

# R Relación entre el Desempeño en una Tarea de Memoria Operativa Numérico Visual y en el Test de Matrices Progresivas de Raven en Adultos Jóvenes

**Paula Fernanda Pérez Rivero & Jesús  
Andrés Sánchez Suárez**

Universidad Pontificia Bolivariana,  
Seccional Bucaramanga. Bucaramanga,  
Colombia.

**Edward Leonel Prada Sarmiento**

Universidad Pontificia Bolivariana, Magíster  
en Biológica Animal- Neurociencias y  
Comportamiento, Universidad de Brasilia.  
Brasil.

Facultad de Psicología, Universidad  
Pontificia Bolivariana, Seccional  
Bucaramanga. Bucaramanga, Colombia.

**Correspondencia:** Edward Leonel Prada  
Sarmiento. Campus Universitario, Autopista a  
Piedecuesta kilómetro 7, Edificio A, Sala 403.  
Apartado: 2932, Teléfono: +57(7) 6796220 Ext:  
596-457 Correo electrónico:  
[edward.prada@upb.edu.co](mailto:edward.prada@upb.edu.co)

**Agradecimientos:** Fondo de Fomento de  
Semilleros de investigación de la Dirección  
General de Investigaciones con el proyecto de  
investigación: # 004-0609-6016. SNYC: S-003-  
0811-3100., Grupo de Neurociencias y  
Comportamiento UIS-UPB (NYC) y la Facultad  
de Psicología de la Universidad Pontificia  
Bolivariana, Seccional Bucaramanga.

## Resumen

La relación entre la memoria operativa (memoria de trabajo) y el factor g de inteligencia ha sido señalada en numerosas investigaciones. Se cree que dicha relación se explica debido a que la capacidad de almacenamiento temporal, el manejo activo de la información y la velocidad de procesamiento, componentes de la memoria de trabajo, son funciones necesarias para la resolución de problemas, la capacidad de abstracción y el pensamiento complejo, propios de la inteligencia general. El objetivo del presente estudio consistió en analizar la relación entre el desempeño en una tarea de trabajo de memoria visual y el desempeño en el Test de Matrices Progresivas de Raven. Se evaluaron 60 jóvenes adultos a través del Test de Matrices Progresivas de Raven y la prueba de memoria operativa visual Memonum. Los participantes fueron distribuidos de forma aleatoria en 4 grupos, de acuerdo con las modalidades de evaluación del Memonum: 1 segundo progresión, 4 segundos progresión (ambas son tareas de recuerdo progresivo en las cuales los participantes debían recordar del primer estímulo observado al último, la diferencia está en el tiempo de exposición; 1 segundo o 4 segundos) 1 segundo regresión y 4 segundos regresión (ambas son tareas de recuerdo regresivo en las cuales los participantes debían recordar del último estímulo observado al primero, la diferencia está en el tiempo de exposición; 1 segundo o 4 segundos). Los resultados de la investigación sugieren que existe una relación estadísticamente significativa entre la memoria operativa visual y el factor g, y que al parecer tanto el componente de almacenamiento temporal, como el ejecutivo de la memoria operativa se relacionan con el factor g de inteligencia.

Por otra parte, teniendo en cuenta el análisis de regresión múltiple, podría afirmarse que la relación entre el desempeño en el Memonum y el desempeño en las Matrices progresivas de Raven es directamente proporcional, de modo que cada punto obtenido en la prueba Memonum implicaría un aumento de 0.780 de aciertos en las Matrices progresivas de Raven.

*Palabras clave:* Factor *g* de inteligencia, funciones ejecutivas, memoria de trabajo visual, Memonum, Raven.

### **The Relationship between the Performance of Young Adults in a Visual Numeric Working Memory Task and the Progressive Matrices Test Raven**

#### **Summary**

The relationship between working memory and the intelligence factor-*g* has been pointed out in numerous investigations. It is believed that this relationship is explained by the temporal storage capacity, active management of information and the speed of processing of working memory, which are required for the components of general intelligence such as problem solving, abstraction ability and complex thinking. The aim of the present study was to analyze the relationship between the performance in a visual working memory task (Memonum) and the performance in the Raven's Progressive Matrices Test (general intelligence). Sixty young adults were evaluated. The participants were distributed randomly into 4 groups, in accordance with the procedure of evaluation of the Memonum: 1 second progression, 4 seconds progression, (both there are task of progressive remembering, in which the subject have to remember since the first

stimulus to the last one, the difference consist in the exposition time to the stimulus) 1 second regression and 4 seconds regression (both there are task of regressive remembering, in which the subject have to remember since the last stimulus to the first one, the difference consist in the exposition time to the stimulus). The results suggest that there is a statistically significant relationship between visual working memory and intelligence factor- *g*, with an association between the temporal storage component, and the executive component of working memory to the intelligence *g*-factor. On the other hand, the multiple regression analysis results, could argue that the relationship between performance on the Memonum and performance in the Raven is proportionally, so each point obtained in the Memonum test would imply an increase of 0.780 points in the Raven's Progressive Matrices.

*Key words:* Factor *g* of intelligence, executive functions, Memonum, Raven, visual working memory.

#### **Introducción**

En numerosos estudios (Ackerman, Beier, & Boyle, 2002; Colom, Abad, Quiroga, Chun Shih, & Flores-Mendoza, 2008; Colom, & Andrés-Pueyo, 1999; Colom, Rebollo, Palacios, Espinosa, & Kyllonen, 2003; Colom, Rubio, Chun Shih, & Santacreu, 2006; Engel, Conway, & Gathercole, 2010; Hornung, Brunner, Reuter, & Martin; 2011; Kaufman et al., 2009; Kyllonen & Christal, 1990; Martínez & Colom, 2009; Oberauer, Schulze, Wilhelm, & Süß, 2005; Salthouse, 1993; Schweizer & Moosbrugger, 2004;

Unsworth & Engel, 2005) se ha encontrado correlaciones significativas entre el factor  $g$  de la inteligencia (en adelante  $g$ ) y la capacidad de la memoria operativa (MO), dentro de las cuales se destacan, coeficientes de correlación de .80 entre el componente ejecutivo de la MO y el desempeño en las Tareas Cognitivas Elementales (TEC's) que miden inteligencia general ( $g$ ) (Kyllonen & Christal). Así mismo, Engle, Tuholski, Laughlin y Conway (1999) señalaron que la memoria de trabajo predice en un .60 (correlación) el rendimiento en el desempeño de tareas que miden  $g$  y que las relaciones entre estas dos funciones cognitivas (MT y  $g$ ) se explican a partir de un modelo factorial en el cual se obtienen 8 variables para MT y 6 para  $g$ , que al ser relacionados generan un coeficiente de correlación de .85 (Oberauer et al., 2005).

Engle et al. (1999) analizaron tres medidas verbales de memoria a corto plazo (MCP), tres medidas verbales de MT y las pruebas de inteligencia Cattell's Culture Fair Test y las Matrices Progresivas de Raven, consideradas como una medida de la inteligencia fluida o  $G_f$  (capacidad cognitiva relacionada con la maduración de la corteza, los factores genéticos y la función neurológica). Su análisis reveló una elevada relación entre la memoria a corto plazo (MCP) y (MO), pero sólo el componente específico de (MO) (que no está vinculada con el almacenamiento transitorio) se relaciona significativamente con las medidas de  $G_f$ . Resultados semejantes encontraron Colom, Rebollo et al. (2006) concluyendo que, al parecer la relación entre la memoria de trabajo y la inteligencia se debe al componente ejecutivo de la primera, así como a la velocidad de procesamiento y la capacidad de almacenamiento temporal.

Colom y Flores-Mendoza (2001) utilizando una serie de pruebas de inteligencia denominadas en conjunto Tareas Cognitivas Elementales (TCE's) y teniendo en cuenta variables relacionadas con tiempo de reacción (TR), tiempo de movimiento (TM) y puntuación de error (PE), para medir memoria de trabajo y factor  $g$ , hallaron que existe un factor general de velocidad de procesamiento que es común a todas las TCE's y este factor general presenta un peso muy alto en  $g$ ; ello sugiere que  $g$  se puede explicar, al menos en parte, por la velocidad y eficiencia del procesamiento de información. Este hecho podría estar relacionado con algunas propiedades comunes a todas las regiones cerebrales que están al servicio de las funciones cognitivas que contribuyen a las diferencias individuales en población neurológicamente normal (Colom & Flores-Mendoza). Por lo tanto, las tareas que ponen a prueba a la memoria de trabajo constituyen un buen reflejo de las diferencias individuales en  $g$ .

Conway, Cowan, Bunting, Theriault y Minkoff (2002) evaluaron 120 estudiantes universitarios con tres tareas de MT, cuatro medidas de MCP, tres medidas de la velocidad de procesamiento, y con medidas de  $G_f$  (Matrices Progresivas de Raven y el test de Cultura Fera de Cattell) usando un modelo alternativo al utilizado por Engle, Kane et al. (1999), los investigadores llegaron a resultados similares, es decir; encontraron una alta correlación entre el MCP y MO. También, encontraron que el componente específico de la MO, no relacionado con el almacenamiento transitorio, predijo las diferencias individuales en  $g$ . Estos resultados coinciden con la hipótesis de que en el repertorio funcional de la memoria de trabajo, se hallan implícitos procesos

adicionales como la atención (perteneciente a las funciones ejecutivas), que permite seleccionar información sensorial relevante, ignorando a su vez estímulos no relevantes como parte de un comportamiento dirigido hacia un objetivo preciso (Blackwell, Cepeda, & Munakata, 2009; Prada, Pineda, Mejía, & Conde, 2010).

Podría decirse que la memoria operativa, medida a través de tareas simples ha correlacionado positivamente con aptitud verbal y con el factor de la inteligencia fluida (factor g) (Ackerman et al., 2002; Andrade, 2001; Conway et al., 2002; Engle, Kane et al., 1999) y que la capacidad de la memoria de trabajo es independiente del contenido de la información que se recuerda (Ackerman et al.; Courtney, Petit, Haxby, & Ungerleider, 1998). En este sentido, la memoria de trabajo no está relacionada con estructuras conceptuales, es una función cognitiva que trabaja sobre otras funciones mentales independientemente del conjunto de conocimientos que son aplicadas a éstas. Por lo cual muchos investigadores han sugerido que para la medición de la inteligencia y su relación con la memoria de trabajo sean utilizados test analógicos que no necesitan medir estructuras conceptuales (Oberauer et al., 2005).

La memoria operativa constituye un sistema de memoria en el que los sujetos almacenan transitoriamente la información y la someten a procesamiento. Esa información puede provenir tanto de una determinada tarea como de la MLP (Baddeley, 1999, 2000, 2003, 2010; Baddeley & Hitch, 1974). El resultado de ese procesamiento dará como consecuencia la respuesta del sujeto (Colom & Flores-Mendoza, 2001) por lo cual, su relación con el rendimiento en los test que miden factor g es evidente, en la

medida en que al permitir un adecuado procesamiento de la información de entrada, se amplía la capacidad para resolver problemas, utilizando los recursos cognitivos necesarios (Cowan, Elliot, Saults, Morey, & Mattox, 2005). No obstante, sigue siendo un problema no resuelto si la relación de la memoria de trabajo con el factor g de la inteligencia se debe a una mayor capacidad de almacenamiento temporal, a un mejor procesamiento de la información por parte del ejecutivo central o a la velocidad de procesamiento de la información necesaria para cumplir una tarea (Dempster, 1992).

Con respecto a las formas para evaluar el desempeño en tareas específicas asociadas con los componentes de almacenamiento temporal y procesamiento simultáneo de información existen diferentes herramientas computarizadas útiles para la evaluación y el diagnóstico de déficit de la memoria operativa en diferentes poblaciones (Alloway, 2011). Bajo este modelo es diseñada la prueba "Memonum", la cual evalúa la retención de dígitos expuestos a diferentes intervalos de tiempo, tanto en progresión como en regresión, y registra variables tales como aciertos, aciertos acumulados y latencias, entre otras variables de análisis comportamental (Albarracín, Dallos, & Conde, 2008); es así que, se constituye en un instrumento adecuado, siendo considerado por Prada et al. (2010) como una herramienta útil en la evaluación de la memoria de operativa de tipo visual.

El software o prueba computarizada denominada "Memonum"; es considerado como un instrumento desarrollado para la medición de la memoria operativa visual, a través de tareas de retención de dígitos. Dicho software cuenta con usos previos en

el contexto colombiano donde se exponen consideraciones relevante en cuando a detalles de validez y confiabilidad (Argüello, Jácome, Martínez, Pineda, & Conde, 2013; Prada et al., 2010; Albarracín et al., 2008).

Esta investigación es relevante en el ejercicio investigativo, pues permite utilizar y afianzar el uso de instrumentos como el Memonum y la Prueba de Matrices Progresivas de Raven, para evaluar variables como la Memoria de Trabajo Visual y el Factor g de inteligencia, y la medición de dichas variables en adultos jóvenes, permite obtener información que no ha sido tan ampliamente detallada en estudios precedentes, al tiempo que abre la posibilidad de plantear estrategias a futuro para su fortalecimiento, lo que impactaría favorablemente el proceso de aprendizaje de esta población en específico.

Profundizando en el tema se parte de la hipótesis de que si existen correlaciones significativas entre el desempeño en tareas de memoria de trabajo visual (número de dígitos recordados) en las modalidades de Regresión con una exposición al estímulo de 1 y 4 segundos (1R y 4R) y Progresión con las mismas variaciones de tiempo (1P y 4P) y el desempeño en los test que miden factor g de inteligencia, entonces se obtendrá un desempeño similar entre tareas que evalúen la memoria de trabajo y tareas que evalúen el factor g de inteligencia.

A su vez se planteó como objetivo general de la investigación el analizar la relación entre el desempeño en una tarea de memoria de trabajo visual y el factor g de inteligencia, donde se plantearon como objetivos específicos: a) evaluar el desempeño en memoria de trabajo a través de la prueba Memonum; b) evaluar el desempeño del factor g de inteligencia mediante el Test de Matrices Progresivas

de Raven y c) analizar la relación entre componentes de la memoria de trabajo y variables del factor g de inteligencia.

### **Método**

La presente investigación contó con un diseño pre-experimental de tipo correlacional con distribución aleatoria por bloques, en el cual se implementó un diseño factorial 2 x 3, siendo el primer factor el intervalo de exposición de dígitos en la Prueba Memonum (1 y 4 segundos), el segundo factor el tipo de demanda de la tarea respecto a las secuencias numéricas (progresión y regresión) y el tercer factor el puntaje obtenido en el Test de Matrices Progresivas de Raven.

### *Participantes*

Participaron de manera voluntaria, consentida e informada 60 estudiantes de la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. El consentimiento informado fue realizado de acuerdo con la resolución 8430 de 1993 expedida por el Ministerio de Salud de Colombia para experimentos con humanos. Cada participante fue asignado aleatoriamente a cada uno de los grupos de investigación: intervalo de 1 segundo en la modalidad de progresión (1P) (N=15), en el cual el participante, luego de estar expuesto a un número aleatorio durante un tiempo estimado de 1 segundo en una pantalla de computador, debía ingresar el número visto a través de un teclado numérico; si la respuesta era correcta, aparecía un nuevo número, de modo que el participante debía ingresar todos los números vistos hasta el momento en orden ascendente, del primer número observado hasta el último. Intervalo de 1 segundo en la modalidad de regresión (1R) (N=16), aquí los

participantes debían ingresar la serie de números desde el último número observado hasta el primero, intervalo de 4 segundos en la modalidad de progresión (4P) (N=15), en esta modalidad, los participantes se exponían al estímulo durante 4 segundos, y luego debían ingresar la serie en orden ascendente, e intervalo de 4 segundos en la modalidad de regresión (4R) (N=14), en la que los participantes también se exponían ante el estímulo durante 4 segundos, pero debían ingresar la serie desde el último número visto hasta el primero. La selección de la muestra fue intencional, utilizando como criterios de inclusión la edad (entre 18 y 27 años) y

estar cursando mínimo segundo semestre. Los criterios de exclusión involucraron: tener reporte de dificultades auditivas o visuales no corregidas; alteraciones motrices; antecedentes de patologías neurológicas, enfermedades psiquiátricas, problemas médicos significativos, dependencia de agentes tóxicos o uso de psicofármacos, los cuales derivaron de un proceso de entrevista estructurada soportada en evidencias objetivas verificables por reportes médicos y/o psicológicos, suma a esto el reporte subjetivo de cada participante. Las características demográficas de la muestra se especifican en la Figura 1.

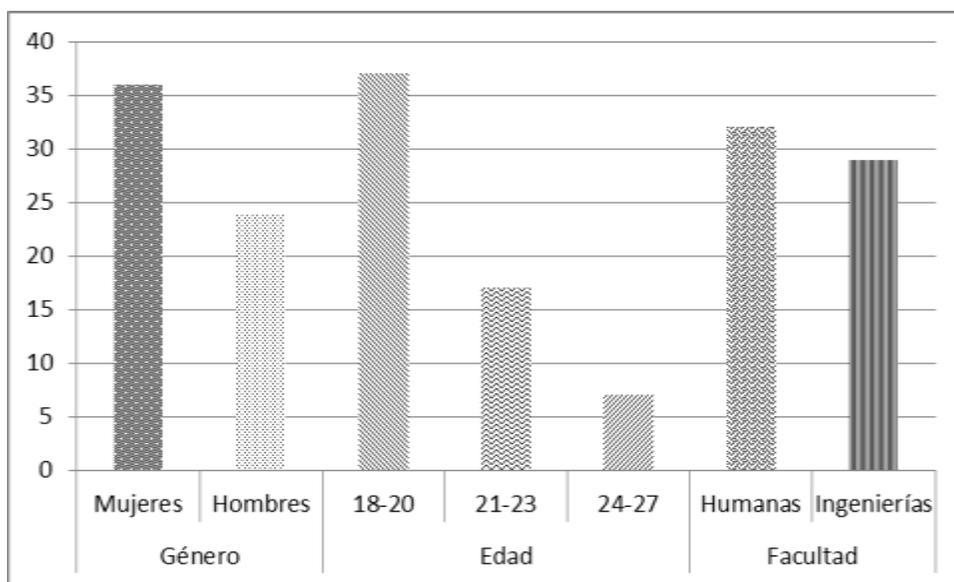


Figura 1. Características demográficas de la muestra

#### Instrumentos

Test de Matrices Progresivas-Escala general (Raven, 1984): creado con la finalidad de medir la capacidad intelectual, a través de procesos de comparación de formas y de razonamiento analógico, con independencia de los conocimientos adquiridos. El test consta de 60 figuras geométricas abstractas incompletas o matrices organizadas en 5 escalas (A, B,

C, D y E) de complejidad creciente que el evaluado debe completar con las opciones que se le proponen (Raven).

Memonum (Albarracín et al., 2008): Es una prueba computarizada diseñada por el Grupo de Neurociencias y Comportamiento UIS-UPB, para la evaluación de memoria de trabajo. Consiste en la presentación de una secuencia de números aleatorios de una cifra (0 a 9), expuestos uno a uno, en el

centro de la pantalla del computador, durante un intervalo de tiempo previamente establecido. Concluido el intervalo, y sin límite de tiempo, el participante debía digitar en el orden exacto la serie observada hasta el número actual. Si la respuesta es correcta, aparece un nuevo dígito y, si es incorrecta, el programa se detiene. Dicho software cuenta con usos previos en el contexto colombiano que aportan datos de tipo psicométrico, revelando propiedades válidas y confiables para su uso como herramienta que se ajusta a la medida del constructo de memoria operativa, de tipo numérico (Argüello et al., 2013; Prada et al., 2010; Albarracín et al., 2008).

Ficha de ingreso (Prada et al., 2010): Es un formato de entrada que explora variables que pueden influir en el desempeño de los instrumentos. Consta de 8 puntos: Los tres primeros ítems hacen referencia a dificultades visuales, auditivas y motrices. El cuarto, explora enfermedades diagnosticadas de tipo fisiológico y trastornos psicológicos. El quinto hace referencia a la pérdida de la conciencia. El sexto, explora el consumo de medicamentos en el último mes. El séptimo hace referencia al consumo de sustancias como alcohol, cigarrillo, drogas, entre otras. El octavo, explora el número de horas que habitualmente se duerme.

#### *Procedimiento*

La aplicación de los instrumentos se realizó en una única sesión con una duración aproximada de 60 minutos, la cual, estuvo organizada de la siguiente manera: firma del consentimiento, diligenciamiento de la ficha de ingreso, aplicación del Test de Matrices Progresivas (Raven, 1984), prueba *Memonum* y formato de auto-informe. Así mismo, para la aplicación del *Memonum* se desarrolló inicialmente una rutina de

entrenamiento orientada a ofrecer instrucciones y conocimiento sobre la prueba en la cual los evaluados realizaron tres ensayos en progresión o regresión utilizando el intervalo (1 o 4 segundos) según el grupo de investigación al que fueron asignados. A continuación, se ejecutó una rutina de evaluación. Los participantes efectuaron un ensayo con el mismo intervalo de exposición y la misma modalidad empleados en el entrenamiento. En cuanto al registro de los datos, el evaluador se aseguró de que el programa grabara los cuatro desempeños obtenidos en cada intento, en el cual se registraron las características técnicas del ensayo, el número de aciertos y los tiempos de respuesta en la digitación de cada número. Para evitar que el nivel de dificultad de las series numéricas se constituyera en una variable extraña, se implementaron las mismas secuencias de dígitos y en el mismo orden, para todos los evaluados; (24, 26, 7, para entrenamiento, y 77 para evaluación) éstas se seleccionaron de los 100 archivos que dispone el programa, los cuales aparecieron de forma aleatoria.

#### *Análisis de resultados*

El proceso de análisis estadístico, se llevó a cabo con el programa SIGMASTAT versión 3.5, en el cual se designó un nivel de significancia de ( $p < 0.05$ ). Los análisis descriptivos que se realizaron fueron: el promedio o media (M) y el error estándar de la media (EEM). Para las comparaciones del desempeño en el *Memonum* y las Matrices progresivas de Raven por grupos se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, así mismo se realizó una ANOVA de dos vías para analizar el efecto de cada una de las modalidades (tiempo y tarea) en el desempeño. Finalmente, para describir la relación entre

el desempeño en el Memonum y las Matrices progresivas de Raven se utilizó la corrección de Spearman ( $r_o$ ) y además, un análisis de regresión lineal.

### Resultados

En cuanto al desempeño en la tarea Memonum, se encontró que el promedio total de la población fue de 7,65 aciertos con un error estándar de 0,39. En el desempeño por grupos se observó el mejor desempeño en 4 Progresión (4P), con 8,86 aciertos, mientras que el de menor rendimiento fue el de 1 Regresión (1R) con 6,06 aciertos.

Con la finalidad de analizar el efecto de los tiempos de exposición y el tipo de modalidad, así como la interacción entre estos dos aspectos sobre el desempeño en la prueba, se utilizaron análisis de varianza (ANOVA) de doble vía, de manera tal que el Factor 1 fue representado por los intervalos de presentación (1s y 4s), el Factor 2 la

modalidad de presentación (Progresión o Regresión) y como variable el número de aciertos. La ANOVA de doble vía arrojó un efecto estadísticamente significativo del tiempo de exposición ( $F=5,624$ ,  $P=0,021$ ), pero no así de la modalidad ( $F=1,872$ ,  $P=0,177$ ). A su vez la interacción entre el tiempo de exposición y el tipo de modalidad no resultó estadísticamente significativo ( $F=0,352$ ,  $P=0,55$ ). El análisis Post-Hoc (Prueba t de Bonferroni) sugirió que los participantes expuestos al intervalo de tiempo de 4 segundos tuvieron un mejor desempeño en el Memonum que los de 1 segundo ( $t=2,372$ ,  $p<0,050$ ).

En cuanto al desempeño en las Matrices progresivas de Raven el promedio de la muestra general fue de 48, 65, con un error estándar de 0,80. Para analizar si existía alguna diferencia en el desempeño de la prueba al interior de cada grupo, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía que no fue estadísticamente significativo ( $F=1.992$ ,  $P = 0,128$ ) (Tabla 1).

Tabla 1  
*Análisis de Varianza de una Vía del Desempeño en las Matrices Progresivas de Raven por Grupos*

Desempeño Raven	1P		4P		1R		4R		Total		ANOVA
	M	EEM	M	EEM	M	EEM	M	EEM	M	EEM	$p$
	49,13	1,62	46,53	1,88	50,5	0,82	48,28	1,99	48,65	0,80	NS
	15		15		16		14		60		

Nota: 1P=intervalo de 1s en modalidad progresión; 4P= intervalo de 4s en modalidad progresión; 1R= intervalo 1s en modalidad regresión y 4R= intervalo 4s en modalidad regresión; Total= desempeño de la población total en las Matrices Progresivas de Raven.

Por otra parte, los análisis de correlación muestran una relación estadísticamente significativa entre el desempeño general en la prueba Memonum y el test Matrices progresivas de Raven ( $P=.003$ ;  $r_o=0,36$ ),

así mismo, se encontraron relaciones estadísticamente significativas entre 4P y Matrices progresivas de Raven ( $P=.04$ ;  $r_o=0,50$ ), y 1R y Matrices progresivas de Raven ( $P=.007$ ;  $r_o=0,62$ ) (Tabla 2).

Tabla 2  
Análisis de Correlación de Spearman Memonum- Matrices Progresivas de Raven

	Raven	Memonum total	1P	4P	1R	4R
<b>1 Raven</b>						
<b>2 Memonum total</b>	0,354 0,0057 2*					
<b>3 1P</b>	0,0702 0,793	0,10 0,00				
<b>4 4P</b>	0,519 0,0463*	-0,42 0,30	-0,29 0,27			
<b>5 1R</b>	0,594 0,0149*	0,05 0,81	0,86 0,04	-0,11 0,66		
<b>6 4R</b>	0,442 0,109	-0,25 0,39	-0,25 0,39	-0,09 0,75	-0,20 0,49	

\*Relación estadísticamente significativa;  $p < 0,05$

Fuente: Elaboración propia

Por último, con el objetivo de examinar la capacidad de predicción de características como la edad, el semestre y el desempeño en el prueba Memonum, sobre el desempeño en las Matrices progresivas de Raven, se hizo uso del análisis de regresión lineal múltiple en donde se empleó como variable de salida el desempeño obtenido en las Matrices progresivas de Raven y como variables predictoras la edad, el semestre y el desempeño en la prueba computarizada de Memonum. Los resultados de la regresión lineal múltiple fueron estadísticamente significativos para el desempeño en la Prueba Memonum ( $F [3.10]=3,014, P=0.004$ ). De acuerdo con estos datos obtenidos la relación entre el desempeño en el Memonum y el desempeño en las Matrices progresivas de Raven es directamente proporcional, de modo que cada punto obtenido en la prueba Memonum implicaría un aumento de 0.780

de aciertos en las Matrices progresivas de Raven (Tabla 3).

### Discusión

La memoria operativa y su relación con el factor g de inteligencia ha sido estudiada a partir de coeficientes de correlación obtenidos mediante la cuantificación de la fuerza estadística que asocia dichas variables. Los principales hallazgos han reportado coeficientes de .9 (Kyllonen & Christal, 1990), .6 (Conway et al., 2002) y de .49 (Engle, Kane et al., 1999). Por otra parte, otros estudios (Colom & Flores-Mendoza, 2001, 2006; Colom & Pueyo, 2006; Colom et al., 2003; Colom, Rebollo et al., 2006) han encontrado resultados que defienden la teoría de que la inteligencia fluida está estrechamente relacionada con las funciones ejecutivas, y que la variable cognitiva que mejor explica dicha relación

es precisamente la MO (Anderson, 2002; Baddeley, 2010; Best & Miller, 2010; Conklin, Luciana, Hooper, & Yarger, 2007; Hernández et al., 2012). La presente investigación obtuvo resultados semejantes, en los cuales los análisis señalan que existe una relación positiva estadísticamente significativa entre una tarea de MO visual y una tarea de inteligencia fluida ( $r=0,354$ ;  $p=0,00572$ ) y que está relación es directamente proporcional, siendo el desempeño en la tarea de memoria de trabajo visual, predictora del desempeño en

las Matrices progresivas de Raven ( $F [3.10]=3,014$ ,  $P=0.004$ ). Sin embargo, en el análisis por modalidades de exposición a las tareas de MT se observaron algunas diferencias que cabe resaltar: mientras que en los grupos de 4P y 1R se encontraron coeficientes estadísticamente significativos (4P,  $r=0,519$ ;  $p=0,0463$  y 1R,  $r=0,0149$ ;  $p=0,0149$ ) con el desempeño en la prueba de *g*, en las modalidades de 1P y 4R dicha relación no fue estadísticamente significativa (4R,  $r=0,442$ ;  $p=0,109$  y 1P,  $r=0,0702$ ;  $p=0,793$ ).

Tabla 3  
*Análisis de Regresión Lineal Múltiple del Desempeño en las Matrices Progresivas de Raven*

Variables	Coefficiente	EEM	T	P	
<b>Semestre</b>	0,0152	0,327	0,0465	0,963	
<b>Edad</b>	-0,0728	0,432	-0,168	0,867	
<b>Memonum</b>	0,780	0,259	3,014	0,004*	
	GI	SC	MC	F	P
<b>Modelo</b>	3	329,040	109,680	3,101	0,034
<b>Residuo</b>	56	1980,610	35,368		
<b>Total</b>	59	2309,650	39,147		

*Nota.* Análisis de regresión lineal múltiple del desempeño en las Matrices Progresivas de Raven, relacionado con la edad, el semestre académico y el número de aciertos en la prueba Memonum. *gl*= grados de libertad; SC = suma de cuadros; MC = media cuadrática.

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, si se analiza la variable “tiempo de exposición” podría decirse que en la tarea de 4P y 4R se requiere de una amplitud de memoria de 4 segundos por cada número presentado, por lo cual un buen desempeño se explicaría en parte por una buena capacidad de retención de los estímulos. Teniendo en cuenta lo anterior,

para el caso específico del grupo de 4P, podría afirmarse que la relación encontrada entre MT y *g*, se explica mejor a partir de la capacidad de almacenamiento temporal de la MO (Colom, Rubio et al., 2006; Colom & Shih, 2004; Colom, Rebollo, Abad, & Shih, 2006; Dang, Braeken, Ferrer, & Liu, 2012; Hornung et al., 2011; Macizo, Bajo, &

Soriano, 2006; Unsworth & Engle, 2010). No obstante, en la modalidad de 1R también se observó una relación estadísticamente significativa con  $g$ , a este punto cabe analizar la variable “naturaleza de la tarea”, es decir progresión (P) Vs. regresión (R). En las tareas de progresión, se requerían un ordenamiento sencillo de los números, además de la retención adecuada de los mismos, por lo cual podría decirse que su dificultad a nivel del componente ejecutivo central era mínima, mientras que en las tareas de regresión esta dificultad aumentaba en razón a que se necesitaba de una organización compleja de los estímulos almacenados. Así, la relación aquí se explica por el componente ejecutivo de la MT (Kane & Engle, 2002). La última idea también es apoyada por Baddeley (2003) quien afirma que la relación entre el ejecutivo central de la MT y el factor  $g$  de inteligencia se explica porque ambos se encuentran involucrados en el control y coordinación de otros procesos mentales superiores, así como en la resolución de problemas (Miyake & Shah, 1999).

En coherencia con lo anterior, algunas investigaciones han propuesto que es importante considerar la naturaleza de los test con los que se mide el desempeño de la MO. Así por ejemplo, en el caso del Memonum, la tarea consiste en el recuerdo y ordenamiento (simple y complejo) de una serie de números presentados de manera aleatoria. De acuerdo con Yuan, Steedle, Shavelson, Alonzo, y Oppezzo (2006) este tipo de test son sensibles para medir una capacidad de MT simple, en las que se obtiene principalmente el estatus de la capacidad de amplitud de temporal de la MO, sin que esto signifique que no intervienen también los componentes ejecutivos de la MO; lo que sucede es que

en la resolución de tareas simples de MO intervienen procesos más automáticos, en los que participan estrategias de recuerdo básicas y que, en general no plantean una situación problemática. Se cree que en estas tareas se son determinantes procesos superiores como la atención focalizada, mientras que en la solución de los test de MO compuestos, son más necesarios los componentes ejecutivos de la MO, además de otros procesos como la atención dividida y alternante, la velocidad de procesamiento y la planificación (Engel et al., 2010; Engle, Kane, & Tuholski, 1999; Gathercole, Pickering, Ambridge, & Wearing, 2004; Kane & Engle, 2002). A pesar de esta diferenciación de las tareas de la MT, existe evidencia que sugiere que la naturaleza del test no es determinante en las correlaciones que se observan entre ambos fenómenos; por ejemplo, Troche y Rammsayer (2009) señalaron en su investigación una correlación de .77 entre una tarea de recuerdo de números y una medida de inteligencia fluida (medida de MT simple), mientras que Ferreira et al. (2012) encontraron la misma relación entre una tarea compuesta de MO y una tarea de factor  $g$ .

En cuanto a la naturaleza de la relación entre la MO y el factor, algunas investigaciones sugieren que las diferencias individuales a nivel de la MO podrían explicar las variaciones encontradas a nivel del desempeño en tareas de inteligencia fluida (Colom et al., 2013; Dang et al., 2012; De Ribaupierre & Lecerf, 2006; Kane & Engle, 2002; Martínez & Colom, 2009). Las hipótesis anterior fue confirmada en el presente estudio a través de un análisis de regresión lineal en el cual la predictibilidad de la MT sobre el desempeño en tareas de  $g$  fue estadísticamente significativa ( $F$  [3.10]=3,014,  $P=0.004$ ), así cada punto

obtenido en la prueba Memonum implicaría un aumento de 0.780 de aciertos en las Matrices progresivas de Raven. No obstante, otra serie de estudios sugieren que contrario a lo que se cree, las diferencias individuales en *g* son las que predicen el rendimiento en tareas de MT, así como en otros procesos de segundo orden, que dependen de una capacidad superior general (Duncan, Schramm, Thompson, & Dumontheil, 2012; Salthouse, Pink, & Tucker-Drob, 2008; Unsworth & Spillers, 2010). Al respecto de estas hipótesis es necesario llevar a cabo investigaciones que ayuden a esclarecer la dirección de la predictibilidad entre ambos fenómenos.

La relación entre la MO y el factor *g* ofrece un nuevo panorama de interacciones entre las capacidades de segundo orden y la inteligencia general. La idea anterior podría llevar a suponer que el entrenamiento en dichas capacidades tendría un efecto positivo en la inteligencia. Algunos estudios de electrodinamia cerebral han demostrado que los patrones en estas dos medidas (MO y *g*) cambiaban luego de llevar a cabo un entrenamiento intensivo en tareas de MO (Prabhakaran, Narayanan, Zhao, & Gabrieli, 2000). También, utilizaron medidas psicométricas que permitieron comprobar que este entrenamiento repercutía en un mejor desempeño en tareas de inteligencia fluida. Las áreas del cerebro que aumentaron su actividad están relacionadas con las funciones ejecutivas y las ondas que aumentaron fueron las *alpha*, las cuales han sido asociadas con la creatividad y la capacidad de aprendizaje (Alsina & Sáiz, 2004; Jaušovec & Jaušovec, 2012; Wong, He, & Chan, 2013). Sin embargo, otras investigaciones han encontrado que el entrenamiento en tareas de MO no mejora el desempeño en el test

de Matrices Progresivas de Raven (Chooi & Thompson, 2012), ni provoca un aumento en las medidas de inteligencia (Colom et al., 2010). Dada esta divergencia en los resultados, la evaluación de los programas de entrenamiento utilizados por los evaluadores requiere de una cuidadosa revisión, lo mismo que las características de las pruebas y recursos que se utilizan para medir el desempeño de ambas funciones.

En conclusión, el principal resultado de esta investigación sugiere que efectivamente, existe, una relación entre la MO y capacidades de alto nivel como el razonamiento abstracto, la capacidad eductiva y el factor *g* de inteligencia. Siguiendo a Baddeley (1999) podría afirmarse que la MO está involucrada en tareas cognitivas esenciales como el razonamiento, el aprendizaje y la comprensión, debido a que sus funciones de almacenamiento temporal y mantenimiento activo de la información facilitan los procesos mencionados.

Para futuras investigaciones se sugiere hacer uso de variables que provee el Memonum, como total de aciertos acumulados, tiempos de reacción, total de tiempo de ejecución de la prueba, con el objetivo de diferenciar y profundizar claramente el tipo de relación que dichas variables puedan tener con el desempeño en la prueba de matrices progresivas de Raven, además de ello se podrían diseñar protocolos que prevean otro tipo de interacciones entre las variables de cada una de las pruebas.

En el ámbito pedagógico sería posible diseñar estrategias que potencien las habilidades de procesamiento de información en tareas de MO, lo que permite sugerir nuevos modos de mejorar la inteligencia – y, por tanto, los procesos

cognitivos asociados— a través del incremento de la capacidad del sistema de mnémico para procesar información de manera más eficiente.

Considerando los resultados del presente estudio se espera a futuro identificar en cuáles tareas de memoria de trabajo se encuentran mayores correlaciones con g, al igual, que estudiar la importancia de tales mecanismos en proceso de aprendizaje humano y posibles estrategias para potenciar un mejor rendimiento en tareas que evalúen factor g. A su vez, se espera la reproducción de estudios similares en poblaciones aun no exploradas como por ejemplo, adolescentes y pacientes con alteraciones cognitivas entre otros. De igual manera, se estima la cualificación de las herramientas utilizadas como parte de cualificación de los protocolos de investigación y clínicos que aporten a medidas válidas y confiables a lo largo del tiempo con referentes de nuestro contexto Colombiano.

## Referencias

Ackerman, P., Beier, M., & Boyle, M. (2002). Individual differences in working memory within a nomological network of cognitive and perceptual speed abilities. *Journal of Experimental Psychology*, 131, 567-589.

Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 72-82.

Albarracín, A., Dallos, M., & Conde, C. (2008). Implementación de una prueba

automatizada para la evaluación de memoria operacional. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 37, 169-181.

Alloway, T. (2011). The benefits of computerized working memory assessment. *Educational & Child Psychology*, 28(2), 8-17.

Alsina, A. & Sáiz, D. (2004). ¿Es posible entrenar la memoria de trabajo?: Un programa para niños de 7-8 años. *Infancia y Aprendizaje*, 27(3), 275-287.

Andrade, J. (2001). *Working memory in perspective*. Hove: Psychology Press.

Argüello, D., Jácome, K., Martínez, L., Pineda, G., & Conde, C. (en prensa). Memoria de trabajo en niños escolarizados: Efectos de intervalos de presentación y distractores en la prueba computarizada Memonum. *Avances en Psicología Latinoamericana*.

Baddeley, A. (1999). *Memoria humana. Teoría y práctica*. Madrid: Mc Graw Hill.

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-23.

Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Neuroscience*, 4, 829-839.

Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current Biology*, 20(4), 136-140.

Baddeley, A., & Hitch, G. (1974). Working memory. En G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (pp. 47–90). New York: Academic Press.

- Best, J., & Miller, P. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.
- Blackwell, K., Cepeda, N., & Munakata, Y. (2009). When simple things are meaningful: Working memory strength predicts children's cognitive flexibility. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 241-249.
- Chooi, W., & Thompson, L. (2012). Working memory training does not improve intelligence in healthy young adults. *Intelligence, 40*, 531-542
- Colom, R., Abad, F., Quiroga, M., Chun Shih, P., & Flores-Mendoza, C. (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence, 36*(6), 584-606.
- Colom, R., & Andrés-Pueyo, A. (1999). El estudio de la inteligencia humana: recapitulación ante el cambio de milenio. *Psicothema, 11*, 453-476.
- Colom, R., Burgaleta, M. Román, F. J., Karama, S. Álvarez-Linera, J. Abad, F., et al. (2013). Neuroanatomic overlap between intelligence and cognitive factors: Morphometry methods provide support for the key role of the frontal lobes. *Neuroimage, 26*(72), 143-152. doi: 10.1016/j.neuroimage.2013.01.032
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. (2006). Armazenamento de curto prazo e velocidade de processamento explicam a relação entre memória de trabalho e o fator g de inteligência. *Psicologia: Teoria e Pesquisa, 22*, 113-122.
- Colom, R., & Flores-Mendoza, C. (2001). Inteligencia y memoria de trabajo: La relación entre factor g, complejidad cognitiva y capacidad de procesamiento. *Psicología: Teoría e Pesquisa, 17*, 37-47.
- Colom, R., & Pueyo, A. (2006). El estudio de la inteligencia humana: Recapitulación ante el cambio de milenio. *Psicothema, 11*, 453-476.
- Colom, R., Quiroga, M., Shih, P., Martínez, K., Burgaleta, M., Martínez-Molina, A., et al. (2010). Improvement in working memory is not related to increased intelligence scores. *Intelligence, 38*, 497-505.
- Colom, R., Rebollo, I., Palacios, A., Juan-Espinosa, M., & Kyllonen, P. (2003). Working memory is (almost) perfectly predicted by g. *Intelligence, 32*, 277-296.
- Colom, R., Rebollo, I., Abad, F., & Shih, P. C. (2006). Complex span tasks, simple span tasks, and cognitive abilities: A re-analysis of key studies. *Memory & Cognition, 34*, 158-171.
- Colom, R., Rubio, V., Chun Shih, P., & Santacreu, J. (2006). Fluid intelligence, working memory and executive functioning. *Psicothema, 18*, 816-821.
- Colom, R., & Shih, P. C. (2004). Is working memory fractionated onto different components of intelligence? A reply to Mackintosh and Bennett (2003). *Intelligence, 32*, 431-444.
- Conklin, H., Luciana, M., Hooper, C., & Yarger, R. (2007). Working memory performance in typically developing children and adolescents: behavioral evidence of protracted frontal lobe development.

*Developmental Neuropsychology*, 3(1), 103-128.

Conway, A., Cowan, N., Bunting, M., Theriault, D., & Minkoff, S. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, 30, 163-183.

Courtney, S., Petit, L., Haxby, J., & Ungerleider, L. (1998). The role of prefrontal cortex in working memory: Examining the contents of consciousness. *The Royal Society*, 23, 1819-1828.

Cowan, N., Elliot, E., Saults, S. Morey, C., & Mattox, S. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology*, 51, 42-100.

Dang, C., Braeken, J., Ferrer, E., & Liu, C. (2012). Unitary or non-unitary nature of working memory? Evidence from its relation to general fluid and crystallized intelligence. *Intelligence*, 40, 499-508.

De Ribaupierre, A., & Lecerf, T. (2006). Relationships between working memory and intelligence: convergent evidence from a Neo-Piagetian and a Psychometric approach. *European Journal of Cognitive Psychology*, 18, 109-137.

Dempster, F. (1992). The rise and fall of the inhibitory mechanism: Toward a unified theory of development and aging. *Developmental Review*, 12, 45-75.

Duncan, J., Schramm, M., Thompson, R., & Dumontheil, I. (2012). Task rules, working memory, and fluid intelligence.

*Psychonomic Bulletin & Review*, 19, 864-870.

Engel, R., Conway, A., & Gathercole, S. (2010). Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence*, 38, 552-561.

Engle, R., Kane, M., & Tuholski, S. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. En A. Miyake, & P. Sha (Eds.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (pp. 102-134). Nueva York: Cambridge University Press.

Engle, R., Tuholski, S., Laughlin, J., & Conway, A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 309-331.

Ferreira, A., Almeida, L., Prieto, G. & Guisande, M. (2012). Memoria e inteligencia: interdependencia en función de los procesos y contenidos de las tareas. *Universitas Psychologica*, 11(2), 455-467.

Gathercole, S., Pickering, S., Ambridge, B., & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40(2), 177-190.

Hernández, S., Díaz, A., Jiménez, J., Martín, R., Rodríguez, C., & García, E. (2012). Datos normativos para el test de Span Visual: Estudio evolutivo de la memoria de trabajo visual y la memoria de trabajo verbal. *European Journal of Education and Psychology*, 5(1), 65-77.

Hornung, C., Brunner, M., Reuter, R. A. P., & Martin, R. (2011). Children's working memory: Its structure and relationship to fluid intelligence. *Intelligence*, 39, 210-221.

Jaušovec, N., & Jaušovec, K. (2012). Working memory training: Improving intelligence – Changing brain activity. *Brain and Cognition*, 79, 96-106.

Kane, M., & Engle, R. (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

Kaufman, S., Deyoung, C., Gray, J., Jimenez, L., Brown, J., & Mackintosh, N. (2009). Implicit learning as an ability. *Cognition*, 116, 321-340.

Kyllonen, P., & Christal, R. (1990). Reasoning ability is (little more than) working memory capacity?! *Intelligence*, 14, 389-433.

Macizo, P., Bajo, T., & Soriano, M. (2006). Memoria operativa y control ejecutivo: Procesos inhibitorios en tareas de actualización y generación aleatoria. *Psicothema*, 18(1), 112-116.

Martínez, K., & Colom, R. (2009). Working memory capacity and processing efficiency predict fluid but not crystallized and spatial intelligence: Evidence supporting the neural noise hypothesis. *Personality and Individual Differences*, 46, 281-286.

Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of working memory. Mechanism of Active Maintenance and Executive Control*. Nueva York: Cambridge University Press.

Oberauer, K., Schulze, R., Wilhelm, O., & Süß, H. M. (2005). Working Memory and Intelligence—Their Correlation and Their Relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle. *Psychological Bulletin*, 131, 61-65.

Prabhakaran, V., Narayanan, K., Zhao, Z., & Gabrieli, J. (2000). Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nature Neuroscience*, 3, 85-90.

Prada, E., Pineda, G., Mejía, M., & Conde, C. (2010). Prueba computarizada Memonum: Efecto de intervalos y distractores sobre la memoria de trabajo en mujeres mayores de 50 años. *Universitas Psychologica*, 9, 893-906.

Raven, J. (1984). *Test de Matrices Progresivas para la medida de la capacidad intelectual*. Paidós: Barcelona.

Salthouse, T. (1993). Speed mediation of adult age differences in cognition. *Developmental Psychology*, 29, 722-738.

Salthouse, T., Pink, J., & Tucker-Drob, E. (2008). Contextual analysis of fluid intelligence. *Intelligence*, 36, 464-486.

Schweizer, K., & Moosbrugger, H. (2004). Attention and working memory as predictors of intelligence. *Intelligence*, 32, 329-347.

Troche, S., & Rammsayer, T. (2009). The Influence of temporal resolution power and working memory capacity on psychometric intelligence. *Intelligence*, 37, 479-486.

Unsworth, N., & Engle, R. N. (2005). Working memory capacity and fluid abilities: Examining the correlations between operation span and Raven. *Intelligence*, 33, 67-81.

Unsworth, N., & Spillers, G. J. (2010). Working memory capacity: Attention, memory, or both? A direct test of the dual-component model. *Journal of Memory and Language*, *62*, 392-406.

Wong, A., He, M., & Chan, R. (2013). Effectiveness of computerized working memory training program in Chinese community settings for children with poor

working memory. *Journal of Attention Disorders*, *158*(4), 555-561.

Yuan, K., Steedle, J., Shavelson, R., Alonzo, A., & Oppezzo, M. (2006). Working memory, fluid intelligence, and science learning. *Educational Research Review*, *1*, 83-98.