

La memoria operativa como capacidad predictora del rendimiento escolar. Estudio de adaptación de una medida de memoria operativa para niños y adolescentes

Francisco Gutiérrez-Martínez* y Melchor Ramos

Universidad Nacional de Educación a Distancia, España

INFORMACIÓN ARTÍCULO

Manuscrito recibido: 21/11/2013

Revisión recibida: 7/03/2014

Aceptado: 25/03/2014

Palabras clave:

Memoria operativa
Inteligencia fluida
Control ejecutivo
Rendimiento escolar

Keywords:

Working memory
Fluid intelligence
Executive control
School achievement

RESUMEN

Entre los factores que median el rendimiento escolar un constructo que ha adquirido particular relevancia es el de "memoria operativa" (MO), como capacidad esencial probablemente relacionada con los componentes fluidos de la inteligencia. Este trabajo presenta la adaptación y validación de una prueba de amplitud de MO (la PAR-a), a partir de un estudio correlacional en una muestra de alumnos de Educación Secundaria. A fin de examinar la consistencia teórica y empírica de la nueva medida se analizó su capacidad predictiva respecto a las calificaciones escolares, así como sus relaciones con otra prueba de memoria operativa y una medida de factor *g* de inteligencia. Los resultados avalan la validez de constructo y de criterio de PAR-a, al confirmar su valor predictivo y discriminativo respecto a la competencia intelectual general y el desempeño específico en las materias escolares, lo que pone de manifiesto su utilidad en los ámbitos educativos como medida predictora del rendimiento.

© 2014 Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid. Producido por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Working memory capacity as a predictor of school achievement. Adaptation study of a working memory measure for children and adolescents

ABSTRACT

Among the factors involved in school attainment, the construct "working memory" (WM) has gained particular significance, given that it is considered a basic capacity probably related to essential components of fluid intelligence. This paper presents the adaptation and validation of a WM span test (the PAR-a), based on a correlational study in a sample of high school students. In order to examine the empirical and theoretical consistency of the new measure, we assessed its predictive power on school qualifications, as well as its relations with another WM span test and an intelligence *g* Factor measure. The results support the construct and criterion validity of PAR-a, confirming its predictive and discriminative power regarding general cognitive ability as well as specific performance in academic subjects. This confirms, therefore, the usefulness of the test in educational contexts as a suitable tool to predict school achievement.

© 2014 Colegio Oficial de Psicólogos de Madrid. Production by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

En todos los niveles educativos el rendimiento académico depende de múltiples factores (contextuales, de personalidad, motivacionales, etc.) que probablemente interactúan de forma compleja (véase p. ej., Chamorro-Premuzic, Quiroga y Colom, 2009; Colom, Escorial, Shih y Privado, 2007); pero resulta indudable que entre tales factores uno de los más determinantes atañe a las capacidades intelectuales de los estudiantes. Son muchos los estudios que ponen de manifiesto la relación entre las medidas aptitudinales y el rendimiento y no sólo

respecto al logro académico en general sino también en referencia a las principales materias (p. ej., Gagné y St Père, 2002; Gathercole, Pickering, Knight y Stegmann, 2004; Spinath, Spinath, Harlaar y Plomin, 2006). A este respecto destacan, en particular, los índices de capacidad intelectual general –usualmente identificada como factor *g* de inteligencia– con correlaciones que frecuentemente superan el 0,50 tanto en estudios transversales como longitudinales (véase p. ej., Deary, Strand, Smith y Fernandes, 2007; Mackintosh, 1998). Sin embargo, todavía se desconoce cuál es la fuente de esta relación y, consecuentemente, tampoco está claro si existe una causalidad directa, ni la dirección de la misma; de manera que aún no se ha zanjado el debate entre los que ven el logro académico como una de las manifestaciones del "potencial intelectual" –de raíz biológica– que se

*La correspondencia sobre este artículo debe dirigirse a Francisco Gutiérrez-Martínez. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Facultad de Psicología. U.N.E.D. C/ Juan del Rosal, 10. 28040 Madrid. E-mail: fgutierrez@psi.uned.es

supone refleja el factor *g* (Jensen, 1998) y los que, a la inversa, definen que es la propia experiencia educativa y el nivel de logro alcanzado en la misma (es decir, el conocimiento y habilidades adquiridas) lo que determina causalmente los índices de inteligencia que arrojan los test (Ceci, 1991).

Probablemente, la persistencia de este debate –como otras pugnas clásicas en psicología– es producto de un enfoque reduccionista y dicotómico que no resulta apropiado y de ahí que actualmente lo que interesa no sea tanto contraponer “lo dado” y “lo adquirido”, como ir acotando los componentes y procesos involucrados desde punto de vista psicológico y cognitivo. Al fin y al cabo, dado que el propio *g* se deriva estadísticamente como factor psicométrico “latente” a múltiples tareas y ejecuciones, cabe pensar que deben existir capacidades generales más básicas subyacentes a la relación entre inteligencia y rendimiento. En esta dirección, un constructo que ha adquirido particular relevancia en las últimas décadas es el de “memoria operativa”, como capacidad esencial que quizá reúne los elementos cognitivos claves.

La MO como índice de competencia intelectual general

Desde su elaboración explícita por Baddeley y Hitch (1974), la “memoria de trabajo” [*working memory*] o memoria operativa (en adelante, MO) se entiende como la capacidad que nos permite manipular y retener simultáneamente la información relevante a la tarea en curso, así como el control ejecutivo-atencional necesario en la coordinación de ambas funciones, lo que supondría, asimismo, la adecuada gestión selectiva de la entrada informacional y la regulación de las activaciones e inhibiciones necesarias desde el conocimiento previo. Dada la importancia y generalidad de estos aspectos, no sorprenden las fuertes correlaciones que se vienen encontrando entre las medidas de MO y las de inteligencia general, tanto en el campo de estudio de las diferencias individuales en inteligencia, como en la investigación experimental de la propia MO (Ackerman, Beier y Boyle, 2005; Belacchi, Carretti y Cornoldi, 2010; Colom, Abad, Rebollo y Shih, 2005; Kyllonen, 1996), a lo que habría que añadir la también amplia evidencia de que las medidas de MO –como las de inteligencia– son predictivas del rendimiento académico en general (p. ej., Gathercole, Brown y Pickering, 2003; Jarvis y Gathercole, 2003) y del nivel de logro en las principales materias escolares. Por ejemplo, en relación con la lectura (Savage, Lavers y Pillay, 2007; Seigneuric y Ehrlich, 2005), la escritura (Abu-Rabia, 2003), las matemáticas y la aritmética (DeStefano y LeFevre, 2004; De Smedt et al., 2009; Swanson y Sachse-Lee, 2001) y también en relación con los grupos con particulares dificultades de aprendizaje (Leonard et al., 2007; Swanson, 2005).

Desde el punto de vista empírico, por tanto, no hay duda del valor del constructo de MO y sus medidas como buenos predictores de la ejecución cognitiva general y del rendimiento académico en particular, si bien desde el punto de vista teórico aún no existe gran consenso sobre la fuente de estas relaciones. Actualmente se manejan múltiples modelos de MO con diferentes énfasis (véase Andrade, 2001; Miyake y Shah, 1999) y asimismo se han propuesto distintas medidas con diferentes interpretaciones sobre los aspectos involucrados (Cowan et al., 2005). Pero más allá de las conceptualizaciones concretas se ha asumido de forma generalizada que la base de recursos con que cuenta el sistema de MO para atender sus funciones –de procesamiento y almacenamiento– es limitada en mayor o menor medida y ello es lo que determina básicamente las diferencias individuales, las cuales se manifestarían especialmente en las actividades cognitivas más complejas y demandantes, como el cálculo mental, el razonamiento o la lectura. Siendo éstas, precisamente, el tipo de tareas que reclama de modo preferente el trabajo y el aprendizaje escolar, no resulta extraño que también las medidas de MO constituyan buenos predictores del rendimiento. De hecho, en un estudio longitudinal llevado a cabo con niños que presentaban dificultades de aprendizaje Alloway, Rajendran y Archibald (2009) encontraron

que las pruebas de MO predecían el rendimiento escolar de modo más efectivo que las utilizadas para la obtención del CI. Además, la medida de la MO al comienzo de la escolaridad también mejoraba la predicción del éxito académico varios años después (Alloway y Alloway, 2010). Al parecer, de acuerdo con múltiples trabajos en esta línea (véase asimismo Alloway y Gathercole, 2006; Gathercole y Alloway, 2008), la capacidad de retener información mientras se opera con ella es necesaria en las actividades escolares, de manera que los alumnos con bajas puntuaciones de MO suelen presentar también bajos rendimientos, particularmente en las tareas complejas, como la lectura comprensiva (p. ej., tienen dificultades para seguir instrucciones largas o para relacionar información no dada simultáneamente).

La medida de la MO

En consonancia con la doble función de *almacenamiento* y *procesamiento* que se atribuye al sistema de MO –y en contraste con las medidas simples de “memoria a corto plazo”–, las medidas de MO se obtienen a partir de tareas complejas en las que el participante debe retener cierta información mientras realiza al mismo tiempo otra tarea que implica un procesamiento activo. A este respecto, la principal referencia sigue estando en la propuesta original de Daneman y Carpenter (1980), el *Reading Span Test* o Prueba de Amplitud Lectora (en adelante PAL), en la que almacenamiento y procesamiento se asocian a dos tareas distintas (*doble-tarea*), una primaria de “recuerdo” y otra secundaria de “lectura comprensiva”. En concreto, el participante ha de leer series crecientes de frases no relacionadas (niveles de 2 a 6 frases) y al final de cada serie se le pide recordar la última palabra de cada una de las frases leídas (series de 2 a 6 palabras). Por ejemplo, en la adaptación española de Elosúa, Gutiérrez-Martínez, García-Madruga, Luque y Gárate (1996) el primer ensayo del nivel 2 incluye las frases:

Según todas las encuestas, Robert Redford es el actor más famoso del cine.

Aquel verano hizo tanto frío que mucha gente tuvo que cambiar sus planes.

La última palabra de cada frase –*cine* y *planes*– es lo que el sujeto ha de retener a fin de recuperarlas al final de la serie. La lectura de las frases debe realizarse de forma consecutiva y sin pausas hasta el final de la serie, de manera que se toma como índice de MO el mayor nivel en el que se recuerda correctamente toda la secuencia de palabras.

Se han propuesto múltiples versiones de este tipo de tarea, variando la modalidad del material a almacenar –p. ej., numérico en vez de verbal (véase Yuill, Oakhill y Parkin, 1989)– y el procesamiento requerido como tarea secundaria –p. ej., una manipulación espacial en vez de la lectura (Shah y Miyake, 1996)– y con todas ellas se tiende a obtener buenas relaciones con múltiples manifestaciones de la cognición compleja, incluyendo la comprensión lectora (Daneman y Merikle, 1996; García-Madruga y Fernández-Corte, 2008), el razonamiento abstracto (Kyllonen y Christal, 1990), la solución de problemas (Welsh, Satterlee-Cartmel y Stine, 1999) y el aprendizaje (Swanson, 2005). Es decir, este tipo de medidas parecen relacionarse bien con distintos dominios de competencia y con los aspectos más básicos de la cognición (Lépine, Barrouillet y Camos, 2005), lo que ha reforzado la idea de que la PAL y tareas similares reflejan alguna capacidad general ligada al control atencional de las tareas (Bunting, Cowan y Saults, 2006; Daneman y Hannon, 2007; Engle, 2002; Kane, Bleckley, Conway y Engle, 2001), posiblemente en relación con los distintos aspectos del funcionamiento *ejecutivo central* (EC): la actualización (*updating*) de la información relevante, la inhibición de interferencias (*inhibition*) y el cambio atencional flexible (*shifting* o *switching*) entre tareas o estrategias (Baddeley, 1996; Oberauer, Süß, Wilhelm y Wittman, 2003, 2008). Ello explicaría, asimismo, sus rela-

ciones con el componente más general de la inteligencia (factor *g*), entendido como otro aspecto de la *cognición fluida* en tanto se refiere a los aspectos básicos de regulación y control de la actividad cognitiva, independientemente del contenido y dominio específico de la tarea (Engel de Abreu, Conway y Gathercole, 2010; Engle, 2010; Heitz, Unsworth y Engle, 2005; Schweizer y Moosbrugger, 2004). Además, la posibilidad de que las funciones ejecutivo-atencionales medien las relaciones observadas se ha visto apoyada por el hecho de que también por sí mismas parecen ser buenos predictores del rendimiento (Dehn, 2008; St. Clair-Thompson y Gathercole, 2006). En particular, distintos aspectos del funcionamiento ejecutivo ligado al control atencional de las actividades, se han relacionado con el rendimiento en distintas materias, como las matemáticas o la propia lectura (Best, Miller y Jones, 2009; Bull, Espy y Wiebe, 2008).

Justamente con el fin de orientar expresamente la medida de MO al componente ejecutivo-atencional de la tarea, Gutiérrez-Martínez, García-Madruga, Carriedo, Vila y Luzón (2005) proponen dos pruebas de "amplitud para el razonamiento" (PAR) que, si bien mantienen la estructura de doble-tarea de PAL (procesamiento + almacenamiento), incluyen un procesamiento más demandante a fin de asegurar la necesidad de coordinación y control atencional. Concretamente, en la denominada PAR-anl (que es la que interesa en el presente estudio) se sustituye la tarea de *lectura* por una tarea de *inferencia analógica*, cuyo resultado es la palabra a almacenar. Por ejemplo, el primer ensayo del nivel 2 incluye las siguientes analogías verbales:

<i>Bolígrafo es a escribir, como medicina es a...</i>	<i>Curar</i>	<i>Pinchar</i>
<i>Navegar es a barco, como volar es a...</i>	<i>Nube</i>	<i>Avión</i>

Entre las dos opciones ofrecidas el sujeto ha de seleccionar y tener la que considera correcta, de manera que el material a recordar es necesariamente el producto directo de un proceso de razonamiento y no de la mera lectura al final de una frase. Con ello se obliga a un procesamiento profundo y semántico que es lo suficientemente exigente como para generar interferencia con las demandas del almacenamiento, lo que supone, a su vez, una clara implicación de las capacidades ejecutivas y de control atencional del EC en orden a coordinar las dos tareas. Ciertamente, Gutiérrez-Martínez et al. (2005) encontraron en la PAR mayor capacidad predictiva de las diferencias en razonamiento deductivo, lo que sugería que si bien la estimación de la MO puede hacerse a partir de tareas que carguen el componente de procesamiento en un ámbito de competencia específico ha de asegurarse en todo caso que interfiera de forma estable con la tarea de almacenamiento, de manera que la prueba suponga una demanda creciente de coordinación (*switching*) sobre las capacidades ejecutivas generales. Asumimos que esto no está garantizado en la PAL, pues la carga que supone la lectura de frases puede resultar baja o inestable, incluso en la versiones con control de la lectura comprensiva (Friedman y Miyake, 2004) y más aún en los buenos lectores, en la medida en que puedan aprovechar su eficacia lectora a nivel superficial para activar estrategias particulares (usualmente basadas en el repaso y/o el agrupamiento) orientadas directamente al mantenimiento a corto plazo de las palabras, lo que se ha denunciado precisamente como el aspecto que reduce drásticamente la validez de la medida y su capacidad predictiva (Friedman y Miyake, 2004; Cowan et al., 2005), probablemente porque con ello se reducen las exigencias de control ejecutivo y atencional de la tarea.

Planteamiento y objetivos del presente estudio

En función de lo precedente, y a fin de contrastar tanto la consistencia teórica como empírica del constructo de MO, parece conveniente investigar las medidas de MO en relación con criterios externos, más allá de los relativos al dominio de competencia de la tarea de procesamiento. En particular se necesitan pruebas que permitan aislar mejor el componente ejecutivo de las mismas y ello no sólo

porque posiblemente es lo que las unifica como tareas de MO, sino también porque –de acuerdo con la exposición precedente– es este componente más general el que puede estar detrás de las relaciones encontradas con los otros importantes criterios de referencia: los índices de inteligencia fluida y las medidas del rendimiento escolar.

Por otro lado, si la MO puede considerarse, en efecto, como uno de los aspectos claves que subyacen a la reconocida relación entre inteligencia y el rendimiento escolar, presumiblemente las pruebas de MO miden una capacidad crucial para el funcionamiento cognitivo general y para el aprendizaje académico en particular y, por tanto, este tipo de medidas deberían ser una parte central de la valoración psicopedagógica, sobre todo en lo que a las dificultades de aprendizaje se refiere (Alloway et al. 2009; Alloway y Temple, 2007; Pickering y Gathercole, 2004). En particular, parece indicada la estimación de la MO a partir de la Educación Primaria a fin de detectar los casos deficitarios y poder poner en marcha posibles intervenciones compensatorias de cara a prevenir o reducir las probables consecuencias negativas en la actividad escolar y el rendimiento académico (Dehn, 2008; Gathercole y Alloway, 2008; Pickering, 2006).

En este contexto de intereses el objetivo último de este trabajo ha sido el de proponer una prueba de amplitud de MO centrada en el componente ejecutivo-atencional y aplicable desde los 10 años en adelante. En concreto, presentamos a continuación un estudio de *adaptación y validación de la PAR-anl para niños y adolescentes* (la PAR-a), asumiéndola como una medida de MO que incide adecuadamente en el componente ejecutivo-atencional de la tarea como posible base de las relaciones encontradas con los criterios claves ya referidos: los índices de inteligencia general (factor *g*) y de rendimiento escolar.

Desarrollo y selección de los ítems de la prueba adaptada

Dado que la PAR-anl había sido diseñada para su aplicación en sujetos adultos. Fue necesario adaptar la tarea de inferencia en la que se basa (analogías verbales) a fin de evitar la posible influencia de variables ajenas a los factores relevantes, tales como el nivel de conocimientos en torno a los términos utilizados o las relaciones conceptuales expresadas. Para ello realizamos un estudio de las analogías empleadas en Gutiérrez-Martínez et al. (2005) en una muestra de niños que cursaban 5º de Primaria. El objetivo fue conseguir un conjunto de ítems adecuados al nivel de conocimientos y de vocabulario de los niños de los últimos cursos de la Educación Primaria. Para ello se siguieron los mismos criterios manejados en la elaboración de la prueba original en cuanto al muestreo de categorías semánticas utilizadas y el tipo de relaciones analógicas implicadas (pueden consultarse en Gutiérrez-Martínez et al., 2005). No obstante, a fin de lograr reducir y equilibrar la dificultad de las analogías en la construcción de la serie definitiva de ítems se buscaron nuevas relaciones categoriales, familiares a los niños de Primaria (véase Callejas, Correa, Lupiáñez y Tudela, 2003; Goikoetxea, 2000) y se utilizaron palabras con un elevado índice de frecuencia en español (véase Alameda y Cuetos, 1995, 2001). En este sentido cabe precisar que, de acuerdo con los criterios de la prueba, si bien la analogía debía garantizar un proceso de inferencia, presentada aisladamente no debía suponer dificultad (el criterio fue de un 95% de aciertos como mínimo).

En función de este objetivo, la selección definitiva de ítems conllevó dos aplicaciones de distintos conjuntos de analogías, utilizándose para ello dos grupos de alumnos de Primaria del C.E.P. "Tomás Iglesias" de Conil (Cádiz). A partir de esta selección se construyó la nueva prueba –que designamos como PAR-a–, distribuyéndose las analogías al azar en los distintos niveles y series, conforme a la estructura de la prueba original (véase anexo).

Estudio de validación de PAR-a

Puesto que el objetivo era que PAR-a fuese aplicable a partir de los 10 años, se estimó conveniente utilizar una muestra de adolescentes

de entre 14 y 15 años (3º de la ESO) como tramo intermedio del rango de edades de interés: mayor que el utilizado para la selección de los ítems, pero no cubierto por la prueba original, diseñada directamente para adultos. Por otro lado, a fin de explorar empíricamente su validez, esta aplicación se realizó junto a otras pruebas (de MO y de inteligencia) para evaluar su consistencia como medida de MO, así como su valor predictivo con respecto a otras tareas cognitivas complejas.

A los efectos perseguidos, el conjunto de datos obtenidos fueron analizados según dos tipos de estudios: en primer lugar, un *estudio correlacional* en el que examinamos las relaciones de PAR-a con el resto de índices entendidos como criterios para determinar su validez predictiva y de constructo y en segundo lugar, un *estudio cuasi-experimental* en el que los sujetos de la muestra utilizada se dividieron en dos grupos en función de las puntuaciones obtenidas en PAR-a (altos y bajos en amplitud de MO), analizándose sus diferencias en el resto de las pruebas.

De acuerdo con la introducción teórica y las consideraciones precedentes, como punto de partida se esperaba que tanto las medidas de MO como la medida de inteligencia se mostrarían predictivas del rendimiento escolar, corroborando las múltiples evidencias previas en este sentido. Sobre esta base, las hipótesis específicas en torno a la nueva prueba fueron las siguientes:

1. Suponiendo que las puntuaciones en PAR-a y en PAL constituyen índices de la amplitud de la MO de los sujetos, correlacionarán positivamente entre sí, indicando así su validez respecto al constructo común subyacente.
2. Dado el tipo de procesamiento (más demandante de los recursos del EC) exigido por la PAR-a con respecto a la PAL, su dificultad será mayor, esto es, los valores de amplitud de MO arrojados por la PAL serán mayores que los arrojados por la PAR-a.
3. Considerando que PAR-a refleja fundamentalmente las capacidades generales de la MO a nivel ejecutivo, mantendrá una relación positiva tanto con la medida de inteligencia como con los índices de rendimiento escolar y, en todo caso, las correlaciones serán más altas que las observadas con PAL.
4. Lo anterior se manifestará igualmente en términos de diferencias entre los sujetos de alta y baja MO según la medida proporcionada por la PAR-a. En concreto cabe esperar que el rendimiento de los sujetos altos en MO sea mejor que el de los sujetos bajos en MO, tanto en la prueba de inteligencia como en las materias escolares.

Método

Participantes

La muestra del estudio se constituyó inicialmente a partir de dos grupos completos de clase (de 21 y 24 alumnos) pertenecientes al tercer curso de la ESO (14-15 años) del Instituto "La Atalaya" de Conil (Cádiz). Sin embargo, en los análisis no se incluyeron los datos de los alumnos con necesidades educativas especiales o que ya habían cumplido 16 años, de manera que finalmente la muestra estudiada fue de 39 participantes (28 alumnos de 14 años y 11 de 15).

Materiales

Aparte del índice de MO arrojado por la PAR-a se obtuvo otra medida de MO a fin de examinar la validez de constructo. En concreto, se aplicó la adaptación de la PAL (Elosúa et al., 1996) a la población infantil realizada por Carriedo y Rucián (2009), denominada PAL-n. Tanto PAR-a como PAL-n mantienen una estructura equivalente a la de la original prueba de Amplitud Lectora (véase Elosúa et al., 1996; Gutiérrez-Martínez et al., 2005, para una descripción detallada), de manera que su aplicación también es semejante. Así, los ítems (frases

o analogías) se presentan en series sucesivas cuyo número va aumentando progresivamente –de dos a cinco– y con tres ensayos en cada nivel, configurando, por tanto, cuatro bloques o niveles de dificultad creciente.

Ambas pruebas se aplicaron mediante ordenador en una versión informática, procediéndose del mismo modo en todos los ensayos: el sujeto ha de leer en voz alta cada frase/analogía presentada sucesivamente en el centro de la pantalla, hasta completar el número correspondiente al nivel testado (2, 3, 4 y 5). El cambio a un nuevo ítem se produce tras ultimar la tarea de procesamiento: en PAL-n tras la lectura de la última palabra de cada frase y en PAR-a una vez que se resuelve la analogía eligiendo entre las dos opciones presentadas. En ambos casos, con el fin de impedir estrategias suplementarias (de repaso o de agrupamiento), los sujetos fueron instruidos para que el proceso se realizase sin pausas. Al final de cada serie aparecía una interrogación, indicando al sujeto que debía intentar recordar –en su orden de aparición– bien la última palabra de cada una de las frases (PAL-n) o bien las respuestas dadas a cada una de las analogías (PAR-a). La prueba se da por concluida en el nivel en que se fracasa (recuerdo nulo o incompleto) de forma reiterada en los tres ensayos. Para puntuar la ejecución se aplicó el "criterio integrado" desarrollado por Elosúa et al. (1996) en el que se asigna una puntuación entera correspondiente al nivel alcanzado (por tanto, entre 2 y 5) más una puntuación decimal (entre 0.1 y 0.9) que matiza la actuación concreta dentro de ese nivel considerando todos los ensayos.

Por otro lado, a fin de examinar la capacidad predictiva de PAR-a respecto a criterios de capacidad cognitiva general, se utilizaron las puntuaciones obtenidas en el test de Matrices Progresivas de RAVEN (véase Raven, Court y Raven, 1996), dado que es considerado directamente como una escala para estimar el factor *g* o inteligencia fluida. La prueba requiere que los participantes razonen sobre las relaciones que agrupan un conjunto incompleto de formas abstractas a fin de seleccionar entre varias opciones la figura que la completa correctamente (puntuación máxima: 60).

Finalmente, como criterio externo de validez, se añadieron al análisis las calificaciones obtenidas por los participantes en las distintas materias de estudio, según la nota media reflejada en las actas correspondientes a la evaluación final del curso. Concretamente, se calculó la media de las calificaciones (valores enteros de 0 a 10) obtenidas en las nueve materias (excluida la Educación Física (EF) que componen el currículo del curso: Física y Química (FQ), Biología y Geología (BG), Ciencias Sociales (CS), Geografía e Historia (GH), Educación Plástica (EP), Lengua Castellana y Literatura (LC), Inglés (IN), Matemáticas (MA), Música (MU) y Tecnología (TE). La nota media global se representa como N_M.

Diseño y procedimiento

El diseño utilizado para la primera parte del estudio (*estudio correlacional*) fue intrasujeto, ya que todos los participantes realizaron las distintas pruebas. RAVEN se aplicó colectivamente en una sesión de clase, en tanto que las pruebas de amplitud de MO fueron individuales. A fin de minimizar la posible influencia del factor de orden las pruebas de MO se contrabalancearon entre sí y también con respecto al RAVEN. Cada sujeto, por tanto, pasó por dos sesiones individuales alternadas entre la colectiva y con una duración de entre 10 y 20 minutos cada una de ellas.

Para la segunda parte del estudio (*estudio cuasi-experimental*) se ha utilizado un diseño intersujetos en el que –como ya señalamos anteriormente– dividimos a los participantes en dos grupos según la puntuación alcanzada en PAR-a. En concreto, consideramos sujetos ALTOS en PAR-a a aquellos que obtuvieron una puntuación de 0.5 DT (desviaciones típicas) por encima de la media y BAJOS a aquellos cuya puntuación estaba por debajo de 0.5 DT de la media.

Resultados

Relaciones de PAR-a con los criterios

Los resultados de conjunto quedan recogidos en las tablas 1 y 2. Como puede apreciarse, estos resultados ponen de manifiesto, en primer lugar, que la dificultad de PAR-a ($M = 2.49$, $DT = 0.34$) es superior a la de PAL-n ($M = 2.97$, $DT = 0.47$), y con una diferencia estadísticamente significativa, $t(38) = 6.25$, $p < .001$ tal y como esperábamos ($H2$).

Tabla 1
Medidas descriptivas de las pruebas de MO ($N = 39$)

Pruebas	Media	Desviación típica
PAR-a	2.49	0.34
PAL-n	2.97	0.47

Además, la correlación entre las medidas arrojadas por ambas pruebas de amplitud (véase la tabla 2) fue positiva y significativa ($r = .31$, $p < .05$, unilateral), lo que avala la *validez de constructo* de la nueva prueba confirmando nuestra hipótesis al respecto ($H1$).

Tabla 2
Correlaciones Pearson entre las medidas (significación unilateral)

	PAR-a	PAL-n	RAVEN
PAL-n	.31*		
RAVEN	.54**	.30*	
NOTA_MEDIA	.46**	.02	.52**

* $p < .05$, ** $p < .01$

Por otro lado, como puede también apreciarse en la tabla 2, las correlaciones encontradas en el resto de pruebas fueron todas ellas positivas, aunque con diferencias importantes en cuanto a su significación estadística, especialmente si tenemos en cuenta que fueron computadas según un contraste unilateral (probabilidades para una sola cola), dada la clara dirección de nuestras expectativas. En concreto, las correlaciones de PAR-a fueron positivas y -como se esperaba- significativas tanto con el índice de rendimiento escolar ($r = .46$, $p < .01$), como con la medida de inteligencia fluida ($r = .54$, $p < .01$); mientras que PAL-n sólo correlacionó con ésta última y con un índice menor ($r = .30$, $p < .05$), todo lo cual confirma la mayor capacidad predictiva de PAR-a para ambos criterios ($H3$). De hecho, atendiendo al coeficiente de determinación (R^2) existe más de un 29% de varianza compartida entre PAR-a y RAVEN (frente a un 0.09% por parte de PAL-n); y asimismo PAR-a podría pronosticar en torno al 22% de la calificación media obtenida en el curso. En consecuencia, por lo que se refiere a la *validez de criterio*, puede decirse que PAR-a se comportó de manera más consistente que PAL-n como medida de capacidad general, en consonancia con lo previsto en nuestra tercera hipótesis.

Esto es extensivo prácticamente a cada una de las materias del curso, según se refleja en la tabla 3. Como puede apreciarse, todas

Tabla 3
Correlaciones Pearson con las materias escolares (significación unilateral)

	FQ	BG	CS	EP	LC	IN	MA	MU	TE	N_M
PAR-a	.40**	.28*	.44**	.49**	.38**	.50**	.38**	.33*	.36*	.46**
PAL-n	.04	.10	-.05	.07	-.03	.12	.01	-.12	.00	.02
RAVEN	.46**	.31*	.50**	.50**	.33*	.56**	.50**	.42**	.51**	.52**

* $p < .05$, ** $p < .01$

ellas correlacionaron positiva y significativamente tanto con PAR-a, como con RAVEN y de forma bastante paralela, mientras que PAL-n no resultó predictiva en ninguno de los casos.

Diferencias entre los participantes de MO alta y baja según PAR-a

Finalmente, a fin de verificar la capacidad predictiva de PAR-a sugerida por los datos correlacionales, llevamos a cabo un pequeño estudio cuasi-experimental en el que comparamos las puntuaciones criterio (en inteligencia fluida y rendimiento escolar) en los sujetos de alta y los de baja amplitud de MO, según el índice arrojado por la nueva prueba. Concretamente, el primer grupo (alta MO) se formó con los 13 sujetos que habían obtenido una puntuación de 0.5 DT por encima de la media (2.49) en PAR-a y el segundo con los 16 sujetos cuya puntuación fue 0.5 DT inferior a ella. Comparamos entonces las puntuaciones promedio de las distintas medidas (PAR-a, RAVEN y Nota Media) en los dos grupos a través de la prueba t de Student. Con esta comparación intergrupo, basada en dos condiciones generadas por la propia medida (esto es, manipulándola como VI), hemos pretendido corroborar en términos experimentales los resultados correlacionales previos. Los datos así obtenidos se encuentran reflejados en la tabla 4 y figura 1. Como puede apreciarse, y tal y como esperábamos, las puntuaciones medias son significativamente diferentes en la dirección esperada, tanto en la medida de inteligencia (3.99, $p < .01$), como con respecto a las calificaciones (1.87, $p < .01$).

Tabla 4
Medias en los criterios en el grupo general y en los clasificados como altos y bajos en MO según la medida de PAR-a

	General ($N = 39$)	Altos en PAR-a ($N = 13$)	Bajos en PAR-a ($N = 16$)	Diferencia
PAR-a	2.49	2.86	2.13	0.73**
RAVEN	47.82	49.92	45.94	3.99**
NOTA_MEDIA	5.60	6.62	4.75	1.87**

* $p < .05$, ** $p < .01$

Por materias, también en todos los casos fue mayor la calificación de los alumnos clasificados como altos en PAR-a que la de los bajos. Las diferencias observadas fueron además significativas en ocho de las nueve materias (véase la tabla 5), quedando muy próxima a la significación en Biología-Geología ($p = .07$).

Tabla 5
Medias en las materias escolares en el grupo general y en los clasificados como altos o bajos en MO según la medida de PAR-a

Materia	General ($N = 39$)	Altos en PAR-a ($n = 13$)	Bajos en PAR-a ($n = 16$)	Diferencia
FQ	4.95	6.15	4.19	1.97**
BG	6.08	6.77	5.31	1.46
CS	5.44	6.62	4.50	2.12**
EP	6.49	7.15	5.81	1.34**
LC	5.15	6.46	4.19	2.27**
IN	4.97	6.54	3.63	2.91**
MA	5.31	6.38	4.44	1.95**
MU	5.85	6.69	5.25	1.44 *
TE	6.13	6.85	5.44	1.41*

* $p < .05$, ** $p < .01$

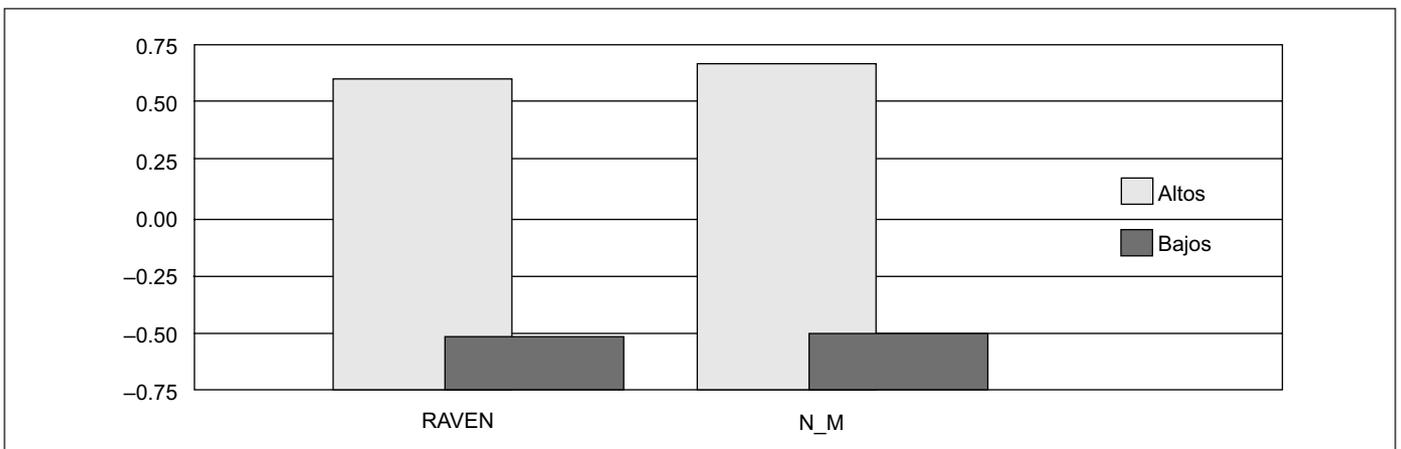


Figura 1. Comparación de las medias (puntuaciones típicas) de los grupos altos y bajos en PAR-a respecto a las medidas criterio.

Discusión

En general los resultados obtenidos en el estudio en torno a PAR-a y su capacidad predictiva confirman las hipótesis de partida. En primer lugar, cabe señalar la diferencia obtenida entre las medias de la PAR-a y la PAL-n adaptada de Carriedo y Rucián (2009). Como esperábamos, PAR-a resultó significativamente más difícil (un 19%, en términos porcentuales) lo que, de acuerdo con nuestro planteamiento, cabe atribuir a la mayor carga en el componente de procesamiento que supone la tarea de inferencia y, consecuentemente, a la mayor interferencia que provoca con la tarea de almacenamiento. No obstante, la existencia de una correlación positiva y significativa entre ambas pruebas (.31), junto a su idéntica estructura, apoyan asimismo la idea de que suponen distintas estimaciones de una misma capacidad, presumiblemente ligada a la amplitud de la MO de los participantes. Este resultado no sólo confirma la validez de constructo de la prueba –es decir nuestra primera hipótesis– sino que también sugiere que, en mayor o menor grado, ambas pruebas inciden en algún componente del sistema de MO no relacionado específicamente con el tipo de procesamiento requerido. Teniendo en cuenta, además, que también las dos correlacionan significativamente con la ejecución en el RAVEN, cabe pensar que ese componente pueda estar ligado a las capacidades fluidas y, en este sentido, las relaciones observadas resultan consistentes con los actuales modelos de MO que ponen el acento en la actuación de algún dispositivo central, de carácter ejecutivo general, encargado de la distribución adecuada de los recursos atencionales (p. ej., Engle, 2002, 2010; Kane, et al., 2001).

En esta dirección sin embargo –y ya en relación con nuestra tercera hipótesis– cabe destacar que PAR-a parece mostrarse más consistente que PAL-n, al considerar asimismo las relaciones de ambas medidas con el otro criterio clave, el rendimiento escolar. Así, se constata que PAR-a mantiene correlaciones significativas tanto con la calificación media (.46) como con la puntuación en RAVEN (.54), mientras que PAL-n sólo lo hace con esta última prueba y en menor cuantía (.30). Es decir, tal y como esperábamos (a diferencia de PAL-n) PAR-a arroja una medida de MO que predice de forma consistente las puntuaciones en inteligencia fluida y rendimiento escolar. De acuerdo con nuestro planteamiento, entendemos que ello puede deberse a que PAR-a, por su mayor demanda en el procesamiento, dificulta en mayor medida las actuaciones estratégicas superficiales de almacenamiento, con lo que éste depende más de la auténtica “amplitud” de la MO ligada a la adecuada gestión del ejecutivo central (en términos del modelo de Baddeley) en la división atencional que conlleva la doble-tarea. Asumimos que este control ejecutivo está ligado a las capacidades fluidas y de ahí que la medida arrojada por

PAR-a se muestre predictiva en cierto grado tanto de la inteligencia general como de los rendimientos escolares relativos a dominios específicos.

No obstante, frente a este planteamiento de “capacidad general”, podría plantearse una objeción y es que, puesto que el completamiento de las matrices del RAVEN reclama procesos de inferencia analógica –aunque sea sobre material abstracto– puede considerarse en realidad como una prueba de “razonamiento deductivo” y de ahí su notable mayor relación con PAR-a que con PAL-n. Consecuentemente, la alta correlación entre PAR-a y RAVEN podría contemplarse más bien a favor de la original hipótesis de Daneman y Carpenter (1980) relativa a una amplitud de MO “residual” dependiente de la eficacia en el procesamiento específico requerido por la tarea –en este caso, el razonamiento lógico. Es decir, estaría respaldando no la concepción de una capacidad de MO de dominio general sino la que enfatiza la especificidad de su funcionamiento ante la necesaria distribución de recursos compartidos (*trade-off*) entre las funciones de procesamiento y almacenamiento (Friedman y Miyake, 2004).

Posiblemente, sin embargo, no se trata de concepciones contrapuestas, sino de descripciones complementarias realizadas bajo puntos de vista diferentes. A fin de cuentas, esa distribución de los recursos también necesariamente atañe al papel del EC a efectos de coordinación e integración de ambas funciones (Jarrold y Towse, 2006). Por tanto, en cualquiera de las dos perspectivas resulta determinante el control ejecutivo-atencional de la ejecución, independientemente de que el nivel de competencia en las operaciones del procesamiento imponga más o menos demandas a ese control ejecutivo. Ello también está avalado por el patrón de relaciones encontrado respecto a las distintas materias escolares, pues, tal como vimos (tabla 3), se constata una correlación positiva y significativa de PAR-a con los resultados académicos obtenidos en todas las materias y estadísticamente alta ($p < .01$) en seis de las nueve que conforman el currículo. Es decir, la PAR-a no sólo se muestra predictiva de las calificaciones en las asignaturas más directamente ligadas a claras demandas de razonamiento lógico (como Matemáticas o Física-Química), sino que también evidencia una relación significativa con otras materias muy dispares en cuanto al peso de la habilidad de razonamiento como tal (p. ej. con Educación Plástica o con Inglés).

Este tipo de análisis viene corroborado, además, por los resultados del estudio comparativo entre sujetos altos y bajos en MO, según la medida proporcionada por PAR-a, pues las diferencias encontradas también fueron significativas en los dos criterios, inteligencia y rendimiento. Así, asumida como reflejo principalmente de capacidades “fluidas” generales, PAR-a marca, en efecto, las diferencias en las puntuaciones de Inteligencia, por ser el aspecto clave, pero también revela las diferencias de rendimiento, presumiblemente porque –

como también destacamos– los aspectos ejecutivos son un componente importante en la resolución eficaz de las tareas escolares. De hecho, las diferencias asociadas al nivel de MO –según la PAR-a– se mantienen prácticamente en todas y cada una de las materias escolares, poniendo de manifiesto que la amplitud de MO media el éxito escolar de forma generalizada y no necesariamente asociada a las competencias más específicas de cada materia.

En definitiva, tanto el patrón de correlaciones encontradas como las diferencias entre altos y bajos sugiere que PAR-a incide predominantemente en alguna capacidad general, posiblemente de naturaleza fluida y que los procesos que subyacen a su capacidad predictiva de la inteligencia y de los rendimientos escolares no atañen exclusiva o estrictamente a la competencia en razonamiento como habilidad específica.

Por supuesto, esto no significa negar la probable doble implicación de componentes generales y específicos en las medidas de MO; de hecho, la alta correlación entre PAR-a y RAVEN posiblemente puede interpretarse mejor como efecto de una combinación o contribución conjunta de ambos tipos de factores, aunque sea en distintas proporciones. Por otro lado, si bien parece claro que su común capacidad predictiva del rendimiento –incluso en las diferentes materias– puede descansar en parte en algún mecanismo general compartido y de naturaleza fluida, posiblemente también se dan en cada caso contribuciones de procesos no compartidos (Steinmayr, Ziegler y Träuble, 2010). A fin de cuentas, tal y como se ha destacado reiteradamente en la literatura, la MO y el factor *g* de inteligencia son constructos muy relacionados, pero también distintos (p. ej., Colom, Abad, Quiroga, Shih y Flores-Mendoza, 2008; Colom et al., 2005; Heitz et al., 2006; Oberauer, Schulze, Wilhelm y Süb, 2005; véase Yuan, Steedle, Shavelson, Alonzo y Oppezzo, 2006, para una revisión). En todo caso, y de acuerdo con nuestro propio planteamiento acerca de PAR-a, estos resultados hacen plausible la idea de que la parte compartida por ambos constructos atañe, precisamente, a los procesos relacionados con el control ejecutivo-atencional de las tareas. En este sentido, PAR-a se habría mostrado más predictiva que PAL-n simplemente porque involucra de manera más consistente y estable este factor general, probablemente debido a la mayor carga que supone el procesamiento inferencial.

En conclusión, pues, los resultados de conjunto avalan la validez de constructo y de criterio de PAR-a, al confirmar su valor predictivo y discriminativo respecto a la competencia intelectual general y respecto al desempeño específico en las materias escolares y ello probablemente sobre la base de las particulares demandas atencionales y ejecutivas que impone la doble-tarea, más que de las específicas habilidades de razonamiento implicadas por la tarea de procesamiento.

Pero más allá del sustrato teórico de las relaciones encontradas, los resultados son sobre todo valorables desde el punto de vista aplicado, por cuanto ponen de manifiesto la utilidad de la prueba en los ámbitos educativos como predictor de rendimiento. Dadas, además, las muestras con las que se ha desarrollado el estudio, pensamos que PAR-a podrá ser utilizada en el diagnóstico psico-pedagógico en un amplio rango de edades, incluyendo la población infantil del último ciclo de la Educación Primaria –a partir de los 10 años. Ello es importante, puesto que el sentido de este tipo de evaluación debe trascender el mero diagnóstico, suministrando información útil de cara a afrontar y/o prevenir posibles dificultades de aprendizaje y de rendimiento, lo que resulta particularmente relevante en el tránsito de la Educación Primaria a la ESO y no sólo por la adaptación que reclama el afrontamiento exitoso de la nueva etapa escolar (con cambios de contenido y de método), sino también porque posiblemente a estas edades se están produciendo, asimismo, progresos trascendentes en el desarrollo cognitivo de los niños. En este sentido, precisamente, PAR-a también puede resultar apropiada para la realización de estudios evolutivos que permitan seguir avanzando en la adecuada caracterización y operativización del constructo de memoria operativa, articulando y precisando su papel e integración en los mode-

los de desarrollo y de funcionamiento cognitivo eficaz en los procesos de aprendizaje.

Extended Summary

In the investigation of the factors involved in school achievement, a construct that has become particularly important in recent years is “working memory” (WM). It is understood as an essential capacity, probably related to essential aspects of fluid intelligence, and responsible of temporal maintenance and manipulation of the information that is relevant to ongoing cognitive task. This is necessary in almost all school activities and particularly in complex cognitive tasks involving learning, reasoning or understanding. In fact, there is ample evidence that WM measures – such as intelligence measures – are predictive of overall academic performance, as well as levels of achievement across key skills and school subjects such as reading comprehension or mathematics. In this context, the main objective of this work was to propose a WM span test (the PAR-a), applicable from age 10 (last stage of Primary Education). The test focuses on the general executive-attentional component of the task as a possible basis of the relationships found between WM, general intelligence (*g* Factor) and school performance.

Given that the original test (PAR-anl; Gutiérrez-Martínez, García-Madruga, Carriedo, Vila, & Luzón, 2005) was designed for use in adult subjects, it was necessary to adapt the inference task upon which it was based (verbal analogies) to the knowledge and vocabulary of children in the final year of Primary Education. Subsequently, in order to validate the measure as an indicator of general executive component, a correlational study was conducted on a sample of students in 3rd year of ESO (adolescents between 14 and 15 years old), in which we evaluated the test’s predictive power on school achievement. But in addition to this empirical criterion, in order to examine its theoretical consistency, we also analyzed its relationship with another test of working memory (the classic Reading Span Test) and a measure of *g*-Factor or fluid intelligence (RAVEN test). Furthermore, with the aim of verifying the correlational data, a quasi-experimental study was carried out in which we compared the criterion scores (in intelligence and school performance) on two group of subjects with high or low WM span, selected according to the index provided by the PAR-a.

Overall, the results support the construct and criterion validity of PAR-a, confirming its predictive and discriminative power with respect to general intellectual competence and performance in specific school subjects. As expected, PAR-a correlations were positive and significant with the levels of school performance (PAR-a predicts about 22% of the average score obtained in the course). It was also significantly related to fluid intelligence (PAR-a and RAVEN shared more than 29% of the variance). This suggests that the primary basis of these relationships is related to the executive-attentional demands of the dual task involving PAR-a, more so than the specific reasoning skills involved in analogical inference task.

Beyond the theoretical basis of the relationships observed, the results are interesting from an applied point of view. This is because they reveal the utility of the test as a psycho-pedagogical diagnostic tool, and one that serves to predict school achievement of students from the latter years of primary education. This is important to the extent that PAR-a may provide useful information in order to solve or prevent possible learning difficulties, which is particularly relevant in the transition from Primary to Secondary Education.

Conflicto de intereses

Los autores de este artículo declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

Financiación

Este estudio se financió en parte mediante un proyecto de investigación del Ministerio de Educación y Ciencia (SEJ2004-07398).

Agradecimientos

Agradecemos a los alumnos, docentes y directivos del Instituto "La Atalaya" y del Colegio "Tomás Iglesias" de Conil (Cádiz) su colaboración y participación en el estudio.

Notas

¹Desde la definición que ya propusiera Cattell (1971), la *inteligencia fluida* se identifica con la capacidad para adaptar flexiblemente el pensamiento ante situaciones o problemas nuevos –en contraste con las ejecuciones que dependen más directamente de conocimientos o destrezas ya adquiridas y consolidadas a través de la experiencia (*inteligencia cristalizada*)–; y de ahí que se evalúe a través de tareas no verbales y abstractas –relativamente libres de influencias culturales–, que se supone pueden poner de manifiesto ese componente más general de la inteligencia (factor g).

²Se ha argumentado que puede existir cierta "circularidad" en este planteamiento (esto es, que la relación con el razonamiento pueden deberse a que la propia medida de MO se basa en tareas que reclaman esa misma competencia o habilidad cognitiva), pero realmente no es el caso, dado el bajo nivel de dificultad de los problemas de analogías utilizados en las tareas de MO. De hecho, al construir la prueba se seleccionaron problemas de inferencia analógica suficientemente sencillos (al menos 95% de aciertos) como para no generar diferencias individuales en la ejecución cuando se presentan de forma aislada o independiente. Dicho de otro modo, el *procesamiento* de las inferencias solo sobrecarga el sistema de MO cuando de forma simultánea se pide *almacenarlas* para su recuerdo posterior (doble-tarea) (véase el citado trabajo).

³Los detalles de este estudio previo de elaboración y selección de los ítems de PAR-a, pueden consultarse en Ramos y Gutiérrez-Martínez (2008).

Referencias

- Abu-Rabia, S. (2003). The Influence of working memory on reading and creative writing processes in a second language. *Educational Psychology, 23*, 209-222.
- Ackerman, P., Beier, M. E. y Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: the same or different constructs? *Psychological Bulletin, 131*(1), 30-60.
- Alameda, J. R. y Cuetos, F. (1995). *Diccionario de frecuencia de las unidades lingüísticas del castellano*. Oviedo: Servicio de publicaciones de la Universidad de Oviedo.
- Alameda, J. R. y Cuetos, F. (2001). Índices de frecuencia y vecindad para palabras de cinco letras. *Revista Electrónica de Metodología Aplicada, 6*(2). En <http://www.uniovi.es/~Psi/REMA>
- Alloway, T. P. y Alloway, R. G., (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*, 20-29.
- Alloway, T. P. y Gathercole, S. E. (2006). *Working memory and neurodevelopmental disorders*. New York, NY: Psychology Press.
- Alloway, T. P., Rajendran, G. y Archibald, L. M. D. (2009). Working memory in children with developmental disorders. *Journal of Learning Disabilities, 42*, 372-382.
- Alloway, T. P. y Temple, K. J. (2007). A comparison of working memory skills and learning in children with developmental coordination disorder and moderate learning difficulties. *Applied Cognitive Psychology, 21*, 473-487.
- Andrade, J. (2001). *Working memory in perspective*. New York, NY: Psychology Press.
- Baddeley, A. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology, 49*(1), 5-28.
- Baddeley, A. y Hitch, G. (1974). Working memory. En G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation* (vol. 8, pp. 47-89). New York: Academic Press.
- Belacchi, C., Carretti, B. y Cornoldi, C. (2010). The role of working memory and updating in Coloured Raven Matrices performance in typically developing children. *European Journal of Cognitive Psychology, 22*, 1010-1020.
- Best, J. R., Miller, P. H. y Jones, L. L. (2009). Executive Functions after Age 5: Changes and Correlates. *Developmental Review, 29*(3), 180-200.
- Bull, R., Espy, K y Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Cognitive Neuroscience Laboratory - Faculty and Staff Publications*, Paper 40.
- Bunting, M., Cowan, N. y Saults, J. S. (2006). How does running memory span work? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 59*, 1691-1700.
- Callejas, A., Correa, Á., Lupiáñez, J. y Tudela, P. (2003). Normas asociativas intracategoriales para 612 palabras de seis categorías semánticas en español. *Psicológica, 24*, 185-214.
- Carriedo, N. y Rucian, M. (2009). Adaptación para niños de la prueba de amplitud lectora de Daneman & Carpenter (PAL-n). *Infancia y Aprendizaje, 32*, 449-485.
- Cattell, R. B. (1971). *Abilities: Their structure, growth and action*. Boston: Houghton-Mifflin.
- Ceci, S. J. (1991). How much does schooling influence general intelligence and its cognitive components? A reassessment of the evidence. *Developmental Psychology, 27*, 703-722.
- Chamorro-Premuzic, T., Quiroga, M. A. y Colom, R. (2009). Intellectual competence and academic performance: A Spanish replication and extensión. *Learning and Individual Differences, 19*, 486-491.
- Colom, R., Abad, F. J., Quiroga, M.A., Shih, P. C. y Flores-Mendoza, C. (2008). Working memory and intelligence are highly related constructs, but why? *Intelligence, 36*, 584-606.
- Colom, R., Abad, F. J., Rebollo, I. y Shih, P. C. (2005). Memory span and general intelligence: A latent-variable approach. *Intelligence, 33*, 623-642.
- Colom, R., Escorial, S., Shih, P. C. y Privado, J. (2007). Fluid intelligence, memory span, and temperament difficulties predict academic performance of young adolescents. *Personality and Individual Differences, 42*, 1503-1514.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A. y Conway, A. R. A. (2005). On the capacity of attention: its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive Psychology, 51*, 42-100.
- Daneman, M. y Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 19*, 450-466.
- Daneman, M. y Hannon, B. (2007). What do working memory span task like reading span test really measure?. En N. Osaka, R. H. Logie y M. D'Esposito (Eds.), *The cognitive Neuroscience of Working Memory* (pp. 21-42). New York: Oxford University Press.
- Daneman, M. y Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin Review, 3*, 422-433.
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P. y Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence, 35*(1), 13-21.
- Dehn, M. J. (2008). *Working Memory and Academic Learning: Assessment and Intervention*. Hoboken, NJ: Wiley
- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B. y Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology, 103*, 186-201.
- DeStefano, D. y LeFevre, J. A. (2004). The role of working memory in mental arithmetic. *European Journal of Cognitive Psychology, 16*, 353-386.
- Elosúa, M. R., Gutiérrez-Martínez, F., García-Madruga, J. A., Luque, J. L. y Gárate, M. (1996). Adaptación española del Reading Span Test de Daneman & Carpenter. *Psicothema, 8*, 383-395.
- Engle, R. W. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science, 11*, 19-23.
- Engle, R. W. (2010). Role of Working-Memory Capacity in Cognitive Control. *Current Anthropology, 51*(S1), 17-26.
- Engel de Abreu, P. M. J., Conway, A. R. A. y Gathercole, S. E. (2010). Working memory and fluid intelligence in young children. *Intelligence, 38*, 552-561.
- Friedman, N. P. y Miyake, A. (2004). The reading span test and its predictive power for reading comprehension ability. *Journal of Memory and Language, 51*(1), 136-158.
- Gagné, F. y St Pèrè, F. (2002). When IQ is controlled, does motivation still predict achievement? *Intelligence, 30*(1), 71-100.
- García-Madruga, J. A. y Fernández-Corte, T. (2008). Memoria, comprensión & razonamiento en la Enseñanza Secundaria. *Anuario de Psicología, 39*(1), 133-158.
- Gathercole, S. E. y Alloway, T. P. (2008). *Working Memory and Learning: A Practical Guide*. London: Sage.
- Gathercole, S. E., Brown, L. y Pickering, S. J. (2003). Working memory assessments at school entry as longitudinal predictors of National Curriculum attainment levels. *Educational and Child Psychology, 20*(3), 109-122.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Knight, C. y Stegmann, Z. (2004). Working memory skills and educational attainment: Evidence from National Curriculum assessments at 7 and 14 years of age. *Applied Cognitive Psychology, 40*, 1-16.
- Goikoetxea, E. (2000). Frecuencia de producción de las respuestas a 52 categorías verbales en niños de primaria. *Psicológica, 21*, 61-89.
- Gutiérrez-Martínez, F., García-Madruga, J. A., Carriedo, N., Vila, J. O. y Luzón, J. M. (2005). Dos pruebas de amplitud de memoria operativa para el razonamiento. *Cognitiva, 17*(2), 183-207.
- Heitz, R. P., Redick, T. S., Hambrick, D. Z., Kane, M. J., Conway, A. R. A. y Engle, R. W. (2006). Working memory, executive function, and general fluid intelligence are not the same. *Behavioral and Brain Sciences, 29*(2), 135-136.
- Heitz, R. P., Unsworth, N. y Engle, R. W. (2005). Working memory capacity, attention control, and fluid intelligence. *Handbook of understanding and measuring intelligence* (pp. 61-77). New York: Sage.
- Jarrold, C. y Towse, J. N. (2006). Individual differences in working memory. *Neuroscience, 139*(1), 39-50.
- Jarvis, H.L. y Gathercole, S. E. (2003). Verbal and non-verbal working memory and achievements on National Curriculum tests at 11 and 14 years of age. *Educational and Child Psychology, 20*(3), 123-140.
- Jensen, A. R. (1998). The g factor and the design of education. En R. J. Sternberg y W. M. Williams (Eds.), *Intelligence, instruction, and assessment: Theory into practice* (pp. 111-131). Mahwah, NJ: LEA.
- Kane, M. J., Bleckley, M. K., Conway, A. R. A. y Engle, R. W. (2001). A controlled-attention view of working-memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: General, 130*, 169-183.
- Kyllonen, P. C. (1996). Is working memory capacity Spearman's g? En I. Dennis y P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and measurement*. (pp. 49-75). Hillsdale, NJ: LEA
- Kyllonen, P. C. y Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity? *Intelligence, 14*, 389-433.

- Leonard, L. B., Weismer, S. E., Miller, C. A., Francis, D. J., Tomblin, J. B. y Kail, R. V. (2007). Speed of processing, working memory, and language impairment in children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50, 408-428.
- Lépine, R., Barrouillet, P. y Camos, V. (2005). What makes working memory spans so predictive of high-level cognition? *Psychonomic Bulletin and Review*, 12, 165-170.
- Mackintosh, N. J. (1998). *IQ and human intelligence*. Oxford: Oxford University Press.
- Miyake, A. y Shah, P. (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York, NY: Cambridge University Press.
- Oberauer, K., Schuize, R., Wilhelm, O. y Süß, H. -M. (2005). Working Memory and Intelligence Their Correlation and Their Relation: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). *Psychological Bulletin*, 131(1), 61-65.
- Oberauer, K., Süß, H. M., Wilhelm, O. y Wittman, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision and coordination. *Intelligence*, 31, 167-193.
- Oberauer, K., Süß, H. M., Wilhelm, O. y Wittman, W. W. (2008). Which working memory functions predict intelligence? *Intelligence*, 36, 641-652.
- Pickering, S. J. (Ed.) (2006). *Working memory and education*. London: Academic Press.
- Pickering, S. J. y Gathercole, S. E. (2004). Distinctive working memory profiles in children with special educational needs. *Educational Psychology*, 24, 393-408.
- Ramos, M. y Gutiérrez-Martínez, F. (2008). *La medida de la memoria operativa en niños. Adaptación de una prueba de amplitud MO para el razonamiento* (DEA no publicado). Madrid: UNED.
- Raven, J. C., Court J. H. y Raven J. (1996). *Matrices Progresivas. Publicaciones de Psicología Aplicada*. Madrid: TEA.
- Savage, R., Lavers, N. y Pillay V. (2007). Working memory and reading difficulties: What we know and what we don't know about the relationship. *Educational Psychology Review*, 19(2), 185-221.
- Schweizer, K. y Moosbrugger, H. (2004). Attention and working memory as predictors of intelligence. *Intelligence*, 32, 329-347.
- Seigneuric, A. y Ehrlich, M. F. (2005). Contribution of working memory capacity to children's reading comprehension: A longitudinal investigation. *Reading and Writing*, 18, 617-656.
- Shah, P. y Miyake, A. (1996). The separability of working memory resources for spatial thinking and language processing: An individual differences approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 125, 4-27.
- Spinath, B., Spinath, F. M., Harlaar, N. y Plomin, R. (2006). Predicting school achievement from general cognitive ability, self-perceived ability, and intrinsic value. *Intelligence*, 34, 363-374.
- St.Clair-Thompson, H. L. y Gathercole, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *Quarterly journal of experimental psychology*, 59, 745-59.
- Steinmayr, R., Ziegler, M. y Träuble, B. (2010). Do intelligence and sustained attention interact in predicting academic achievement? *Learning and Individual Differences*, 20(1), 14-18.
- Swanson, H. L. (2005). Working Memory, Intelligence, and Learning Disabilities. En O. Wilhelm y R. W. Engle (Eds.), *Handbook of understanding and measuring intelligence* (pp. 409-429). Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- Swanson, H. L. y Sachse-Lee, C. (2001). Mathematical problem solving and working memory in children with learning disabilities: Both executive and phonological processes are important. *Journal of Experimental Child Psychology*, 79, 294-321.
- Welsh, M. C., Satterlee-Cartmell, T. y Stine, M. (1999). Towers of Hanoi and London: Contribution of working memory and inhibition to performance. *Brain and Cognition*, 41, 231-242.
- Yuan, K., Steedle, J., Shavelson, R., Alonzo, A. y Oppezzo, M. (2006). Working memory, fluid intelligence, and science learning. *Educational Research Review*, 1(2), 83-89.
- Yuill, N., Oakhill, J. y Parkin, A. (1989). Working memory, comprehension ability and the resolution of text anomaly. *Journal of Psychology*, 80, 351-361.

ANEXO

Prueba Adaptada de Amplitud de Razonamiento mediante Analogías (PAR-a)

Estructura

Al igual que la prueba original, PAR-a consta de 48 analogías en total (niveles de Prueba de 2, 3, 4 y 5 analogías, con 3 ensayos por nivel, más las tres series de Práctica inicial en el nivel 2). Cada una de ellas se propone a través de una frase que presenta una relación analógica incompleta, seguida de dos alternativas de respuesta, entre las que el sujeto debe seleccionar la adecuada. Las opciones siempre guardan alguna relación semántica con la situación de referencia pero sólo una de ellas completa correctamente la relación analógica planteada.

Aplicación

PAR-a se presenta a través de la pantalla del ordenador. Las primeras pantallas presentan las instrucciones, que se van leyendo en voz alta a fin de explicar la forma de realizar la tarea. A continuación se presenta cada analogía en el centro de la pantalla, siguiendo las secuencias que conforman la estructura de la prueba: primero una serie inicial de Práctica en el nivel 2 y después las series de prueba con sus tres ensayos por nivel. A continuación se recogen cada una de las series por niveles y ensayos.

Relación de analogías

Ensayos	SERIES de PRÁCTICA		
2a	Botón es a camisa, como cordón es a...	Zapato	Atar
	Madrid es a ciudad, como Mediterráneo es a...	Costa	Mar
2b	Bañador es a nadar, como pijama es a...	Vestir	Dormir
	Gorila es a selva, como camello es a...	Desierto	Dromedario
2c	Aceite es a aceituna, como vino es a...	Uva	Botella
	Pensar es a pensamiento, como sentir es a...	Emoción	Sentimiento
SERIES de DOS ANALOGÍAS			
2a	Bolígrafo es a escribir, como medicina es a...	Curar	Pinchar
	Navegar es a barco, como volar es a...	Nube	Avión
2b	Bodega es a vino, como jardín es a...	Flores	Estanque
	Arriba es a abajo, como izquierda es a...	Brazo	Derecha
2c	Azotea es a edificio, como cima es a...	Montaña	Nevada
	Margarita es a flor, como manzana es a...	Roja	Fruta
SERIES de TRES ANALOGÍAS			
3a	Patatas es a comestible, como pantalón es a...	Bolsillo	Ropa
	Gorra es a cabeza, como botas es a...	Calcetines	Pies
	Hambre es a comer, como sed es a	Líquido	Beber
3b	Desayuno es a mañana, como cena es a	Noche	Leche
	Aire es a viento, como agua es a	Lluvia	Baño
	Hoja es a verde, como cielo es a	Estrella	Azul
3c	Abeja es a colmena, como soldado es a	Ejército	Fusil
	Año es a meses, como semana es a	Horas	Días
	Abuelo es a mayor, como muchacho es a	Joven	Sobrino
SERIES de CUATRO ANALOGÍAS			
4a	Cama es a acostarse, como silla es a	Sentarse	Mesa
	Tuyo es a mío, como tuya es a	Mía	Nuestras
	Interior es a dentro como exterior es a	Fachada	Fuera
	Liebre es a caza, como sardina es a...	Pesca	Lata
4b	Delante es a pecho, como detrás es a...	Ombbligo	Espalda
	Estatua es a escultor, como novela es a...	Escritor	Librero
	Segundo es a dos, como tercero es a...	Cuarto	Tres
	Mayo es a primavera, como noviembre es a...	Octubre	Otoño
4c	Policía es a robo, como bombero es a...	Incendio	Sirenas
	Guantes es a manos, como medias es a...	Falda	Piernas
	Limpiar es a frotar, como aprobar es a...	Examen	Estudiar
	Nieve es a invierno, como playa es a...	Sombrilla	Verano
SERIES de CINCO ANALOGÍAS			
5a	Tractor es a granjero, como avioneta es a...	Piloto	Helicóptero
	Azúcar es a blanco, como café es a...	Negro	Caliente
	Entrar es a salir, como callar es a...	Boca	Hablar
	Vivir es a vida, como morir es a...	Cadáver	Muerte
	Médico es a paciente, como profesor es a...	Alumno	Aula
5b	Dulce es a miel, como ácido es a...	Limón	Pastel
	Querer es a odiar, como abrir es a...	Cerrar	Abrazar
	Paleta es a albañil, como pincel es a...	Pintor	Manchar
	Sofá es a salón, como horno es a...	Cocina	Olla
	Bueno es a malo, como fuerte es a...	Pesas	Débil
5c	Pan es a harina, como tortilla es a...	Sartén	Huevo
	Esa es a aquella, como ese es a...	Aquel	Eso
	Amor es a amar, como clamor es a...	Clamar	Gritar
	Brazo es a codo, como pierna es a...	Rodilla	Cadera
	Rugido es a león, como ladrido es a...	Bramido	Perro