por lo cual, la generalización de los resultados obtenidos es restringida. Si bien, es cierto que en la gran mayoría de los experimentos se deja de lado la validez externa, esto no quiere decir que sea metodológicamente correcto.

Sin embargo, la crítica más fuerte que puede realizarse a esta investigación no radica en si se produjo o no un aumento en las medidas causado por el programa de entrenamiento, sino en qué ha aumentado. No se puede señalar que los dos mecanismos neurológicos hayan aumentado su eficiencia. Más bien, los hechos señalan que se han producido aumentos en los instrumentos que miden tales mecanismos. Si bien no puede argüirse efecto test-retest, puesto que se utilizaron grupos control para evitarlos, sí podría decirse que la tarea *dual n-back* generó una mayor facilidad para responder a los instrumentos de papel y lápiz, de computadora y de dictado, sin ninguna aplicación práctica ulterior. Quizás, la mejora no esté en el mecanismo de la inteligencia fluida o en el de la memoria de trabajo verbal, sino en la aptitud para enfrentarse con pruebas. Es posible que el hecho de que la tarea *dual n-back* sea de índole ininterrumpida generara un efecto de habituación ante tales pruebas, y que por esto se expliquen los niveles mayores en los instrumentos de medición. Tal vez no exista una diferencia tan grande entre la tarea *dual n-back* y los instrumentos evaluados, y quizás lo que haya mejorado haya sido la capacidad para resolver los instrumentos y no los mecanismos neurocognitivos de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo. Existen numerosos autores que apoyan esta

hipótesis (Jensen, 1969, 1998; Bors & Vigneau, 2003; te Nijenhuis et al., 2007; Mody, 2009; Rushton & Jensen, 2010b, Shipstead et al., 2010).

La última crítica, señala el camino que las investigaciones pudieran seguir en la temática. Sería muy útil que se efectuaran investigaciones similares a la presente, pero que utilizaran, además de los instrumentos psicométricos, medidas con neuroimágenes antes, durante y después de la intervención. Una investigación ideal sería poder combinar varias medidas neurológicas de la inteligencia fluida y de la memoria de trabajo verbal, como pueden ser la Resonancia Magnética Nuclear (fRMI) para notar cambios en la activación de las zonas corticales, la Tomografía de Emisión de Positrones (PET), para determinar cambios en la activación, y modificaciones en el metabolismo de la glucosa, la Tractografía por Resonancia Magnética, para comparar la eficiencia de las conexiones neuronales, y el Electroencefalograma (EEG), para comparar la eficiencia neurológica. Sería muy interesante y pertinente efectuar con estas medidas un diseño pre-test post-test con grupo de control activo.

Por otra parte, una alternativa menos costosa es la de efectuar el entrenamiento en una población que esté sometida a numerosos e iguales exámenes académicos, como pueden ser los integrantes de alguna institución educativa, y comparar los rendimientos académicos de ambos grupos luego del programa de entrenamiento, utilizando un grupo control activo con otra tarea informática.

Serían necesarias investigaciones con grupos de control activos, entrenados por medio de un software lo suficientemente similar al programa *dual n-back* como para no poder aducirse efecto Hawthorne, o respuesta a la demanda, pero con la diferencia necesaria para que no produzca efectos similares al programa de entrenamiento.

Otro aspecto de interés es la evaluación de los efectos del programa *dual n-back* en la memoria de trabajo visuo-espacial, aspecto que no ha abordado esta tesis, y que se desconoce. Si bien, la investigación de Borella et al., (2010) sugiere efectos similares a los producidos en la memoria de trabajo verbal.

Esta tesis, como cualquier investigación, no aporta un cierre definitivo a la temática, no obstante, sugiere, a pesar de las debilidades expuestas, la posibilidad de aumentar la inteligencia fluida y la memoria de trabajo verbal mediante el entrenamiento en el software *dual n-back*, y el hecho de que tales aumentos son poco factibles de ser explicados por efecto Hawthorne o por la respuesta a la demanda. Por otra parte, se han obtenido resultados sugiriendo la permanencia de los efectos del entrenamiento por 6 meses. Por último, se han obtenido ganancias significativas en todas las medidas, lo cual sugiere los beneficios del entrenamiento a largo plazo con el software utilizado, y la posibilidad de modificar la inteligencia fluida y la memoria de trabajo por medio del entrenamiento cognitivo.

## 8. REFERENCIAS

- Ackerman, P.L., Beier, M.E., & Boyle, M.O. (2002). Individual differences in working memory within a nomological network of cognitive and perceptual speed abilities. *Journal of Experimental Psychology, General*, 131(4), 567-589.
- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin*, 131(1), 30–60.
- Alloway, T.P. (2009). Working memory, but no IQ, predicts subsequent learning in children with learning difficulties. *Psychological Assessment*, 25(2), 92-98.
- Alloway, T.P. & Alloway, R.G. (2009). The efficacy of working memory training in improving crystallized intelligence. *Nature Precedings*, recuperado de <http://hdl.handle.net/10101/npre.2009.3697.1>
- Alloway, T.P. & Alloway, R.G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology*, 106, 20-29.
- American Anthropological Association (1994). American Anthropological Association statement on "Race" and Intelligence. Recuperado de <http://www.aaanet.org/stmts/race.htm>
- American Anthropological Association (1998). American Anthropological Association statement on "race". Recuperado de <http://www.aaanet.org/stmts/racepp.htm>
- American Psychological Association, Committee for the Protection of Human Participants in Research (1982). *Ethical principles in the conduct of research with human participants*. Washington: American Psychological Association.

- American Psychological Association (1992). Ethical principles of psychologists and code of conduct. *American Psychologist*, 47, 1597-1611.
- Anastasi, A. & Urbina, S. (1998). *Test Psicológicos*. México D.F.: Prentice Hall.
- Ando, J., Ono, Y., & Wright, M.J. (2001). Genetic structure of spatial and verbal working memory. *Behaviors Genetics*, 31(6), 615-624.
- Ang, S.C., Rodgers, J.L., & Wänström, L. (2010). The Flynn Effect within subgroups in the U.S.: Gender, race, income, education, and urbanization differences in the NLSY-Children data. *Intelligence*, 38, 367-384.
- Arija, V., Esparo, G., Fernandez-Ballart, J., Murphy, M. M., Biarnes, E., & Canals, J. (2006). Nutritional status and performance in test of verbal and nonverbal intelligence in 6 year old children. *Intelligence*, 34(2), 141-149
- Asociación de Psiquiatría Americana. (2002). *Manual diagnóstico estadístico DSM-IV-TR*. Barcelona: Masson.
- Bäckman, L., Nyberg, L., Soveri, A., Johansson, J., Andersson, M., Dahlin, E., Neely, A.S., Virta, J., Laine, M., & Rinne, J.O. (2011). Effects of Working-Memory Training on Striatal Dopamine Release. *Science*, 333(6043), 718.
- Baddeley, A. D. (1966). Short-term memory for word sequences as a function of acoustic, semantic and formal similarity. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 18, 362-365.
- Baddeley, A.D. (1986). *Working Memory*. Oxford: University Press.
- Baddeley, A.D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49(1), 5-28.

- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4(11), 417–423.
- Baddeley, A.D. (2002). Is working memory still working? *European Psychologist*, 7(2), 89-97.
- Baddeley, A.D. (2003). Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews, Neuroscience*, 4, 829-839.
- Baddeley, A.D., Allen, R.J., Hitch, G.J. (2010). *Investigating the episodic buffer. Psychologica Belgica*, 50(3-4), 223-243.
- Baddeley, A.D. & Della Sala, S. (1996). Working memory and executive control. *Proceedings of the Royal Society London, B*, 351(1346), 1397-1404.
- Baddeley, A.D., Della Sala, S., Papagno, C., & Spinnler, H. (1997). Dual task performance in dysexecutive and non-dysexecutive patients with a frontal lesion. *Neuropsychology*, 11(2), 187-194.
- Baddeley, A.D., Eysenck, M.W., & Anderson, A.C. (2009). *Memory*. Nueva York: Psychology Press.
- Baddeley, A.D., Gathercole, S.E., & Papagno, C. (1998). The phonological loop as a language learning device. *Psychological review*, 105(1), 158-173.
- Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working memory. En G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: 8*, (pp. 47-89). Nueva York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14(6), 575-589.

- Ball, K., Berch, D.B., Helmers, K.F., Jobe, J.B., Leveck, M.D., Marsiske, M., Morris, J.M., Rebok, G.W., Smith, D.M., Tennstedt, S.L., Unversagt, F.W., Willis, S.L. (2002). Effects of Cognitive Training Interventions With Older Adults. *Journal of the American Medical Association*, 288(18), 2271-2281.
- Baltes, P.B. & Reinert, G. (1969). Cohort effects in cognitive development as revealed by cross-sectional sequences. *Developmental Psychology*, 1(2), 169-177.
- Barber, N. (2005). Educational and ecological correlates of IQ: a cross-national investigation. *Intelligence*, 33, 273-284.
- Barnett, S.M., y Ceci S.J. (2002). When and where do we apply what we learn? A taxonomy for far transfer. *Psychological Bulletin*, 128(4), 612-637.
- Barreyro, J.P., Burin, D.I., & Duarte, D.A. (2009). Capacidad de la memoria de trabajo verbal. Validez y fiabilidad de una tarea de amplitud lectora. *Interdisciplinaria*, 26(2), 207-228.
- Barrouillet, P., Portrat, S., Vergauwe, E., Diependaele, K., & Camos, V. (2009). Further evidence for temporal decay in working memory: Reply to Lewandowsky and Oberauer (2009). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(5), 1302-1317.
- Barrouillet, P., De Paepe, A., & Langerock, N. (2012). Time causes forgetting from working memory. *Psychonomic Bulletin Review*, 19(1), 87-92.
- Basak, C., Boot, W.R., Voss, M.W., y Kramer, A.F. (2008). Can training in a real-time strategy video game attenuate cognitive decline in older adults? *Psychology and Aging*, 23(4), 765-777.

- Bartels, M., Rietveld, M.J.H., Van Baal, G.C.M., & Boomsma, D.I. (2002). Genetic and environmental influences on the development of intelligence. *Behavior Genetics*, *12*(4), 238-249.
- Batty, D.G., Deary, I.J., & Macintyre, S. (2007). Childhood IQ in relation to risk factors for premature mortality in middle-aged persons: the Aberdeen Children of the 1950s study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, *61*, 241-247.
- Beals, K.L., Smith, C.L., & Dodd, S.M. (1984). Brain size, cranial morphology, climate, and time machines. *Current Anthropology*, *25*(3), 301-328.
- Bell, M., Bryson, G., & Wexler, B.E. (2003). Cognitive remediation of working memory deficits: durability of training effects in severely impaired and less severely impaired schizophrenia. *Acta Psychiatrica Escandinavica*, *108*(2), 101-109.
- Bell, M., Fiszdon, J., Greig, T., Wexler, B., & Bryson, G. (2007). Neurocognitive enhancement therapy with work therapy in schizophrenia: 6-month follow-up of neuropsychological performance. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, *44*(5), 761-770.

- Berlingieri, M., Borrini, G., Basilico, S., Silani, G., Zanardi, G., Sberna, M., Colombo, N., Sterzi, R., Scialfa, G., & Paulesu, E. (2008). Anatomy of the episodic buffer: a voxel-based morphometry study in patients with dementia. *Behavioral neurology, 19*(1-2), 29-34.
- Betjemann, R.S., Johnson, E.P., Barnard, H., Boada, R., Filley, C.M., Filspeck, P.A., Willcutt, E.G., De Fries, J.C., & Pennington, B.F. (2010). Genetic covariation between brain volumes and IQ, reading performance and processing speed. *Behavior Genetics, 40*(2), 135-145.
- Black, M. M. (2003a). The evidence linking zinc deficiency with children's cognitive and motor functioning. *Journal of Nutrition, 133*(5-1), 1473-1476.
- Black, M. M. (2003b). Micronutrient deficiencies and cognitive functioning. *Journal of Nutrition, 133*(11-2), 3927-3931
- Blair, C. (2006). How similar are fluid cognition and general intelligence? A developmental neuroscience perspective on fluid cognition as an aspect of human cognitive ability. *Behavioral and Brain Sciences, 29*(2), 109-160.
- Blair, C., Gamson, D., Thorne, S., & Baker, D. (2005). Rising mean IQ: Cognitive demand of mathematics education for young children, population exposure to formal schooling, and the neurobiology of the prefrontal cortex. *Intelligence, 33*(1), 93-106.
- Blokland, G.A., McMahon, K.L., Thompson, P.M., Martin, N.G., de Zubicaray, G.I., & Wright, M.J. (2011). Heritability of working memory brain activation. *The Journal of Neuroscience, 31*(30), 10882-10890.
- Borella, E., Carretti, B., Riboldi, F., & De Beni, R. (2010). Working memory training in older adults: evidence of transfer and maintenance effects. *Psychology and Aging, 25*(4), 767-778.

- Bors, D.A., & Vigneau, F. (2003). The effects of practice on Raven's Advanced Progressive Matrices. *Learning and Individual Differences, 13*(4), 1-22.
- Bouchard, T.J. (2004). Genetic influence on human psychological traits - A survey. *Current Directions in Psychological Science, 13*(4), 148-151.
- Bouchard, T.J. (2009). Genetic influence and human intelligence(Spearman's g): how much? *Annals of Human Biology, 36*(5), 527-544.
- Braver, T. S., & Barch, D. M. (2002). A theory of cognitive control, aging cognition, and neuromodulation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews, 26*(7), 809-817.
- Brehmer, Y., Rieckmann, A., Bellander, M., Westerberg, H., Fischer, H., & Bäckman (2011). Neural correlates of training-related working memory gains in old age. *NeuroImage, 58*(4), 1110-1120.
- Brown, S.W. (1997). Attentional resources in timing: Interference effects in concurrent temporal and nontemporal working memory tasks. *Perception and Psychophysics, 59*(7), 1118-1140.
- Burgess, G.C., Gray, J.R., Conway, A.R.A., & Braver, T.S. (2011). Neural mechanism of interference control underlie the relationship between fluid intelligence and working memory span. *Journal of Experimental Psychology, General, 140*(4), 674-692.
- Burin, D.I., & Duarte, A.D. (2005). Efectos del envejecimiento en el ejecutivo central de la memoria de trabajo. *Revista Argentina de Neuropsicología, 6*, 1-11.
- Buschkuhl, M., Jaeggi, S.M., Kobel, A., y Perrig, W.J. (2007). *BrainTwister – A collection of cognitive training tasks*. Berna: Universität Bern.
- Buschkuhl, M., & Jaeggi, S.M. (2010). Improving intelligence: A literature review. *Swiss Medical Weekly, 140*(19-20), 266-272.

- Buschkuehl, M., Jaeggi, S.M., Hutchison, S., Perrig-Chiello, P., Däpp, C., Müller, M., Breil, F., Hoppeler, H., & Perrig, W.J. (2008). Impact of working memory performance in old-adults. *Psychology and Aging*, 23(4), 743-753.
- Cabeza, R., Anderson, N. D., Locantore, J. K. & McIntosh, A. R. (2002) Aging gracefully: Compensatory brain activity in high performing older adults. *Neuroimage*, 17(3), 1394-1402.
- Campbell, K.L., Hasher, L., & Thomas, R.C. (2010). Hyper-Binding: A unique age effect. *Psychological Science*, 21(3), 399-405.
- Campbell, F.A. & Ramey, C.T. (1994). Effects of early intervention on intellectual and academic achievement: A follow-up study of children from low-income families. *Child Development*, 65(2), 684-698.
- Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Cattell, R.B. (1943). The measurement of adult intelligence. *Psychological Bulletin*, 40, 153-193
- Cattell, R.B. (1963). Theory of fluid and crystallized intelligence: A critical experiment. *Journal of Educational Psychology*, 54, 1-22.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: their structure, growth, and action*. Boston: Houghton Mifflin.
- Cattell, R.B. (1980). The heritability of fluid, gf, and crystallized, gc, intelligence, estimated by a least squares use of the mava method. *British Journal of Educational Psychology*, 50(3), 253-265.

- Cattell, R. B. (1987). *Intelligence: Its structure, growth, and action*. Nueva York: Elsevier Science Pub. Co.
- Cattell, R.B. & Cattell, A.K.S. (1973/2001). *Manual test Factor "g". Escalas 2 y 3*. Madrid: Tea Ediciones.
- Cattell, R.B., Schuberger, J.M., Ahern, F.M., & Kameoma, V. (1981). The heritability of fluid and crystallized intelligences: By the mava design and oses analysis. *Australian Journal of Psychology*, 33(3), 355-374.
- Cavanaugh, J.C., & Blanchard-Fields, F (2006). *Adult development and aging*. Belmont, CA: Wadsworth Publishing/Thomson Learning.
- Ceci, S.J., & Williams, W.M. (1997). Scholling, Intelligence, and Income. *American Psychologist*, 52(10), 1051-1058.
- Celnik, P. y Cohen, L.G. (1999). Neuroplasticidad. *Archivos de Neurología, Neurocirugía y Neuropsiquiatría*, 3(1), 38-52
- Charlton, R.A., McIntyre, D.J., Howe, F.A., Morris, R.G., & Markus, H.S. (2007). The relationship between white matter brain metabolites and cognition in normal aging: the GENIE study. *Brain Research*, 1164, 108-116.
- Chein, J. & Morrison, A. (2010). Expanding the mind's workplace: Training and transfer effects with a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(2), 193-199.
- Chiang, M.C., Barysheva, M., Shattuck, D.W., Lee, A.D., Madsen, S.K., Avedissian, C., Klunder, A.D., Toga, A.W., McMachon, K.L., de Zubicaray, G.I., Wright, M.J., Srivastava, A., Balov, N., & Thompson, P.M. (2009). Genetics of brain fibre

- architecture and intellectual performance. *The Journal of Neuroscience*, 29(7), 2212-2224.
- Churchland, P. (2002). *Brain-Wise: Studies in Neurophilosophy*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Cianciolo, A. T., & Sternberg, R. J. (2004). *Intelligence: A brief history*. Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Collette, F., Salmon, E., van der Linden, M., Chicherio, C., Belleville, S., Degueldre, C., Delfiore, G., & Franck, G. (1999). Regional brain activity during tasks devoted to the central executive of working memory. *Cognitive brain research*, 7(3), 411-417.
- Colom, R., Abad, F.J., Rebollo, I., & Shih, P.C. (2005). Memory span and general intelligence: A latent-variable approach. *Intelligence*, 33, 623-642.
- Colom, R., Flores-Mendoza, C. & Rebollo, I. (2003). Working memory and intelligence. *Personality and Individual Differences*, 34, 33-39.
- Colom, R., Font, J.M.L, & Pueyo, A.A. (2003). The generational gains are caused by decreasing variance in the lower half of the distribution: Supporting evidence for the nutrition hypothesis. *Intelligence*, 33, 83-91.
- Colom, R., Jung, R.E., & Haier, R.J. (2006). Finding the g factor in brain structure using the method of correlated vectors. *Intelligence*, 34, 561-570.
- Colom, R., Pueyo, A., & Espinosa, M.J. (1998). Generational IQ gains: Spanish data. *Personality and Individual Differences*, 25(5), 927-935.
- Conrad, R. (1964). Acoustic confusion in immediate memory. *British Journal of Psychology*, 55, 75-84.

- Conrad, R. & Hull, A. J. (1964). Information, acoustic confusion and memory span. *British Journal of Psychology*, *55*, 429-432.
- Conway, A. R. A., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. B. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, *30*(2), 163–183.
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: a reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, *24*(1), 87-114.
- Cowan, N., AuBuchon, A.M., Gilchrist, A.L., Ricker, T.J., & Saults, S. (2011). Age differences in visual working memory capacity: not based on encoding limitations. *Developmental Science*, *14*(5), 1066-1074.
- Cowles, M.P. (1974).  $N = 35$ : A rule of thumb for psychological researchers. *Perceptual and Motor Skills*, *38*, 1135-1138.
- D’Esposito, M., Detre, J.A., Alsop, D.C., Shin, R.K., Atlas, S., & Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, *378*, 279-281.
- Dahlin, E., Neely, A.S., Larsson, A., Bäckman, L., & Nyberg, L. (2008). Transfer of Learning After Updating Training Mediated by the Striatum. *Science*, *320*(5882), 1510-1512.
- Dahlin, E. Nyberg, L., Bäckman, L., & Nelly, A.S. (2008). Plasticity on executive functioning in young and older adults: Immediate training gains, transfer, and long-term maintenance. *Psychology and Aging*, *23*(4), 720-730.

- Daley, T. C., Whaley, S. E., Sigman, M. D., Espinosa, M. P., & Neumann, C. (2003). IQ on the rise: The Flynn Effect in rural Kenyan children. *Psychological Science, 14*(3), 215–219.
- Daneman, M. & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*(4), 450-466.
- Darling, S., Della Sala, S., & Logie, R.H. (2009). Dissociation between appearance and location within visuo-spatial working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 62*(3), 417-425.
- Darling, S., Della Sala, S., Logie, R. H., & Cantagallo, A. (2006). Neuropsychological evidence for separating components of visuo–spatial working memory. *Journal of Neurology, 253*(2), 176-180.
- Davies, G., Tenesa, A., Payton, A., Yang, J., Harris, S.E., Liewald, D., Ke, X., Le Hellard, S., Christoforou, A., Luciano, M., McGhee, K., López, L., Gow, A.J. Corley, J., Redmond, P., Fox, H.C., Haggerty, P., Whalley, L.J., McNeill, G., Goddard, M.E., Espeseth, T., Lundervold, A.J., Reinvang, I., Pickles, A., Steen, V.M., Ollier, W., Porteous, D.J., Horan, M., Starr, J.M., Pendleton, N., Visscher, P.M., & Deary, I.J. (2011). Genome-wide association studies establish that human intelligence is highly heritable and polygenic. *Molecular Psychiatry, 16*(10), 996-1005.
- Deary, I. J., Egan, V., Gibson, G. J., Brand, C. R., Austin, E., & Kellaghan, T. (1996). Intelligence and the differentiation hypothesis. *Intelligence, 23*, 105-132.
- Deary, I.J. & Johnson, W. (2010). Intelligence and education: causal perceptions drive analytic processes and therefore conclusions. *International Journal of Epidemiology, 39*(5), 1362-1369.
- Deary, I.J., Johnson, W., & Houlihan, L.M. (2009). Genetic foundations of human intelligence. *Human Genetics, 216*(1), 215-232.

- Deary, I.J., Strand, S., Smith, P., & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence*, 35(1), 13-21.
- Deary, I.J., Penke, L., & Johnson, W. (2010). The neuroscience of human intelligence differences. *Nature Reviews. Neuroscience*, 11, 201-211.
- Dickens, W.T., & Flynn, J.R. (2001). Heredability estimates versus large environmental effects: The IQ paradox resolved. *Psychological Review*, 108(2), 346-369.
- Díez Porres, L. (2010). Evolución clínica de la demencia avanzada. *Revista clínica española: publicación oficial de la Sociedad Española de Medicina Interna*, 210(7), 359-360.
- Duncan, J., Seitz, R.J., Kolodny, J., Bor, D., Herzog, H., Ahmed, A., Newell, F.N., & Emslie, H. (2000). A neural basis for general intelligence. *Science*, 289(5478), 457-470.
- Elosúa, M.R., Gutierrez, F., García Madruga, J.A., Luque, J.L., & Gárate, M. (1996). Adaptación española del “reading span task de Daneman y Carpenter. *Psicothema*, 8(2), 383-395.
- Engel de Abreu, P.M.J., Conway, A.R.A., & Gathercole, S.E. (2010). Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence*, 38, 552-561.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 19–23.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309-331.
- Eppig, C., Fincher, C.L., & Tornhill, R. (2010). Parasite prevalence and the worldwide distribution of cognitive ability. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, 277(1701), 3801-3808.

- Eppig, C., Fincher, C.L., & Tornhill, R. (2011). Parasites prevalence and the distribution of intelligence among the states of the USA. *Intelligence*, 39(2/3), 155-160.
- Ericsson, K.A., Krampl, R.T., & Testch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.
- Eysenck, H.J. & Eysenck, S.B.G. (1985/1997). *Cuestionario revisado de personalidad de Eysenck. Versiones completa(EPQ-R) y abreviada(EPQ-RS)*. Madrid: Tea Ediciones.
- Falch, T. & Sandgreen, S.M. (2011). The effect of education on cognitive ability. *Economic Inquiry*, 49(3), 838-856.
- Falconer, D. S. & MacKay, T. F. C. (1996). *Introduction to Quantitative Genetics*. Harlow, Essex: Longmans Green.
- Ferrer, E., O'Hare, E. D., & Bunge, S. A. (2009). Fluid reasoning and the developing brain. *Frontiers in Neuroscience*, 3, 46-51.
- Finn, A.S., Sheridan, M.A., Hudson Kam, C.L., Hinshaw, S., & D'Esposito, M. (2010). Longitudinal evidence for functional specialization on the neural circuit supporting working memory in the human brain. *The Journal of Neuroscience*, 30(33), 11062-11067.
- Fiore, F., Borella, E., Mammarella, I.C., & De Beni, R. (2012). Age differences in verbal and visuo-spatial working memory updating: Evidence from analysis of serial position curves. *Memory*, 20(1), 14-27.
- Floyd, R.G., McGrew, K.S., Barry, A., Rafael, F., & Rogers, J. (2009). General and specific effects con Cattell-Horn-Carroll broad ability composites: Analysis of the

- Woodcock-Johnson III normative update Cattell-Horn-Carroll factor clusters across development. *School Psychology Reviews*, 38(2), 246-265.
- Flynn, J. R. (1984). The mean IQ of Americans: Massive gains 1932 to 1978. *Psychological Bulletin*, 95(1), 29-51.
- Flynn, J. R. (1987). Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure. *Psychological Bulletin*, 101(2), 171-191.
- Flynn, J.R. (1994). IQ gains over time. En R. J. Sternberg (Ed.), *Encyclopedia of human intelligence* (pp. 617-623). Nueva York: Macmillan.
- Flynn, J.R. (2007). *What is intelligence? Beyond the Flynn effect*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Flynn, J.R. (2009). Requiem for nutrition as the cause of IQ gains: Raven's gains in Britain 1938-2008. *Economics & Human Biology*, 7(1), 18-27.
- Flynn, J. R., & Rossi-Casé, L. (2011). Modern women match men on Raven's Progressive Matrices. *Personality and Individual Differences*, 50(6), 799-803.
- Fogel, S.M., & Smith, C.T. (2010). The function of the sleep spindle: A physiological index of intelligence and a mechanism for sleep-dependent memory consolidation. *Neuroscience & Behavioral Reviews*, 35(5), 1154-1165.
- Fournet, N., Juphard, A., Monnier, C., & Roulin, J.L. (2003). Phonological similarity in free and serial recall: The effect of increasing retention intervals. *International Journal of Psychology*, 38(6), 384-389.
- Freeman, E (1934). *Individual differences*. Nueva York: Holt.

- Fry, A. F., & Hale, S. (1996). Processing speed, working memory, and fluid intelligence: Evidence for a developmental cascade. *Psychological Science*, 7(4), 237-241.
- Fry, A.F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in childrens. *Biological Psychology*, 54(1-3), 1-34.
- Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U., & Awh, E. (2010). Quantity not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. *Psychonomic Bulletin Review*, 17(5), 673-679.
- Gathercole, S.E. & Alloway, T.P. (2009). *Working memory and learning. A practical guide for teachers*. Londres: Sage Publications Ltd.
- Gardner, H. (1983). *Estructuras de la mente*. Barcelona: Paidós.
- Garlick, D. (2002). Understanding the nature of the general factor of intelligence: The role of individual differences in neural plasticity as an explanatory mechanism. *Psychological Review*, 109, 116-136.
- Gaulin, C. A., & Campbell, T. F. (1994). Procedure for assessing verbal working memory in normal school-age children: Some preliminary data. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 55-64.
- Geake, J.G. & Hansen, P.C. (2005). Neural correlates of intelligence as revealed by fMRI of fluid analogies. *NeuroImage*, 26(2), 555-564.
- Geary, D. C. (2005). *The origin of mind: Evolution of brain, cognition, and general intelligence*. Washington, DC: American Psychological Association.

- Geiger, A., Huber, R., Kurth, S., Ringli, M.A., Jeni, O.G., & Achermann, P. (2011). The sleep EEG as a marker of intellectual ability in school age children. *Sleep*, *34*(2), 181-189.
- Giedd, J.N., Schmitt, J.E., & Neale, M.C. (2007). Structural brain magnetic resonance imaging of pediatric twins. *Human Brain Mapping*, *28*, 474-481.
- Gignac, G.E. (2007). Working memory and fluid intelligence are both identical to g?! Reanalyses and critical evaluation. *Psychology Science*, *49*(3), 187-207.
- Glahn, D.C., Therman, S., Manninen, M., Huttunen, M., Kaprio, J., Lonnqvist, J., Cannon, T.D. (2003) Spatial working memory as an endophenotype for schizophrenia. *Biological Psychiatry*, *53*(7), 624 - 626.
- Gläscher, J., Tranel, D., Lynn, K.P., Rudrauf, D., Rorden, C., Hornaday, A., Grabowski, T., Damasio, H., & Adolphs, R. (2009). Lesion mapping of cognitive abilities linked to intelligence. *Neuron*, *61*(5), 681-691.
- Gosso, M.F., de Geus, E.J.C., Polderman, T.J.C., Boomsma, D.I., Heutink, P., & Posthuma, D. (2008). Catechol O-methyl transferase and dopamine D2 receptor gene polymorphisms: evidence of positive heterosis and gene–gene interaction on working memory functioning. *European Journal of Human Genetics*, *16*, 1075-1082.
- Gottfredson, L.S. (1997). Why g matters: The complexity of everyday life. *Intelligence*, *24*(1), 79-132.
- Gottfredson, L.S.(2002). Where and why g matters: Not a mystery. *Human Performance*, *15*(1-2), 25–46.
- Gould, S.J. (1981). *The Mismeasure of Man*. Nueva York: W. W. Norton.

- Gray, J.R., Chabris, C.F., & Braver, T.S. (2003). Neural mechanism of general fluid intelligence. *Nature Neuroscience*, 6(3), 316-322.
- Guilford, J.P. (1967). *The nature of human intelligence*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Guilford, J.P. (1981). Higher-order-structure-of-intellect abilities. *Multivariate Behavioral Research*, 16, 411-435.
- Gunning-Dixon, F.M. & Raz, N. (2000). The cognitive correlates of white matter abnormalities in normal aging: a quantitative review. *Neuropsychology*, 14(2), 224-232.
- Gustafsson, J.E. (1984). A unifying model for the structure of intellectual abilities. *Intelligence*, 8, 179-203.
- Hale, S., Rose, N.S., Myerson, J., Strube, M.J., Sommers, M., Tye-Murray, & Spehar, B. (2011). The structure of working memory abilities across the adult life span. *Psychology and aging*, 26(1), 92-110.
- Hanson, N.D., Nemeroff, C.B., & Owens, M.J. (2011). Lithium, but Not Fluoxetine or the Corticotropin-Releasing Factor Receptor 1 Receptor Antagonist R121919, Increases Cell Proliferation in the Adult Dentate Gyrus. *The Journal of Pharmacology*, 337(1), 180-186.
- Haier, R. J., Jung, R. E., Yeo, R. A., Head, K., & Alkire, M. T. (2004). Structural brain variation and general intelligence. *NeuroImage*, 23(1), 425-433.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Nuechterlein, K. H., Hazlett, E., Wu, J. C., Paek, J., Browning, H.L., & Buchsbaum, M. S. (1988). Cortical glucose metabolic rate correlates of abstract reasoning and attention studied with positron emission

- tomography. *Intelligence*, 12(2), 199-217.
- Haier, R. J., Siegel, B. V., Tang, C., Abel, L., & Buchsbaum, M. S. (1992). Intelligence and changes in regional cerebral glucose metabolic rate following learning. *Intelligence*, 16(3-4), 415-426.
- Haines, D. (2003). *Principios de neurociencias*. Barcelona: Elsevier.
- Halford, G.S., Cowan, N., y Andrews, G. (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: a new hypothesis. *Trends in Cognitive Science*, 11(6), 236–242.
- Hamamé, C.M., Vidal, J.R., Osadón, T., Jerbi, K., Dalal, S.S., Minotti, L., Bertrand, O., Kahane, P., & Lachaux, J.P. (2012). Reading the mind's eye: Online detection of visuo-spatial working memory and visual imaginery in the inferior temporal lobe. *NeuroImage*, 59(1), 872-879.
- Hamel, R., & Schmittmann, V. D. (2006). The 20-minute version as a predictor of the Raven Advanced Progressive Matrices Test. *Educational and Psychological Measurement*, 66(6), 1039-1046.
- Harness, A., Jacot, L., Scherf, S., White, A., & Warnick, J.E. (2008). Sex differences in working memory. *Psychological Reports*, 103(1), 214-218.
- Härnqvist, K. (1968). Relative changes in intelligence from 13 to 18. *Scandinavian Journal of Psychology*, 9(1), 65-82.
- Harris, B. (1994). Health, Height, and History: An Overview of Recent Developments in Anthropometric History. *Social History of Medicine*, 7(2), 297-320.
- Hasher, L., Zacks, R., & May, C. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. En G. Daniel & Koriat, A. (Eds.), *Attention and Performance: Interaction of theory and application* (pp.: 653-675). Cambridge, MA: The MIT press.

- Hecker, R., & Mapperson, B. (1997). Dissociation of visual and spatial processing in working memory. *Neuropsychologia*, 35(5), 599-603.
- Herrnstein, R.J., & Murray, C. (1994). *The bell curve: Intelligence and class structure in American life*. Nueva York: Free Press.
- Holmes, J., Gathercole, S.E., y Dunning D.L. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), 9-15.
- Holmes, J., Gathercole, S.E., & Dunning, D.E. (2009). Adaptive training leads to sustained enhancement of poor working memory in children. *Developmental Science*, 12(4), 9-15.
- Holmes, J., Gathercole, S.E., Place, M., Dunning, D.L., Hilton, K.A., & Elliott, J.G. (2010). Working memory deficits can be overcome: Impacts of training and medication on working memory in children with ADHD. *Applied Cognitive Psychology*, 24(6), 827-836.
- Horn, J. L. (1972a). State, trait and change in dimensions of intelligence. *British Journal of Educational Psychology*, 42, 159-186.
- Horn, J.L. (1972b). The structure of intellect: Primary Abilities, En R.M. Dreger(Ed.), *Multivariate personality research*, (pp. 451-511). Baton Rouge, L.A.: Claitor's Publishing Company.
- Horn, J. L., & Cattell, R. B. (1966). Refinement and test of the theory of fluid and crystallized general intelligences. *Journal of Educational Psychology*, 57, 253-270.

- Horn, J.L., & Cattell, R.B. (1967). Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychologica*, 26, 107-129.
- Hornblum, J.N. & Overton, W.F. (1976). Area and volume conservation among the elderly: Assessment and training. *Developmental Psychology*, 12, 68-74.
- Hossiep, R., Turck, D., y Hasella, M.(1999). Bochumer Matrizentest. BOMAT-advanced-short version. Gotinga: Hogrefe.
- Hulme, C., Roodenrys, S. Brown, G., & Mercer, R. (1995). The role of long-term memory mechanisms in memory span. *British Journal of Psychology*, 86(4), 527-536.
- Hulme, C. & Mackenzie, S. (1992). *Working memory and severe learning difficulties. Essays in cognitive psychology*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Hulshoff Pol, H. E., Schnack, H. G., Posthuma, D., Mandl, R. C., Baare, W. F., van Oel, C., van Haren, N. E., Collins, L., Evans, A. C., Amunts, K., Burgel, U., Zilles, K., de Geus, E. J., Boomsma, D. I., Kahn, R.S.(2006). Genetic contributions to human brain morphology and intelligence. *Journal of Neuroscience*, 26(40), 10235-10242.
- Hunt, E. (2011). *Human Intelligence*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Hunt, E., & Carlson, J. (2007). Considerations relating to the study of group differences in intelligence. *Perspectives on Psychological Science*, 2, 194–213.
- Hunt, E. & Wittmann, W. (2008). National intelligence and national prosperity. *Intelligence*, 36(1), 1-9
- Husen, T. (1951). The influence of schooling upon IQ. *Theoria*, 17, 61-88.

- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*, 6829-6833. doi:10.1073/pnas.0801268105
- Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Jonides, J. & Shah, P. (2011). Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of National Academy of Sciences, 10*(1073), 1181-1186.
- Jaeggi, S. M., Studer-Luethi, B., Buschkuhl, M., Su, Y., Jonides, J., & Perrig, W. J. (2010). The relationship between n-back performance and matrix reasoning -- implications for training and transfer. *Intelligence, 38*(6), 625-635.
- Jalbert, A., Neath, I., Bireta, T. J., Surprenant, A. M. (2011). When does length cause the word length effect? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 37*(2), 338-353
- Jalbert, A., Neath, I., & Surprenant, A.M. (2011). Does the length or the neighborhood size cause the word length effect? *Memory & Cognition, 39*(7), 1198-1210.
- Janicki; M.P., & Dalton, A.J. (2000). Prevalence of Dementia and Impact on Intellectual Disability Services. *Mental Retardation, 38*(3), 276-288.
- Jantz, R.L., & Meadows Jantz, L. (2000). Secular change in craniofacial morphology. *American Journal of Human Biology, 12*(3), 327-338.
- Jeneson, A., Mauldin, K.N., & Squire, L.R.(2010). Intact Working Memory for Relational Information after Medial Temporal Lobe Damage. *Journal of Neuroscience, 30*, 13624-13629.

- Jensen, A. R. (1969). How much can we boost I.Q. and scholastic achievement? *Harvard Educational Review*, 33, 1-123
- Jensen, A. R. (1972). *Genetics and education*. NuevaYork: Harper&Row.
- Jensen, A. R. (1980). *Bias in Mental Testing*. NuevaYork: Free Press.
- Jensen, A.R. (1981). Raising the IQ: The Ramey and Haskins study. *Intelligence*, 5(1), 29–40.
- Jensen, A. R. (1991). Speed of cognitive processes: A chronometric anchor for psychometric tests of g. *Psychological Test Bulletin*, 4(2), 59–70.
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*. Westport, CT: Praeger
- Jin, K., Wang, X., Xie, L., Mao, X.O., Zhu, W., Wang, Y., Shen, J., Mao, Y., Banwait, S., & Greenberg, D. A. (2006). Evidence for stroke-induced neurogenesis in the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(35), 13198-13202.
- Jonides, J., Lewis, R.L., Nee, D.E., Lustig, C.A., Berman, M.G., & Moore, K.S. (2008). The mind and the brain of short-term memory. *Annual Review of Psychology*, 59, 193-224.
- Julius, E.H. (1994). *Matemáticas Rápidas*. Bogotá: Norma.
- Jung, R.E., Gasparovic, C., Chavez, R.S., Caprihan, A., Barrow, R., & Yeo, R.A.(2009). Imaging intelligence with proton magnetic resonance spectroscopy. *Intelligence*, 37, 192-198.

- Jurden, F. H. (1995). Individual differences in working memory and complex cognition. *Journal of Educational Psychology, 87*(1), 93-100.
- Kanazawa, S. (2008). Temperature and evolutionary novelty as forces behind the evolution of general intelligence. *Intelligence, 36*(2), 99 –108.
- Kane, M.J., Bleckley, M.K., Conway, A.R.A., & Engle, R.W. (2001). A controlled-attention view of WM capacity. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*(2), 169-183.
- Kane, M.J., Conway, A.R.A., & Hambrick, D.Z. (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: comments on Ackerman, Beier and Boyle(2005). *Psychological Bulletin, 131*(1), 66-71.
- Kane, M.J. & Engle, R.W. (2000). Working-memory capacity, Proactive Interference, and Divided Attention: Limits on Long-Therm Memory Retrieval. *Journal of Experimental Psychology, 26*(2), 336-358.
- Kane, M.J. & Engle, R.W. (2002). The role of prefrontal cortex in working-memory capacity, executive attention, and general fluid intelligence: An individual-differences perspective. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*(4), 637-671.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology, General, 133*(2), 189-217.
- Karlsgodt, K.H., Kochunov, P., Winkler, A.M., Laird, A.R., Almasy, L., Duggirala, R., Olvera, R.L., Fox, P.T., Blangero, J., Glahn, D. (2010). A multimodal assessment of

- the genetic control over working memory. *The Journal of Neuroscience*, 30(24), 8197-8202.
- Kaufman, A.S., Kaufman-Packer, J.L., Mc Lean, J.E., & Reynolds, C.R. (1991). Is the pattern of intellectual growth and decline across the adult life span different for men and women? *Journal of Clinical Psychology*, 47, 802-812.
- Keith, T. Z., & Reynolds, M. R. (2010). Cattell-Horn-Carroll Abilities and Cognitive tests: What we've learned from 20 years of research. *Psychology in the Schools*, 47(7), 635-650.
- Klauer, K.C., & Zhao, Z. (2004). Double dissociations in visual and spatial short-term memory. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(3), 355-381.
- Klauer, K. J., & Phye, G. (1994). *Cognitive training for children: A developmental program of inductive reasoning and problem solving*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Klauer, K.J., Willmes, K. & Phye, G.D. (2002). Inducing Inductive Reasoning: Does it transfer to Fluid Intelligence? *Contemporary Educational Psychology*, 27, 1-25.
- Klauer, K.J. & Phye, G.D. (2008). Inductive Reasoning: A Training Approach. *Review of Educational Research*, 78(1), 85-123.
- Klingberg T., Fernell, E., Olesen, P.J., Johnson, M., Gustafsson, P., Dahlstrom, K., Gillberg, C.G., Forssberg, H., y Westerberg, H.(2005). Computerized training of working memory in children with ADHD – a randomized, controlled trial. *Journal of American Academy of Child Adolescent Psychiatry*, 44(2), 177–186.
- Klingberg T., Forssberg H., y Westerberg H. (2002). Training of working memory in children with ADHD. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, 24(6), 781-791.

- Kramer, A.F. & Willis, S.L. (2002). Enhancing the cognitive vitality of older adults. *Currents Directions in Psychological Science*, *11*, 173–177.
- Kyllonen, P. C. (2002). *g*: Knowledge, speed, strategies, or working memory capacity? A systems perspective. In R. J. Sternberg, & E. L. Gigorenko (Eds.), *The general factor of intelligence: How general is it?* (pp. 415–445). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?!. *Intelligence*, *14*, 389–433.
- Langer, N., Pedroni, A., Gianotti, L.R.R., Hänggi, J., Knoch, D., & Jäncke, L. (2011). Functional brain network efficiency predicts intelligence. *Human Brain Mapping*, doi: 10.1002/hbm.21297
- LeDoux, J. (2002). *The Synaptic Self: How Our Brains Become Who We Are*. Nueva York: Viking Penguin.
- Lee, K.H., Choi, Y.Y., Gray, J.R., Cho, S.H., Chae, J.H., Lee, S., & Kim, K. (2006). Neural correlates of superior intelligence: stronger recruitment of posterior parietal cortex. *Neuroimage*, *29*(2), 578-586.
- Lee, I. & Kessner, R. P. (2002) Differential contribution of NMDA receptors in hippocampal subregions to spatial working memory. *Nature Neuroscience*, *5*, 162–168.
- Lee, J., Lyoo, I., Kim, S., Jang, H., & Lee, D. (2005). Intellect declines in healthy elderly subjects and cerebellum. *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, *59*, 45-51.
- Legg, S. & Hutter, M. (2007). Universal Intelligence: A definition of machine intelligence. *Minds & Machines*, *17*(4), 391-444.

- Lewandowsky, S., & Oberauer, K. (2008). The word-length effect provides no evidence for decay in short-term memory. *Psychonomic bulletin and review*, *15*(5), 875-888.
- Lewandowsky, S., & Oberauer, K. (2009). No evidence for temporal decay in working memory. *Journal of experimental psychology: Learning, memory, and cognition*, *35*(6), 1545-1551.
- Li, Y., Liu, Y., Li, Y., Qin, W., Li, K., Yu, C., & Jiang, T. (2009). Brain Anatomical Network and Intelligence. *PLoS Computational Biology*, e1000395.  
doi:10.1371/journal.pcbi.1000395
- Llinás, R. (2001). *I of the Vortex. From Neurons to Brain*. Cambridge: MIT Press.
- Logie, R. H. (1995). *Visuo-spatial Working Memory*. Hove, Sussex: Lawrence Erlbaum.
- Logie, R. H. (2003) Spatial and visual working memory: a mental workspace. En: Irwin D.E., Ross B.H. (Eds.) *The Psychology of Learning And Motivation* (volume 42): Cognitive Vision. (pp. 37-78). Nueva York: Academic Pres.
- Logie, R. H., & Marchetti, C. (1991). Visuo-spatial working memory: visual, spatial or central executive? En R.H. Logie & M. Denis, (Eds.) *Mental Images in Human Cognition* (pp. 105-115). Amsterdam: Elsevier.
- Loosli, S.V., Buschkuehl, M., Perrig, W.J., & Jaeggi, S.M. (2012). Working memory training improves reading processes in typically developing children. *Child Neuropsychology*, *18*(1), 62-78.
- Lynn, R. (1982). IQ in Japan and the United States shows a growing disparity. *Nature*, *297*, 222-223.
- Lynn, R. (1991). Race differences in intelligence: a global perspective. *Mankind Quarterly*, *31*, 255-296.

- Lynn, R. (2006). *Race Differences in Intelligence. An Evolutionary Style*. Augusta, GA: A National Policy Institute Book.
- Lynn, R. (2009a). Fluid intelligence but not vocabulary has increased in Britain, 1979–2008. *Intelligence*, 37, 249–255.
- Lynn, R. (2009b). What has caused the Flynn effect? Secular increases in the development quotients of infants. *Intelligence*, 37, 16-24.
- Lynn, R., & Hampson, S. (1986). The rise of national intelligence. Evidence from Britain, Japan and the United States. *Personality and Individual Differences*, 7, 23–32.
- Lynn, R., & Vanhanen, T. (2002). *IQ and the wealth of nations*. Westport, CT: Praeger.
- Lynn, R. & Vanhanen, T. (2006). *IQ and global inequality*. Augusta, GA: Washington Summit.
- Mackintosh, N.J. (2007). Book review - Race differences in intelligence: An evolutionary hypothesis. *Intelligence*, 35(1), 94-96.
- Marks, D.F. (2010). IQ variations across time, race, and nationality: and artifact of differences in literacy skills. *Psychological Reports*, 106(3), 643-664.
- Marois, R., & Ivanoff, J. (2005). Capacity limits of information processing in the brain. *TRENDS in cognitive science*, 9(6), 296-305.
- Martínez, K., Burgaleta, M., Román, F.J., Escorial, S., Shih, P.C., Quiroga, M.A., Colom, R. (2011). Can fluid intelligence be reduced to “simple” short-term storage? *Intelligence*, 39(6), 473-480.
- Massoura, E.V. & Gathercole, S.E. (1999). Phonological Short term memory and foreign Language learning. *International Journal of Psychology*, 34(5-6), 383-388.

- McCabe, D.P., Roediger, H.L., McDaniel, M.A., Balota, D.A., & Hambrick, D.Z. (2010). The Relationship Between Working Memory Capacity and Executive Functioning: Evidence for a Common Executive Attention Construct. *Neuropsychology, 24*(2), 222-243.
- McCarney, R., Warner, J., Iliffe, S., van Haselen, R., Griffin, M., & Fisher, P. (2007). The Hawthorne Effect: a randomized, control trial. *BMC Medical Research Methodology, 7*: 30.
- McDaniel, M.A. (2004). Big-brained people are smarter: A meta-analysis of the relationship between in vivo brain volume and intelligence. *Intelligence, 33*, 337-346.
- McGrew, K.S. (2009). CHC theory and the human cognitive abilities project: Standing on the shoulders of the gigants of psychometric intelligence research. *Intelligence, 37*, 1-10.
- McNab, F., Varrone, A., Farde, L., Jucaite, A., Bystritsky, P., Forsberg, H., & Klingberg, T. (2009). Changes in cortical dopamine D1 receptor binding associated with cognitive training. *Science, 323*(5915), 800-880
- Meisenberg, G., Lawless, E., Lambert, E., & Newton, A. (2005). The Flynn effect in the Caribbean: Generational change in test performance in Dominica. *Mankind Quarterly, 46*(1), 29-70.
- Micheloyannis, S., Pachou, E., Stam, C.J., Vourkas, M., Erimaki, S., & Tsirka, V. (2006). Using graph theoretical analysis of multi channel EEG to evaluate the neural efficiency hypothesis. *Neuroscience Letters, 402*(3), 273-277.
- Mingroni, M.A. (2004). The secular rise in IQ: Giving heterosis a closer look. *Intelligence, 32*(1), 65-83.

- Mingroni, M. A. (2007). Resolving the IQ paradox: Heterosis as a cause of the Flynn effect and other trends. *Psychological Review*, *114*(3), 806-829.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, J. A., Shah, P., & Hegarty, P. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *140*, 621-640
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). Toward unified theories of working memory. Emerging general consensus, unresolved theoretical issues, and future research directions. En A. Miyake and P. Shah (Eds.), *Models of working memory. Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 442-481). Nueva York, NY: Cambridge University Press.
- Mody, D.E. (2009). Can intelligence be increased by training on a task of working memory? *Intelligence*, *37*(4), 327-328.
- Mogle, J.A., Lovett, B.J., Stawski, R.S., & Sliwinski, M.J. (2008). What's so special about working memory? *Psychological Science*, *19*(11), 1071-1077.
- Morgan, J.E. & Ricker, J.H. (2008). *Textbook of Clinical Neuropsychology*. Nueva York: Psychology Press.
- Morris, R.G. & Baddeley, A.D. (1988). Primary and working memory functioning in Alzheimer-type dementia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, *10*(2), 279-296.
- Nagel, I.E., Preuchhof, C., Li, S.C., Nyberg, L., Bäachman, L., Lindenberger, U., & Heekeren, H.R.(2009). Performance level modulates adult age differences in brain activation during spatial working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *106*(52), 22552-22557.

- Nairne, J.S. (2002). Remembering over the short-term: The case against the standard model. *Annual Review of Psychology, 53*, 53-81.
- Narr, K.L., Woods, R.P., Thompson, P.M., Szeszko, P., Robinson, D., Dima, D., Gurbani, M., Toga, A.W., & Bilder, R.M. (2007). Relationships between IQ and Regional Cortical Gray Matter Thickness in Healthy Adults. *Cerebral Cortex, 17*(9), 2163-2171.
- Neisser, U., Boodoo, G., Bouchard, T. J., Boykin, A. W., Brody, N., Ceci, S. J., Halpern, D. F., Loehlin, J. C., Perloff, R., Sternberg, R. J., & Urbina, S. (1996). Intelligence: Knowns and unknowns. *American Psychologist, 51*, 77-101.
- Neubauer, A. C., & Fink, A. (2003). Fluid intelligence and neural efficiency: Effects of task complexity and sex. *Personality and Individual Differences, 35*, 811-827.
- Neubauer, A. C., & Fink, A. (2009). Intelligence and neural efficiency: Measures of brain activation versus measures of functional connectivity in the brain. *Intelligence, 37* (2), 223-229.
- Neves, G., Cooke, S.F. & Bliss, T.V. (2008). Synaptic plasticity, memory and the hippocampus: A neural network approach to causality. *Nature Reviews Neuroscience, 9*(1), 65-75.
- Nisbett, R.E. (2005). Heredity, environment, and race differences in IQ. A Commentary on Rushton and Jensen (2005). *Psychology, Public Policy, and Law, 11*(2), 302-310.
- Nisbett, R. E., Aronson, J., Blair, C., Dickens, W., Flynn, J., Halpern, D. F., & Turkheimer, E. (2012). Intelligence: New Findings and Theoretical Developments. *American Psychologist*, doi: 10.1037/a0026699.

- Oberauer, K., Farrell, S., Jarrold, C., Pasiecznik, K., & Greaves, M. (2011). Interference between maintenance and processing in working memory: The effect of item–distractor similarity in complex span. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, doi:10.1037/a0026337.
- Oberauer, K., Suß, H.M., Schulze, R., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity—facets of a cognitive ability construct. *Personality and Individual Differences*, 29, 1017-1045.
- Olesen, P. J., Westerberg, H., & Klingberg, T. (2004). Increased prefrontal and parietal activity after training of working memory. *Nature Neuroscience*, 7(1), 75–79.
- Organización Mundial de la Salud (2001). Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud:CIF. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, IMSERSO.
- Orne, M. T. (1962). On the social psychology of the psychological experiment: with particular reference to demand characteristics and their implications. *American Psychologist*, 17, 776-783.
- Osaka, N., Osaka, M., Kondo, H., Morishita, M., Fukuyama, H., & Shibasaki, H. (2004). The neural basis of executive function in working memory: a fMRI study based on individual differences. *Neuroimage*, 21, 623-631.
- Parkin, A.J. (1998). The central executive does not exist. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 4, 518-522.
- Paulesu, E., Frith, C. D. & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 362, 342-345.

Peper, J. S., Brouwer, R. M., Boomsma, D. I., Kahn, R. S., & Hulshoff Pol, H. E. (2007).

Genetic influences on human brain structure: a review of brain imaging studies in twins. *Human Brain Mapping*, 28(6), 464-473.

Persson, J., & Reuter-Lorenz, P.A. (2008). Gaining control: training executive function and far transfer of the ability to resolve interference. *Psychological Science*, 19(9), 881-888.

Pfefferbaum, A., Mathalon, D.H., Sullivan, E.V., Rawles, J.M., Zipursky, R.B., & Lim, K.O. (1994). A quantitative magnetic resonance imaging study of changes in brain morphology from infancy to late adulthood. *Archives of Neurology*, 6, 874–887.

Piekema, C., Kessels, R.P.C., Mars, R.B., Petersson, K.M., & Fernández, G. (2006). The right hippocampus participates in short-term memory maintenance of object–location associations. *NeuroImage*, 33(1), 373-382.

Pinker, S. (1997). *How the minds works*. Londres: Penguin Books.

Plemons, J.K., Willis, S.L. & Baltes, P.B. (1978). Modificability of Fluid Intelligence in Aging: A Short-Term Longitudinal Training Approach. *Journal of Gerontology*, 33(2), 224-231.

Posthuma D., De Geus E. J., Baare W. F., Hulshoff Pol H. E., Kahn R. S. & Boomsma D. I. The association between brain volume and intelligence is of genetic origin. *Natural Neuroscience*, 5(12) , 83-84.

Prabhakaran, V., Smith, J.A., Desmond, J.E., Glover, G.H., & Gabrieli, J.D. (1997). Neural substrates of fluid reasoning: An fMRI study of neocortical activation during performance of the Raven's Progressive Matrices Test. *Cognitive Psychology*, 33(1), 43- 63.

- Putnam, H. W. (1988). *Representation and Reality*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Rae, C., Digney, A.L., McEwan, S.R., & Bates, T.C. (2003). Oral creatine monohydrate supplementation improves brain performance: a double-blind, placebo-controlled, cross-over trial. *Proceedings of the Royal Society, Biological Sciences*, 270(1529), 2147–2150.
- Raven, J. (2000). The Raven's Progressive Matrices: Change and Stability over Culture and Time. *Cognitive Psychology*, 41, 1-48.
- Raven, J.C., Court, J.H., & Raven, J. (1976/1999). *Test de Matrices Progresivas. Escala Avanzada*. Buenos Aires: Paidós.
- Raz, N., Lindenberger, U., Ghisletta, P., Rodrigue, K.M., Kennedy, K.M., & Acker, J.D. (2007). Neuroanatomical correlates of fluid intelligence in healthy adults and persons with vascular risk factors. *Cerebral Cortex*, 18(3), 718-726.
- Reuben, A., Brickman, A.M., Muraskin, J., Steffener, J., & Stern, Y. (2011). Hippocampal Atrophy Relates to Fluid Intelligence Decline in the Elderly. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17, 56-61.
- Richmond, L.L., Morrison, A.B., Chein, J.M., & Olson, I.R. (2011). Working memory training and transfer in older adults. *Psychology and Aging*, doi: 10.1037/a002363.
- Rohde, T.E., & Thompson, L.A. (2007). Predicting academic achievement with cognitive ability. *Intelligence*, 35(1), 83-92.
- Romero, L., Walsh, V., & Papagno, C. (2006). The Neural Correlates of Phonological Short-term Memory: A Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation Study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(7), 1147-1155.

Rönnlund, M. & Nilson, L.G. (2009). Flynn effects on sub-factors of episodic and semantic memory: Parallels gain over time and the same set of determining factors.

*Neuropsychologia*, 47(11), 2174-2180.

Rosen, V.M., & Engle, R.W. (1997). Forward and backward serial recall. *Intelligence*, 25(1), 37-47.

Rossi-Casé, L., Neer, R., & Lopetegui, S. (2002). Test de matrices progresivas de Raven: construcción de baremos y constatación del efecto Flynn. *Orientación y Sociedad*, 3, 181-187.

Rosnow, R.L.(2002). The nature and role of demand characteristics in scientific inquiry. *Prevention & Treatment*, 5(1), 37.

Rudner, M., Fransson, P., Ingvar, M., Nyberg, L., & Rönnerberg, J. (2007). Neural representation of binding lexical signs and words in the episodic buffer of working memory. *Neuropsychologia*, 45(10), 2258-2276.

Rushton, J.P. (1999). Secular gains in IQ are not related to the *g* factor and inbreeding depression-unlike black-white differences: A reply to Flynn. *Personality and Individual Differences*, 26, 381-389.

Rushton, J. P., & Ankney, C. D. (2009). Whole Brain Size and General Mental Ability: A Review. *International Journal of Neuroscience*, 119(5), 692-732.

Rushton, J.P., & Jensen, A.R. (2010a). Race and IQ: A Theory-Based Review of the Research in Richard Nisbett's *Intelligence and How to Get it*. *The Open Psychology Journal*, 3, 9-35.

- Rushton, J.P., & Jensen, A.R. (2010b). The rise and the fall of the Flynn Effect as a reason to expect narrowing of the Black-White IQ gap. *Intelligence*, 38, 213-219.
- Salarirard, S., Staff, R.T., Fox, H.C., Deary, I.J., Whalley, L., & Murray, A.D. (2011). Childhood intelligence and brain white matter hyperintensities predict fluid intelligence age 78–81 years: a 1921 Aberdeen birth cohort study. *Age Ageing*, 40(5), 562-567.
- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental Psychology*, 27(5), 763-776.
- Salthouse, T.A. & Pink, J.E. (2008). Why working memory is related to fluid intelligence. *Psychonomic Bulletin Review*, 15(2), 364-371.
- Schellenberg E.G.(2004). Music lessons enhance IQ. *Psychological Science*, 15(8), 511–514.
- Schmidt, W.H.O. (1967). Socioeconomic status, schooling, intelligence, and scholastic progress in a community in which education is not compulsory. *Pedagogica Europaea*, 2, 275-286.
- Schmithorst, V.J., & Holland, S.K. (2006). Functional MRI evidence for disparate developmental processes underlying intelligence in boys and girls. *NeuroImage*, 31(3), 1366-1379.
- Schmithorst, V.J., Wilke, M., Dardzinski, B.J., & Holland, S.J. (2005). Cognitive function correlate with white matter architecture in a normal pediatric population: a diffusion tensor mr imaging study. *Human Brain Mapping*, 26(2), 139-147.

- Schneiders, J.A., Opitz, B., Krick, C.M., & Mecklinger, A. (2011). Separating Intra-Modal and Across-Modal Training Effects in Visual Working Memory: An fMRI Investigation. *Cerebral Cortex*, *21*(11), 2555-2564.
- Schönemann, P.H. (2005). Psychometrics of Intelligence. *Encyclopedia of Social Measurement*, *3*, 193-201.
- Schweppe, J., Grice, M., & Rummer, R. (2011). What models of working memory can learn from phonological theory: Decomposing the phonological similarity effect. *Journal of Memory and Language*, *64*(3), 256-269.
- Shelton, J.T., Elliot, E.M., Matthews, R.A., Hill, B.D., & Gouvier, W.D. (2010). The relationships of working memory, secondary memory, and general fluid intelligence: working memory is special. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition*, *36*(3), 813-820.
- Sherman, M., & Key, C. (1932). The intelligence of isolated mount a in children. *Child Development*, *3*, 279 - 290 .
- Shipstead, Z., Redick, T.S., & Engle, R.W. (2010). Does working memory training generalize? *Psychologica Belgica*, *50*(3-4), 245-276.
- Shogren, K.A., & Turnbull, H.R. (2010). Public Policy and Outcomes for Persons With Intellectual Disability: Extending and Expanding the Public Policy Framework of AAIDD's 11th Edition of *Intellectual Disability: Definition, Classification, and Systems of Support*. *Intellectual and Developmental Disabilities*, *48*(5), 375-386
- Silva, C., Faisca, L., Ingvar, M., Petersson, K.M., & Reis, A. (2012). Literacy: Exploring working memory systems. *Journal of Clinical Experimental Neuropsychology*, doi:10.1080/13803395.2011.64501.

- Smart, J.J.C. (1959). Sensations and Brain Processes. *Philosophical Review*, 68(2), 141-156.
- Smith, E.E., Jonides, J., & Koeppel, R.A. (1996). Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 6(1), 11-20.
- Smyth, M.M. & Pendleton, L.R. (1990). Space and movement in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human experimental psychology*, 42(2), 291-304.
- Spearman, C. (1904). "General intelligence," objectively determined and measured. *American Journal of Psychology*, 15, 201-293.
- Spearman, C. (1923). *The nature of 'intelligence' and the principles of cognition*. London: Macmillan.
- Spelke, E. S. (1988). Where perceiving ends and thinking begins: The apprehension of objects in infancy. En A. Yonas (Ed.), *Perceptual development in infancy* (pp. 197–234). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Spinath, F.M., Angelica, R., Nicole, H., Thomas, P.S., & Plomin, R. (2003). Phenotypic “g” early in life: On the ethiology of general cognitive ability in a large population sample of twin children aged 2-4 years. *Intelligence*, 31(2), 195-210.
- Stauffer, J. M., Ree, M. J., & Carretta, T. R. (1996). Cognitive-components tests are not much more than g: An extension of Kyllonen’s analyses. *The Journal of General Psychology*, 123(3), 193–205.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyon IQ. A triarchic theory of human intelligence*. Nueva York: Cambrigde University Press.
- Sternberg, R.J. (1990). *Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence*. Nueva York: Cambridge University Press.

- Sternberg, R. J. (2008). Increasing fluid intelligence is possible after all. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(19), 6791-6792.
- Stine-Morrow, E.A., Parisi, J.M., Morrow, D.G., & Park, D.C. (2008). The effects of an engaged lifestyle on cognitive vitality: a field experiment. *Psychology and Aging*, *23*(4), 778-786.
- Sundet, J.M., Barlaug, D.G., & Torjussen, T.M. (2004). The end of the Flynn effect? A study of secular trends in mean intelligence test scores of Norwegian conscripts during half a century. *Intelligence*, *32*, 349 – 362.
- Sundet, J.M., Eriksen, W., Borren, I. & Tambs, K. (2010). The Flynn effect in sibships: Investigating the role of age differences between siblings. *Intelligence*, *38*, 38-44.
- Takeuchi, H., Sekiguchi, A., Taki, Y., Yokoyama, S., Yomogida, Y., Komuro, N., Yamanouchi, T., Suzuki, S., & Kawashima, R. (2010). Training on working memory impacts structural connectivity. *The Journal of Neuroscience*, *30*(9), 3297-3303.
- te Nijenhuis, J., van Vianen, A.E.M., & van der Flier, H. (2007). Score gains on g-loaded tests: No g. *Intelligence*, *35*, 283-300.
- Teasdale, T.W., & Owen, D.R. (2005). A long-term rise and recent decline in intelligence test performance: The Flynn Effect in reverse. *Personality and Individual Differences*, *39*, 837-843.
- Teasdale, T.W., & Owen, D.R. (2008). Secular declines in cognitive test scores: A reversal of the Flynn Effect. *Intelligence*, *36*, 121-126.
- Temper, D.I., & Arikawa, H. (2004). Temperature, skin color, per capita income, and IQ: An international perspective. *Intelligence*, *34*, 121-139.
- Theodore, R.T., Thompson, J.M.D., Waldie, K.E., Wall, C., Becroft, D.M.O., Robinson, E., Wild, C.J., Clark, P.M., & Mitchell, E.A. (2009). Dietary patterns and intelligence in early and middle childhood. *Intelligence*, *37*(5), 503-513.

- Thomason, M.E., Race, E., Burrows, B., Whitfield-Gabrieli, S., Glover, G.H., & Gabrieli, J.D.E. (2009). Development of spatial and verbal working memory capacity in the human brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*(2), 316-332.
- Thorell, L.B., Lindqvist, S., Bergman Nutley, S., Bohlin G, y Klingberg T. (2009). Training and transfer effects of executive functions in preschool children. *Developmental Science*, *12*(1), 106–113.
- Thorndike, E.L., Bergman, E.O., Cobb, M.V., & Woodyard, E. (1926). *The Measurement of Intelligence*. Nueva York: Teachers Press College.
- Thurstone, L.L.(1921). Intelligence and Its Measurement. *Journal of Educational Psychology*, *16*, 201-207.
- Thurstone, L. L. (1924). *The nature of intelligence*. Nueva York: Harcourt Brace.
- Tranter, L.J., y Koutstaal, W. (2008). Age and flexible thinking: an experimental demonstration of the beneficial effects of increased cognitively stimulating activity on fluid intelligence in healthy older adults. *Neuropsychology, Development and Cognition, Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, *15*(2), 184-207.
- Tucker-Drob, E. M. (2009). Differentiation of cognitive abilities across the life span. *Developmental Psychology*, *45*, 1097-1118.
- Tucker-Drob, E.M., Rhemtulla, M., Harden, K.P., Turkheimer, E., Fask, D. (2010). Emergence of a Gene x Socioeconomic Status Interaction on Infant Mental Ability Between 10 Months and 2 Years. *Psychological Science*, *22* (1), 125–133.
- Tulving, E. (2002). Episodic Memory: From Mind to Brain. *Annual Review of Psychology*, *53*, 1-25.
- Unsworth, N., Heitz, R. P., Schrock, J. C., & Engle, R. W. (2005). An automated version of the operation span task. *Behavior Research Methods*, *37*(3), 498–505.

- Unsworth, N., Spillers, G.J., & Brewer, G.A. (2009). Examining the relations among working memory capacity, attention control, and fluid intelligence from a dual-component framework. *Psychology Science Quarterly*, 51(4), 388-402.
- van den Heuvel, M.P., Stam, C.J., Kahn, R.S., & Hulshoff Poll, H.E. (2009). Efficiency of Functional Brain Networks and Intellectual Performance. *The Journal of Neuroscience*, 29(23), 7619-7624.
- van den Noort, M., Haverkort, M., Bosch, P., Hugdahl, K. (2006). Is there a decline in verbal working memory over age? *Europe's Journal of Psychology*, 2(2), recuperado de <http://www.ejop.org/archives/2006/05/is-there-a-decline-in-verbal-working-memory-over-age.html>.
- Venketasubramanian, N., Sahadevan, S., E.H. Kua, E.H., Chen, C.P.L., & Ng, T.P. (2010). Interethnic Differences in Dementia Epidemiology: Global and Asia-Pacific Perspectives. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 30(6), 492-498.
- Verhaeghen, P., & Salthouse, T. A. (1997). Meta-analyses of age-cognition relations in adulthood: Estimates of linear and nonlinear age effects and structural models. *Psychological Bulletin*, 122(3), 231-249.
- Vernon, P. E. (1950). *The structure of human abilities*. Londres: Methuen.
- Walker, I. & Hulme, C. (1999). Concrete words are easier to recall than abstract words: Evidence for a semantic contribution to short-term serial recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(5), 1256-1271.
- Wechsler, D. (1984). *Test de Inteligencia para adultos*. Buenos Aires: Paidós.

- Wechsler D. (1992). *Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition*. San Antonio: Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1993). *Wechsler objective reading dimensions*. Londres: Pearson Assessment.
- Wechsler, D. (1996). *Wechsler objective numerical dimensions*. Londres: Pearson Assessment.
- West, R.L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological bulletin*, 120(2), 272-292.
- West, R.L. (2000). In defense of the frontal lobe hypothesis of cognitive aging. *Journal of the international neuropsychological society*, 6(6), 727-729.
- Westerberg, H., Jacobaeus, H., Hirvikoski, T., Clevberger, P., Ostensson, M.L., Bartafai, A., & Klingberg, T. (2007). Computerized working memory training after stroke-a pilot study. *Brain Injury*, 21(1), 21-29.
- Westerberg, H., & Klingberg, T. (2007). Changes in cortical activity after training of working memory - a single-subject analysis. *Physiology & Behavior*, 92(1-2), 186-192
- White, S. (2000). Conceptual foundations of IQ testing. *Psychology, Public Policy, and Law*, 6(1), 33-43.
- Wicherts, J.M., Dolan, C.V., Hessen, D.J., Oosterveld, P., van Baal, G.C.M., Boomsma, D.I., Span, M. M. (2004). Are intelligence tests measurement invariant over time? Investigating the nature of the Flynn effect. *Intelligence*, 32, 509-537.

- Wiley, J., & Jarosz, A.F. (2012). How working memory capacity affects problem solving. En B.H. Ross (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation*, Vol 56, (pp.185-228). San Diego, CA: Accademic Press.
- Willis, S.L., Blieszner, R., & Baltes, P.B. (1981). Intellectual Training Research in Aging: Modification on Performance on the Fluid Ability of Figural Relations. *Journal of Educational Psychology*, 73(1), 41-50.
- Wilson, R.S., Barral, S., Lee, J.H., Leugrants, S.E., Foroud, T.M., Sweet, R.A., Graff-Radford, N., Bird, T.D., Mayeux, R., & Bennett, D.A. (2011). Heritability of Different forms of memory in the late onset Alzheimer's disease family study. *Journal of Alzheimer Disease*, 23(2), 249-255.
- Woolgar, A., Parr, A., Cusack, R., Thompson, R., Nimmo Smith, I., Torralva, T., Roca, M., Antoun, N., Manes, F., & Duncan, J. (2010). Fluid intelligence loss linked to restricted regions of damage within frontal and parietal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(33), 14899-14902.
- Wright, M., De Geus, E., Ando, J., Luciano, M., Posthuma, D., Ono, Y., Hansell, N., Van Ball, C., Hiraishi, K., Hasegawa, T., Smith, G., Geffen, G., Geffen, L., Kanba, S., Miyake, A., Martin, N., & Boomsma, D. (2001). Genetics of cognition: outline of a collaborative study. *Twin Research*, 4(1), 48-56.
- Wundt, W. (1896). *Grundriss der Psychologie*. Leipzig: Alfred Kröner Verlag.
- Yoshiura, T., Hiwatashi, A., Yamashita, K., Ohyagi, Y., Monki, A., Takahama, Y., Kamano, N., Kawashima, T., Kira, J.I., & Honda, H. (2011). Deterioration of abstract reasoning ability in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: correlation with regional grey matter volume loss revealed by diffeomorphic anatomical

registration through exponentiated lie algebra analysis. *European Radiology*, 21(2), 419-425.

Yuan, K., Steedle, J., Shavelson, R., Alonzo, A., & Oppezzo, M. (2006). Working memory, fluid intelligence, and science learning. *Educational Research Review*, 1, 83-98.

## APÉNDICE A

Extracto de programa de entrenamiento para el grupo control activo (se redujeron los caracteres originales, los cuales tenían el tamaño de 12).

### NIVEL 1

Estrategia 1: Multiplicación y división con ceros

El primer paso para hacer una multiplicación o una división rápida es sacar todos los ceros que se encuentren a la derecha de los números. Por ejemplo:  $1300 \times 50$  puede verse como  $13 \times 5 = 65$ . A ese resultado se le suman los ceros que se le quitaron (3 ceros) = 65 000. En el caso de una división, ej.:  $200 : 10$ , se le sacan los ceros  $2 : 1 = 2$ , y luego se le resta a los ceros del primer número (dividendo) los ceros del segundo número (divisor), por lo tanto 2 ceros menos 1 cero = 1 cero. Entonces a 2 se le agrega 1 cero = 20.

#### Ejemplos:

$20 \times 70$

Paso 1: Se sacan todos los ceros de la derecha, queda  $2 \times 7$

Paso 2: Multiplicá  $2 \times 7 = 14$

Paso 3: Agregá los ceros que sacaste (2 ceros) = 1 400.

Resultado 1 400.

---

$4\ 800 : 120$

Paso 1: Se sacan todos los ceros de la derecha, queda  $48 : 12$

Paso 2: Dividí  $48 : 12 = 4$

Paso 3: Restá los ceros, el primer número tiene 2 ceros y el segundo 1 cero, entonces,  $2 - 1 = 1$ , un cero. A 4 se le agrega un cero = 40.

Resultado = 40.

---

Si entendiste la estrategia 1 pasá a los ejercicios. Si no la entendiste, llamá a alguno de los asistentes.

**EJERCICIOS DE PRÁCTICA NIVEL 1**

1) $40 \times 7 =$	2) $6 \times 800 =$	3) $500 \times 30 =$	4) $60 \times 900 =$
5) $70 \times 120 =$	6) $15 \times 150 =$	7) $400 \times 50 =$	8) $24 \times 400 =$
9) $3\ 600 : 900 =$	10) $5\ 600 : 7 =$	11) $5\ 200 : 130 =$	12) $800 : 16 =$
13) $42\ 000 : 60 =$	14) $1\ 800 : 90 =$		

Página aparte

**Resultados NIVEL 1**

1) <b>280</b>	2) <b>4 800</b>	3) <b>15 000</b>	4) <b>54 000</b>
5) <b>8 400</b>	6) <b>2 250</b>	7) <b>20 000</b>	8) <b>9 600</b>
9) <b>4</b>	10) <b>800</b>	11) <b>40</b>	12) <b>50</b>
13) <b>700</b>	14) <b>20</b>		

**Si hiciste más de 8 ejercicios bien, felicitaciones: Pasá al nivel siguiente. Si hiciste menos de 8 ejercicios bien, volvé a leer la estrategia 1 y seguí haciendo los ejercicios del nivel 1. Cualquier duda que tengas, llamá a alguno de los asistentes.**