

Memoria de Trabajo e Inteligencia Fluida. Una Revisión de sus Relaciones

Florencia Stelzer¹, María Laura Andrés, Lorena Canet-Juric & Isabel Introzzi
Universidad Nacional de Mar del Plata

Resumen

El objetivo de este trabajo es contribuir a la comprensión de la relación entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida. Para esto se realizó una búsqueda de artículos empíricos en las bases de datos PubMed y Google Académico utilizando una combinación de los términos en español y en inglés memoria de trabajo (*working memory*) e inteligencia fluida (*fluid intelligence*). La revisión de la literatura indica que el control atencional y la capacidad de recuperar información de la memoria a largo plazo, serían los procesos a través de los cuales la memoria de trabajo y la inteligencia fluida se relacionan. Sin embargo, existen resultados contradictorios respecto del rol que la retención de la información y que la capacidad de procesamiento de la información presentan en esta relación. Se concluye señalando algunos aspectos metodológicos que mejorarían la comprensión de la relación entre la memoria de trabajo y la inteligencia fluida.

Palabras Claves: Memoria de Trabajo, Inteligencia Fluida, Variables Latentes, Revisión

Working Memory and Fluid Intelligence. A Review of its Relations

Abstract

The aim of this paper is to contribute to the understanding of the relationship between working memory and fluid intelligence. A search was conducted in PubMed and Google Scholar database using a combination of the Spanish and English terms working memory (*memoria de trabajo*) and fluid intelligence (*inteligencia fluida*). The review indicates that attention control and the ability to retrieve information from long-term memory would be the processes through which working memory and fluid intelligence are related. However, there are conflicting results regarding the role of retention of information and information processing capacity in this relationship. We concluded by pointing out some methodological aspects that would enhance the understanding of the relationship between working memory and fluid intelligence.

Keywords: Working Memory, Fluid Intelligence, Latent Variable Review

Original recibido / Original received: 31/07/2015

Aceptado / Accepted: 02/02/2016

¹ Florencia Stelzer, 223 15-6184767, florenciastelzer@gmail.com, Garay 325 1° "c", Mar del Plata, CP 76000

Durante las últimas tres décadas la memoria de trabajo (MT) ha sido uno de los constructos más estudiados dentro del marco de la psicología cognitiva (Baddeley, 2012). El mismo emerge a partir del concepto de memoria a corto plazo (MCP), el cual hace referencia a la capacidad de retener por periodos breves de tiempo información activa en la mente, y considera tanto la capacidad de almacenar como de procesar de manera controlada y voluntaria información. La MT posibilita que la información relevante se mantenga en un estado de rápida accesibilidad, pudiendo ser manipulada o actualizada conforme a las necesidades de los sujetos (Cowan, 2012; Kane, Conway, Hambrick, & Engle, 2007). Asimismo, la MT interviene en la codificación de la información que será almacenada en la memoria a largo plazo (MLP) y en la recuperación controlada de la misma (Unsworth, 2010; Unsworth, Spillers, & Brewer, 2010; Unsworth & Spillers, 2010).

En la literatura se ha reportado que la MT se asocia a la inteligencia fluida (IF), la cual es la capacidad de razonamiento abstracto y resolución de problemas independientemente del conocimiento adquirido (Cattell & Horn, 1978; Horn, 1989). El concepto de IF emerge en el marco de modelos bi-factoriales de la inteligencia que distinguen dos componentes principales en la estructura de ésta: los fluidos y los cristalizados. A diferencia de los aspectos cristalizados, se considera que la IF es independiente de la experiencia y los conocimientos culturales de los sujetos (Ferrer, O Hare & Bunge, 2010). La misma es típicamente evaluada a través de tareas que exigen identificar patrones de relaciones abstractas entre estímulos verbales o no verbales.

Algunos autores han sugerido que la MT y la IF son idénticos (Jensen, 1998; Kyllonen, 1996), mientras que otros postulan una parcial independencia entre éstos (Conway, Cowan, Bunting, Theriault, & Minkoff, 2002; Engle, Tuholski, Laughlin, & Conway, 1999; Kane et al., 2004). El objetivo de este trabajo es contribuir a la comprensión de la relación entre la IF y la MT, a través una revisión de los estudios que analizaron el grado de varianza única o compartida entre ambos. Si ambos constructos son idénticos los esfuerzos destinados a su medición podrían reducirse. Por otra parte, tanto la IF como la MT son considerados predictores del desempeño académico y laboral (Alloway & Alloway, 2010; Bull, Espy, & Wiebe, 2008), por lo cual, identificar el grado de independencia de ambos constructos permitirá mejorar la comprensión de su asociación con habilidades cognitivas de nivel superior, y posibilitará una mayor precisión en el diseño de intervenciones que permitan mejorar las habilidades superiores a través de la estimulación, ya sea de la MT o de la IF.

Por otro lado, la identificación del nivel de asociación entre la MT y la IF se ha visto obstaculizada principalmente por la impureza de los paradigmas empleados para medir la MT. Los mismos fueron desarrollados desde diversos abordajes teóricos, lo que condujo a la presencia de distintos procesos cognitivos en la ejecución de las tareas (problema de impureza). Dado que las diferencias en la evaluación de la MT repercuten en las relaciones observadas con la IF, a continuación caracterizaremos brevemente los principales modelos teóricos y paradigmas utilizados para la medición de la MT.

Modelos teóricos de memoria de trabajo

El funcionamiento de la MT ha sido explicado a través de diferentes modelos teóricos. El modelo de Baddeley y Hitch (1974) constituye uno de los más citados en la literatura. Dichos autores postularon que la información fonológica y la información visoespacial son retenidas en almacenes de memoria “esclavos” de capacidad limitada independientes, los cuales fueron designados *bucle fonológico* y *agenda visoespacial* respectivamente. En estos almacenes la retención activa de la información se realizaría a través de la repetición o el agrupamiento. Asimismo, dichos autores propusieron un componente amodal, el *ejecutivo central*, el cual es el responsable de la focalización atencional, división atencional, actualización, monitoreo y manipulación de la información que es almacenada en los almacenes esclavos. Según Baddeley (2000), el ejecutivo central se vincularía con el bucle fonológico y la agenda visoespacial y también con la memoria a largo plazo (MLP) a través de un cuarto componente denominado *buffer episódico*. Este último, tendría una capacidad limitada de almacenamiento de información, la cual sería retenida en un formato multimodal. Según este modelo las diferencias la capacidad de MT se deberían principalmente a las diferencias en la capacidad del ejecutivo central de controlar el procesamiento de la información en los almacenes de memoria.

Desde una perspectiva teórica semejante a Baddeley, otros autores postulan que lo que caracteriza a la MT y la distingue de la MCP es el control atencional (e.g., Engle & Kane, 2004), el cual interviene en situaciones de conflicto o interferencia en el procesamiento cognitivo. La presencia de distractores internos o externos dificultaría la retención de la información en un estado de rápida accesibilidad, por lo cual, el control atencional permitiría mantener en estado accesible la información inhibiendo la interferencia de distractores (e.g., Engle & Kane, 2004; Kane et al., 2007). El control atencional sería equiparable al componente ejecutivo central postulado por Baddeley, y su intervención se apreciaría en tareas de amplitud complejas –que son aquellas que implican el procesamiento concurrente de estímulos. En éstas el número de elementos retenidos en una tarea primaria reflejaría la capacidad de controlar la interferencia que una tarea secundaria produce sobre la misma (Cowan et al., 2005; Kane et al., 2004). Este modelo de la MT recibió sustento empírico de estudios que demostraron que los individuos con un desempeño bajo en tareas de amplitud compleja, presentaban un desempeño inferior en tareas de control atencional. Las tareas de control atencional se caracterizan por presentar una baja exigencia de retención de información, y requieren que el sujeto focalice la atención sobre ciertos estímulos o características perceptuales de éstos, inhibiendo la interferencia de otros estímulos distractores. Según, Kane et al. (2007) la capacidad de control atencional es el componente fundamental de la MT que explica las diferencias individuales en el desempeño en tareas de amplitud compleja.

A diferencia de los modelos expuestos, en los cuales las funciones de retención y procesamiento de la información son adjudicadas a distintos componentes, otros caracterizan la MT en función de la intersección entre ambos aspectos. Desde estos modelos se considera que el procesamiento y la retención

de la información compiten por recursos limitados de la MT, de forma tal que el incremento en la demanda de procesamiento afecta la capacidad de retención de la información (Daneman & Carpenter, 1980; Just & Carpenter, 1992). Los sujetos con un desempeño bajo en MT tendrían mayores dificultades respecto de los sujetos con un desempeño alto para procesar información *on line* en tareas de amplitud compleja, lo cual conduciría a que los recursos de la MT para la retención de la información se vean reducidos.

Otras perspectivas teóricas asumen que no existen almacenes independientes de capacidad limitada para la información fonológica y visoespacial, sino que la MT implica niveles diferenciados de activación de elementos en la MLP (Cowan, 1999; 2012). Según esta perspectiva, dentro de la MLP pueden diferenciarse elementos no activados, elementos con un nivel de activación bajo y un subconjunto de elementos activos. La MT estaría integrada por el conjunto de elementos con un nivel de activación bajo y por el subconjunto más pequeño de elementos que se encuentran activos. Éstos últimos se encontrarían dentro de un componente designado *foco atencional* (Cowan, 1999; 2000), el cual posee capacidad limitada, mientras que el número de elementos de la MLP que se encuentran menos activos sería ilimitado. Las representaciones con un nivel de activación bajo tienen mayores posibilidades de ingresar en el foco atencional respecto de los elementos no activos de la MLP. A diferencia de los elementos de la MLP, los elementos retenidos en el foco atencional se encontrarían en un estado libre de interferencia. Según Cowan (1999), las diferencias individuales en MT se originarían en la cantidad de elementos que pueden ser sostenidos en el foco de atención.

Por otra parte, algunos autores han sugerido que además de las diferencias en el control atencional y en el número de elementos que pueden ser sostenidos activos en la MLP, las diferencias en MT pueden ser explicadas por variaciones en el uso de estrategias de recuperación de información de la MLP. Según Unsworth et al. (2010) los individuos con baja capacidad de MT tendrían dificultades para seleccionar y utilizar de forma controlada estrategias de recuperación de la información que no puede ser mantenida en un estado activo en la MLP.

Como puede apreciarse, los modelos cognitivos de MT difieren notoriamente entre sí respecto de los componentes considerados para la MT, la caracterización de los mismos y sus relaciones con otros constructos, tales como la MLP y la MCP. Asimismo, se han propuesto y diseñado diversas tareas para su evaluación. A continuación describiremos brevemente las mismas.

Principales tareas utilizadas para la evaluación de la MT

La MCP es típicamente evaluada a través de tareas de amplitud de memoria, que exigen memorizar series de estímulos y luego de un periodo breve de tiempo reproducirlos. Conforme al formato de la información a retener las tareas pueden ser clasificadas en verbales (e.g., dígitos en progresión) o visoespaciales (e.g., bloques de corsi hacia adelante). El empleo de estrategias tales como la repetición mental o el agrupamiento incrementa el número de elementos retenidos, por lo cual, para apreciar la capacidad real de retención de información el uso tales estrategias debe ser controlado (Coway, 1999). Algunos

autores han sugerido que la presentación simultánea (no secuencial) y breve de los ítems que deben ser almacenados en la memoria impediría el uso de estas estrategias. Las tareas que responden al paradigma detección de cambios conforman ejemplos paradigmáticos de pruebas que permiten este tipo de control (Luck & Vogel, 1997). En éstas, por ejemplo, se presenta durante un periodo breve de tiempo una matriz de objetos cuyas formas son simples (ej. cuadrados de colores); luego la matriz reaparece con uno de los estímulos resaltados, y el participante debe indicar si un aspecto específico de ese elemento (e.g., color) cambió respecto de su forma original.

Cuando las tareas incluyen, además de la retención de la información, su procesamiento son considerados tareas de MT. El tipo de procesamiento requerido varía en las distintas tareas de MT. En algunas se demanda la transformación mental del orden serial de estímulos (e.g., dígitos en regresión). Éstas son consideradas de amplitud simple. En otras, se intercala la presentación de estímulos que el participante debe recordar (tarea primaria) con la presentación de una tarea secundaria (e.g., verificar el resultado de operaciones matemáticas, comprender oraciones, enumerar una matriz de estímulos, etc.) que interfiere en el recuerdo de los estímulos de la tarea primaria (Case, Kurland, & Goldberg, 1982; Daneman & Carpenter, 1980; La Pointe & Engle, 1990). Éstas son consideradas de amplitud compleja y pueden ser categorizadas en: (a) verbales, donde la información a retener y a procesar es de carácter verbal; (b) visoespaciales, la información a retener y procesar es visoespacial y (c) mixtas, la información a retener y procesar posee diferente formato (retención verbal - procesamiento visoespacial, retención visoespacial - procesamiento verbal).

Por último, otras tareas exigen el monitoreo y actualización de la información (e.g., *running memory span*, *keeping-track*, y *n-back*). En éstas se presentan secuencias de estímulos -generalmente de longitud variable- y los participantes deben reproducir únicamente un subconjunto de éstos. Por ejemplo, la tarea *running-memory span* (Pollack, Johnson, & Knaff, 1959; Waugh, 1960) requiere recuperar únicamente los últimos *n* estímulos de la lista de elementos presentados. De modo semejante, la tarea *keeping-track* (Yntema & Mueser, 1960, 1962) presenta estímulos que responden a diferentes categorías y se deben retener únicamente los ejemplares más recientes de cada categoría. Por último, las tareas que responden al paradigma *n-back*, requieren indicar si ciertos estímulos se emparejan con uno presentado *n* veces atrás en la secuencia. Por ejemplo, en las tareas 2-back, se debe mantener los últimos dos estímulos de la lista, borrando de la memoria los ítems previos.

Ciertos estudios han indicado que el desempeño en las tareas de MT de amplitud simple que exigen la transformación mental de la información y en las tareas que responden al paradigma *n-back* se asocian y se agrupan con el desempeño en tareas de MCP (Dobbs & Rule, 1989; Engle et al., 1999), mientras que las tareas de amplitud compleja, las tareas *keeping-track* y *running span* se agrupan en un factor independiente a las anteriores y reflejan con mayor precisión la MT (Engle et al., 1999; Oberauer, Süß, Schulze, Wilhelm, & Wittmann, 2000; Oberauer, Süß, Wilhelm, & Wittmann, 2003). Sin embargo, este patrón de agrupación entre las tareas no fue corroborado en varios estudios, por lo cual, no

es claro en qué medida diferentes tareas miden la MT o la MCP (Cowan et al., 2005). Considerando esta dificultad, únicamente consideraremos en este trabajo aquellas investigaciones que emplearon análisis factorial confirmatorio (AFC) para el análisis del desempeño en MT. El AFC constituye una técnica estadística que permite contrastar la estructura factorial de modelos teóricos con un conjunto de indicadores subyacentes. Al igual que la técnica de análisis factorial exploratorio, los factores latentes extraídos agrupan la varianza común a un conjunto de indicadores, pero a diferencia de ésta los mismos se encuentran teóricamente derivados.

Metodología

Se realizó una búsqueda de artículos empíricos en las bases de datos PubMed y Google Académico utilizando una combinación de los términos en español y en inglés memoria de trabajo (*working memory*) e inteligencia fluida (*fluid intelligence*). Se consideró como criterio de inclusión que los estudios analicen la relación entre la MT y la IF, hayan sido realizados con participantes adultos sin patologías neurológicas o psiquiátricas y que su fecha de publicación sea posterior al año 1990. Se obtuvo un total de 10 estudios que respondían a los criterios de inclusión especificados. Para ampliar el número de estudios, se rastrearon e incluyeron los estudios enunciados en las referencias bibliográficas de las publicaciones obtenidas en primer término pertinentes a los objetivos de este trabajo. El número final de publicaciones analizadas fue dieciséis. A continuación se describen y discuten los principales resultados de las investigaciones halladas.

Resultados y discusión

El primer estudio paradigmático que exploró la asociación entre la MT y la IF empleando técnicas de análisis factorial, fue realizado por Kyllonen y Christal (1990). Tales autores observaron que el desempeño en tareas verbales de MT que exigían la transformación mental de la información a retener, y el desempeño en IF (tareas verbales y no verbales), se agrupaba en dos factores independientes, los cuales estaban estrechamente asociados entre sí (r s entre .79 y .91).

Investigaciones posteriores con diferentes paradigmas de evaluación de la MT corroboraron tal vinculación (Ackerman, Beier & Boyle, 2002; Colom, Florez-Mendoza, & Rebollo, 2003; Sûb, Oberauer, Wittmann, Wilhelm, & Schulze, 2002). Ackerman et al. (2002) hallaron que tareas de amplitud complejas verbales y visoespaciales, y tareas que exigen la transformación mental de la información verbal y visoespacial, se agrupaban dentro de un único factor general de la MT y éste se asociaba con la IF (r .70) (tareas verbales y no verbales). En congruencia con estos resultados, Colom et al. (2003) mostraron que tareas que exigen la transformación mental de información verbal y visoespacial, se agrupaban en un único factor y éste presentaba una asociación fuerte con el desempeño en IF (r >.70) (tareas no verbales). Asimismo, Sûb et al. (2002) hallaron que las tareas de MCP, las de amplitud compleja y las de MT que exigen la transformación mental

de la información, se agrupaban en un mismo factor estrechamente relacionado con el desempeño en IF ($r=.70$) (tareas verbales y no verbales).

En síntesis, los trabajos descritos anteriormente, indicarían que la relación entre la MT y la IF es muy cercana. Sin embargo, estos trabajos no permiten establecer qué procesos (retención, control de interferencias, búsqueda controlada en la MLP) o contenidos (verbal y visoespacial) explican esta asociación. Las investigaciones que abordaron este interrogante mostraron resultados dispares entre sí. Por ejemplo, Engle et al. (1999) analizaron en qué medida la MCP se diferenciaba de la MT, y el grado en que ambos procesos explicaban la IF. Sus resultados indicaron que el desempeño en pruebas de MCP y MT que exigen la transformación mental de la información verbal, se agrupaba dentro un mismo factor designado memoria a corto plazo (STM); mientras que el rendimiento en tareas de amplitud compleja verbales se agrupaba en otro factor, designado memoria de trabajo (WM). Ambos factores se encontraban estrechamente vinculados entre sí ($r=.68$), pero únicamente el factor WM se asociaba y predecía el desempeño en IF (tareas no verbales). Asimismo, cuando la varianza común de ambos factores era extraída en un tercer factor, éste se relacionaba débilmente con la IF ($r=.29$, $p<.05$), mientras que la varianza residual del factor WM presentaba una asociación moderada con la IF ($r=.49$, $p<.05$). Basándose en estudios previos en los cuales se había observado una asociación entre el desempeño en tareas de control atencional y el desempeño en tareas de amplitud compleja, Engle et al. (1999) interpretaron estos resultados en el sentido de que el tercer factor reflejaría la capacidad de retener información en la mente, la cual es común a la MCP y la MT, mientras que la varianza residual del factor WM conformaría un indicador del control atencional implicado en el control de interferencias y, éste último aspecto de la MT, explicaría la relación con la IF.

Llamativamente, en un estudio posterior, Miyake et al. (2001) observaron que tareas de MCP visoespaciales y tareas de MT de amplitud compleja visoespaciales se agrupaban dentro de un mismo factor (factor WM-STM), el cual se encontraba estrechamente relacionado con un segundo factor extraído de tareas de control atencional. Estos resultados indicarían que la retención de información visoespacial exige mayor control de la interferencia respecto de las tareas de retención de información verbal (Engle et al., 1999). En relación al vínculo entre los factores hallados por Miyake et al. (2001) y la IF, cuando éstos eran considerados conjuntamente como predictores de la IF, el factor WM-STM explicaba únicamente el desempeño en tareas de razonamiento espacial que requerían codificar, retener y efectuar juicios de comparación entre formas visuales (factor velocidad perceptiva); mientras que el factor control atencional explicaba el desempeño en tareas de razonamiento visoespacial cuya principal demanda era la transformación mental de figuras y formas geométricas (factores relaciones espaciales y visualización espacial).

La asociación entre el control de interferencias en la MT y la IF fue corroborada también por Conway et al. (2002). Al igual que Engle et al. (1999), estos autores hallaron que las tareas de MCP verbales se agrupaban en un factor latente separado del factor que agrupaba el desempeño en tareas de amplitud compleja verbales, y únicamente este último factor explicaba el desempeño en IF

(tareas no verbales) ($r=.60$). Adicionalmente, cuando la influencia de un tercer factor latente que agrupaba tareas de velocidad de procesamiento era incluido en el modelo, éste no explicaba la IF, lo cual indicaría que la velocidad de procesamiento no predice el desempeño en IF.

Engle et al. (1999), Miyake et al. (2001) y Conway et al. (2002) utilizaron tareas de amplitud complejas que presentaban un único de formato de información, ya verbal (Conway et al., 2002; Engle et al., 1999) o viso-espacial (Miyake et al., 2001), por lo cual, Kane et al. (2004) analizaron si la capacidad de controlar interferencias en la MT conformaba una habilidad general, independiente del formato de la información retenida y procesada (verbal o viso-espacial), y en qué medida esta capacidad se asociaba al desempeño global en IF (tareas verbales y no verbales). Sus resultados indicaron que las tareas de amplitud compleja verbales y visoespaciales se agrupaban dentro de un factor general de MT (factor WM), que explicaba entre el 30% y el 40% de la varianza global en IF. Asimismo, este factor general de MT conformaba un predictor débil de tareas de razonamiento abstracto específicas que involucraban ya sea material verbal o viso-espacial (tareas verbales: $r=.29$; tareas espaciales: $r=.25$). Por el contrario, las tareas de MCP verbales y visoespaciales se agrupaban en dos factores independientes según el formato de la información retenida. Estos factores de dominio específico explicaban la variación en tareas de razonamiento que se correspondían con su dominio (verbal o visoespacial) y predecían débilmente el desempeño global en IF. Los resultados de Kane et al. (2004) indicarían que la capacidad de controlar interferencias en la MT sería independiente del formato de la información que es retenida y procesada (verbal o visoespacial) y este aspecto de dominio general de la MT se asociaría con la IF. Por el contrario, la capacidad de retener información en formatos específicos se vincularía a la habilidad para razonar con información de un formato particular (verbales o viso-espacial).

Unsworth y Spillers (2010) también aportaron evidencia de una relación entre la capacidad general de controlar interferencias en la MT y el desempeño global en IF. Estos autores observaron que el desempeño en tareas de amplitud compleja verbales y visoespaciales, tareas de control atencional, y tareas que exigen la recuperación de información de la MLP, se agrupaban en 3 factores independientes pero correlacionados (factores WM, control atencional y recuperación controlada). Cada uno de éstos se asociaba al desempeño en IF (tareas verbales y no-verbales) y explicaba varianza única en la misma. Asimismo, la varianza común entre el factor WM y la IF era parcialmente explicada por los factores control atencional y recuperación controlada.

Unsworth (2010) también señaló que la capacidad de recuperar información de la MLP intervenía en la relación entre la MT y la IF. Tal autor observó que el desempeño en tareas de amplitud compleja verbales y visoespaciales se agrupaba en un factor independiente (factor WM) de las tareas de MLP que requieren el recuerdo libre y el reconocimiento, las cuales se agrupaban a su vez en dos factores independientes. Estos tres factores correlacionaban entre sí y su varianza compartida predecía aproximadamente el 50% del desempeño global en IF (tareas verbales y no verbales); no obstante, solo el factor WM explicaba varianza única en IF. Por otra parte, Unsworth (2010) indicó que el número de

elementos recordados en las tareas de amplitud compleja podía ser predicho por dos factores. El primero resumía la varianza de todas las tareas de memoria administradas (MLP y MT) (factor recuperación controlada) y el segundo, la varianza de las tareas de expansión compleja que era independiente de la varianza compartida con las tareas de MLP (factor retención activa). Ambos factores explicaban el 25% de la varianza en IF, no obstante, el factor WM continuaba explicando la varianza en IF al controlar los factores recuperación controlada y retención activa, lo cual sugeriría, que diferentes procesos intervienen en la relación entre el desempeño en tareas de amplitud compleja y la IF.

Desde otro enfoque metodológico, Shipstead et al. (2012) reportaron que las tareas de amplitud compleja verbales y visoespaciales y las tareas de MCP visoespaciales se agrupaban en dos factores independientes pero estrechamente relacionados, y tanto la varianza común como la independiente de éstos explicaba el desempeño en IF (tareas verbales y no verbales). Estos resultados indicarían que tanto el control de interferencias como el número de elementos que pueden ser sostenidos en un estado de activación en la MT se asocian y predicen la IF. Si bien este hallazgo resulta parcialmente contrario al reportado por Engle et al. (1999) y Kane et al. (2004), las tareas de retención de información empleadas por tales autores eran verbales, mientras que Shipstead et al. (2012) utilizaron pruebas visoespaciales. La asociación entre la retención activa información visoespacial y el desempeño en tareas de razonamiento abstracto también fue corroborada en estudios recientes (Fukuda, Vogel, Mayr, & AWh, 2010). Unsworth y Engle (2006) sugirieron que las tareas de retención de información verbal explicaban el desempeño en IF únicamente cuando el número de estímulos a retener sobrepasaban la capacidad de carga de la "memoria primaria". Según estos autores, la memoria primaria es la capacidad de retener representaciones individuales activas para el procesamiento en curso. Esta capacidad sería equivalente al foco atencional propuesto por Cowan (1999). Al excederse esta capacidad, ya sea por el ingreso de nueva información al sistema cognitivo o por el cambio del foco de atención, los elementos son almacenados en la "memoria secundaria" (MLP) y deben ser recuperados de ésta a través de la búsqueda controlada. De este modo, no sería la capacidad de retención de la información *per se* lo que explica la asociación entre el desempeño en tareas de retención de información verbal y la IF, sino la capacidad de recuperar contenidos de la MLP.

Finalmente, otro cuerpo de investigaciones sugiere que la velocidad y precisión en el procesamiento de la información explican la relación entre la MT y la IF. Puntualmente, Unsworth, Redick, Heitz, Broadway y Engle (2009) observaron que en diferentes tareas de amplitud compleja verbales y visoespaciales los indicadores de rendimiento relativos a: (a) el número de elementos recordados en la tarea primaria, (b) los aciertos en la tarea secundaria y (c) la velocidad de respuesta en la tarea secundaria, se agrupaban en tres factores independientes pero relacionados. El factor relativo al número de elementos recordados se relacionaba directa e indirectamente con el desempeño en IF, siendo la relación indirecta parcialmente mediada por los factores relativos a los aciertos y la velocidad. Por otra parte, la IF era explicada tanto por la varianza única asociada a cada uno de estos factores como por la varianza compartida de

los mismos. Los hallazgos de Unsworth et al. (2009) indicarían que tanto la capacidad de retener información en condiciones de interferencia, como su procesamiento repercuten de forma independiente, pero parcialmente relacionada sobre la IF. Si bien estos resultados serían relativamente opuestos a los reportados por Conway et al. (2002) -quienes indicaron que la velocidad de procesamiento de la información no predecía la IF-, Unsworth et al. (2009) consideraron como indicadores de la capacidad de procesamiento a la velocidad y la precisión en las tareas secundarias de pruebas de amplitud compleja, mientras que Cowan et al. (2002) evaluaron este proceso a través de tareas específicas independientes de las pruebas de MT.

En síntesis, la evidencia empírica disponible indicaría que la relación entre la MT y la IF puede ser explicada por la capacidad de retener elementos activos en la mente, controlar la atención y recuperar elementos de la MLP. No obstante, estos mecanismos explicativos han sido contrastados por separado, y solo recientemente se verificó el valor explicativo conjunto de los mismos. Puntualmente Unsworth et al. (2014) observaron que las tareas que evalúan la capacidad de control atencional, retención de la información y recuperación de la información de la MLP se agrupaban en 3 factores separados, correlacionados entre sí (factores control atencional, retención activa y recuperación controlada). Asimismo, estos autores hallaron que la velocidad de respuesta y el número de elementos retenidos en diferentes pruebas de amplitud compleja (verbales y visoespaciales), se agrupaban en dos factores independientes, los cuales se asociaban directa e indirectamente con el desempeño en IF (tareas verbales y no verbales). La relación indirecta estaba mediada por los factores control atencional, retención activa y recuperación controlada.

El carácter mediador de la retención activa de la información y de la búsqueda controlada de ésta en la relación entre la MT y la IF fue corroborado también por Shipstead et al. (2014). Estos autores hallaron que si bien el control atencional se asociaba estrechamente tanto con la IF como con el desempeño en tareas de amplitud compleja, el mismo no mediaba la relación entre ambos, sino que la explicaba a través de su relación con la capacidad de retener información en la mente.

Conclusiones y orientaciones futuras

El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión de la literatura sobre la relación entre la MT y la IF. Dado que las tareas utilizadas para evaluar la MT difieren entre sí en el número de procesos que su ejecución requiere, se consideró únicamente aquellos estudios que abordaron la relación entre la MT y la IF a través de técnicas de análisis factorial confirmatorio y la extracción de variables latentes del desempeño de diferentes tareas. El conjunto de estudios revisados indica que diferentes procesos explican la relación entre la MT y la IF. Específicamente, se observó cierto consenso en que tanto el control atencional (Conway et al., 2002; Engle et al., 1999; Unsworth & Spillers, 2010) como la capacidad de recuperar información de la MLP (Unsworth, 2010; Unsworth & Spillers, 2010; Unsworth et al., 2014), serían los procesos a través de los cuales la MT y la IF se relacionan. Sin embargo, aún queda por clarificar el rol específico

que la retención y la capacidad de procesamiento de la información poseen en esta relación (Cowan et al., 2002; Engle et al., 1999; Fokuda et al., 2010; Unsworth et al., 2009; 2014).

El control atencional es la habilidad de usar la atención para seleccionar la información relevante del ambiente suprimiendo la interferencia de distractores. Las tareas de razonamiento abstracto exigen identificar y abstraer reglas que regulan las relaciones entre un conjunto de elementos (Ferrer et al., 2010). La inhibición de la interferencia de estímulos irrelevantes es clave para la identificación y abstracción de estas reglas. Por ejemplo, en el test Matrices Progresivas de Raven, los sujetos deben ser capaces de identificar las reglas que regulan las relaciones entre las figuras de la matriz. Los ensayos que exigen la identificación de dos o más reglas requerirían que, tras la identificación de la primera, se retenga en la mente mientras se analizan otras posibles (Carpenter, Just, & Shell, 1990). El control atencional permitiría mantener activa la información relevante (regla verificada) en el marco del procesamiento de otra información en curso (búsqueda de nuevas reglas) suprimiendo la interferencia de distractores (características perceptuales de las figuras no relevantes o reglas descartadas por inadecuadas).

Por otra parte, cuando el número de elementos a retener excede la capacidad del foco atencional o se debe alternar la atención entre diferentes tareas, la información dejaría de estar activa en la MT y sería necesario recuperarla de la MLP. Los sujetos que son capaces de generar marcadores significativos (e.g., periodos temporales, información asociada) para la búsqueda controlada de la información en la MLP restringen la búsqueda en ésta, siendo menos susceptibles a la interferencia proactiva. Unsworth y Engle (2007) sugirieron que la capacidad de búsqueda controlada de la información en la MLP conformaría uno de los procesos que explica las diferencias individuales en MT. Según estos autores (Unsworth & Engle, 2007) este proceso mediaría la relación entre la MT y la IF, dado que en las tareas de razonamiento abstracto las reglas que regulan las relaciones entre los ítems suelen repetirse o ser muy semejantes en ciertos ensayos, por lo cual, los sujetos que son más eficientes en la recuperación de reglas previamente consideradas, serían más eficaces en la resolución de problemas cuya lógica de resolución ya ha sido analizada.

Respecto del rol de la capacidad de retener información activa en la mente y el procesamiento de la información en la relación entre MT e IF, se observan resultados dispares entre estudios. Los estudios de Engle et al. (1999) y Conway et al. (2002) indicarían que la capacidad de retención de la información y el procesamiento de la información no explican el vínculo entre la MT y la IF, mientras que las investigaciones de Unsworth et al. (2009), Fokuda et al. (2011) y Shipstead et al. (2012) sugerirían lo contrario. Las diferencias en el rol de la capacidad de retener información podrían originarse en: (a) el formato del material (verbal vs. visoespacial) involucrado en las tareas empleadas para evaluar tal capacidad, (b) el control de estrategias de repetición y agrupamiento, (c) el número de ítems que deben ser retenidos. Puntualmente, la mayor parte de los estudios que verificaron una asociación entre la retención de información y la IF emplearon tareas con contenidos visoespaciales que impedían el uso de

estrategias de retención de la información (Fokuda et al., 2010; Shipstead et al., 2012). Asimismo, en las investigaciones en las que se corroboró una asociación entre la retención de contenidos verbales y la IF se indicó que esta asociación dependía del grado en que los ítems a recuperar se hallaban en la memoria secundaria (Unsworth & Engle, 2007). Algunos autores han sugerido que las tareas de MCP visoespaciales presentan una mayor demanda de control atencional respecto de las tareas de MCP verbales (Miyake et al., 2001). Es decir, retener información en este formato demandaría un mayor esfuerzo atencional, lo cual explicaría su vínculo con la IF. Respecto de esta afirmación, Shipstead et al. (2014) reportaron que las tareas de detección de cambios, tareas paradigmáticas utilizadas para evaluar la retención de información viso-espacial y con las cuales se ha hallado consistentemente una asociación con la IF (Cowan et al., 2005, Fokuda et al., 2010), requieren de la atención selectiva, y se asocian estrechamente con el control atencional. En concordancia con Shipstead et al. (2014), Fokuda y Vogel (2011), indicaron que el desempeño en tareas de detección de cambios se asociaba a la capacidad de las personas de “desenganchar” la atención de distractores y reorientar la misma hacia la información crítica. De este modo, la retención de la información en la MT conformaría un proceso dependiente de la atención, y este aspecto de la MT es el que se asociaría a la IF.

Otra posible explicación de la asociación entre la retención de información visoespacial y la IF, es que ésta última es típicamente evaluada a través de tareas cuyo formato es no verbal (e.g., Test de Matrices Progresivas de Raven), por lo cual, la correspondencia en el formato de la información conduciría la asociación entre estos procesos. Respecto de esta hipótesis, Kane et al. (2004) observaron que existe una asociación específica entre el formato de la información a retener en la MCP y el desempeño en tareas de razonamiento que se corresponden con dicho formato.

Por otra parte, en lo relativo al rol del procesamiento de la información, las diferencias en los resultados de Unsworth et al. (2009; 2014) y Cowan et al. (2002) podrían originarse en diferencias en los indicadores utilizados para evaluar la capacidad de procesamiento de la información. Específicamente, Unsworth et al. (2009; 2014) consideraron como indicador la eficacia y velocidad de respuesta en la tarea secundaria de tareas de amplitud compleja, mientras que Cowan et al. (2002) evaluaron este proceso a través de tareas específicas independientes de las pruebas de MT. Si bien no existen tareas puras de medición de la capacidad de procesamiento de información, las tareas utilizadas por Unsworth et al. (2009; 2014) presentarían un mayor nivel de impureza respecto de las pruebas empleadas por Cowan et al. (2002). Las tareas secundarias utilizadas exigen, por ejemplo, realizar juicios de simetría, resolver operaciones matemáticas o evaluar el sentido de oraciones. Estos procesos requieren tanto de la retención de la información como de la atención selectiva, por lo cual, es posible que la asociación hallada por Unsworth et al. (2009; 2014) entre la eficacia y velocidad de respuesta en las tareas secundarias y la IF se deba a otros procesos.

En síntesis, la revisión efectuada indica que la MT y la IF conforman procesos independientes pero estrechamente vinculados entre sí. Su asociación

residiría en que los mismos comparten los procesos cognitivos de control atencional y búsqueda controlada de la información en la MLP. Sin embargo, el rol de la capacidad de procesamiento de la información (velocidad y eficacia) y de la retención de la información aún debe ser determinado. Tal como ha sido mencionado, diferencias en los paradigmas de evaluación utilizados para medir estos procesos podrían explicar las contradicciones entre estudios, por lo cual, en futuras investigaciones sería necesario corroborar en qué medida: (a) el formato de la información a retener afecta la asociación entre la MT y la IF, (b) las tareas de detección de cambios involucran componentes atencionales y es este componente lo que explica la asociación con la IF, y (D) el desempeño en tareas más “puras” que evalúen la velocidad de procesamiento de la información explica la IF.

Referencias

- Ackerman, P. L., Beier, M. E., & Boyle, M. O. (2005). Working memory and intelligence: The same or different constructs? *Psychological Bulletin*, *131*, 30-60.
- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of experimental child psychology*, *106*(1), 20-29.
- Baddeley, A. & Hitch, G. J. (1974). Working memory. En G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of learning and motivation: Advance in research and theory* (Vol. 8, pp. 47-89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cognitive Science*, *4*, 417-423.
- Baddeley, A. (2012). Working memory: theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology*, *63*, 1-29.
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, S. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental neuropsychology*, *33*(3), 205-228.
- Carpenter, P. A., Just, M. A., & Shell, P. (1990). What one intelligence test measures: a theoretical account of the processing in the Raven Progressive Matrices test. *Psychological Review*, *97*, 404-431
- Case, R., Kurland, D. M., & Goldberg, J. (1982). Operational efficiency and the growth of short-term memory span. *Journal of experimental child psychology*, *33*(3), 386-404.
- Cattell, R. B., & Horn, J. L. (1978). A check on the theory of fluid and crystallized intelligence with description of new subtest designs. *Journal of Educational Measurement*, *15*(3), 139-164.
- Colom, R., Flores-Mendoza, C., & Rebollo, I. (2003). Working memory and intelligence. *Personality and Individual Differences*, *34*(1), 33-39.
- Conway, A. R., Cowan, N., Bunting, M. F., Theriault, D. J., & Minkoff, S. R. (2002). A latent variable analysis of working memory capacity, short-term memory capacity, processing speed, and general fluid intelligence. *Intelligence*, *30*(2), 163-183.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*, *20*, 506.

- Cowan, N. (2012). *Working memory capacity*. Psychology press.
- Cowan, N., Elliott, E. M., Saults, J. S., Morey, C. C., Mattox, S., Hismjatullina, A., & Conway, A. R. (2005). On the capacity of attention: Its estimation and its role in working memory and cognitive aptitudes. *Cognitive psychology*, *51*(1), 42-100.
- Cowan, N., Fristoe, N. M., Elliott, E. M., Brunner, R. P., & Saults, J. S. (2006). Scope of attention, control of attention, and intelligence in children and adults. *Memory & Cognition*, *34*(8), 1754-1768.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual difference in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, *19*, 450-466.
- Dobbs, A. R., & Rule, B. G. (1989). Adult age differences in working memory. *Psychology & Aging*, *4*, 500-503.
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control. *Psychology of learning and motivation*, *44*, 145-200.
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: a latent-variable approach. *Journal of experimental psychology: General*, *128*(3), 309.
- Ferrer, E., O'Hare, E. D., & Bunge, S. A. (2009). Fluid reasoning and the developing brain. *Frontiers in neuroscience*, *3*(1), 46.
- Fukuda, K., Vogel, E., Mayr, U., & Awh, E. (2010). Quantity, not quality: The relationship between fluid intelligence and working memory capacity. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*(5), 673-679.
- Horn, J. L. (1989). Models of intelligence. *Intelligence: Measurement, theory, and public policy*, 29-73.
- Jensen, A. R. (1998). *The g factor: The science of mental ability*. Westport, CT: Praeger.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, *99*, 122-149.
- Kane, M. J., Conway, A. R., Hambrick, D. Z., & Engle, R. W. (2007). Variation in working memory capacity as variation in executive attention and control. *Variation in working memory*, 21-48.
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: a latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology: General*, *133*(2), 189.
- Kyllonen, P. C. (1996). Is working memory capacity Spearman's g? In I. Dennis & P. Tapsfield (Eds.), *Human abilities: Their nature and measurement* (pp. 49-75). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kyllonen, P. C., & Christal, R. E. (1990). Reasoning ability is (little more than) working-memory capacity?! *Intelligence*, *14*, 389-433.
- La Pointe, L. B., & Engle, R. W. (1990). Simple and complex word spans as measures of working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *16*(6), 1118.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, *390*(6657), 279-281.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Rettinger, D. A., Shah, P., & Hegarty, M. (2001). How are visuospatial working memory, executive functioning, and spatial abilities related? A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, *130*(4), 621.

- Oberauer, K., Süß, H.-M., Schulze, R., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2000). Working memory capacity: Facets of a cognitive ability construct. *Personality & Individual Differences*, *29*, 1017-1045.
- Oberauer, K., Süß, H.-M., Wilhelm, O., & Wittmann, W. W. (2003). The multiple faces of working memory: Storage, processing, supervision, and coordination. *Intelligence*, *31*, 167-193.
- Pollack, I., Johnson, L. B., & Knaff, P. R. (1959). Running memory span. *Journal of Experimental Psychology*, *57*, 137-146.
- Shipstead, Z., Lindsey, D. R., Marshall, R. L., & Engle, R. W. (2014). The mechanisms of working memory capacity: Primary memory, secondary memory, and attention control. *Journal of Memory and Language*, *72*, 116-141.
- Shipstead, Z., Redick, T. S., Hicks, K. L., & Engle, R. W. (2012). The scope and control of attention as separate aspects of working memory. *Memory*, *20*(6), 608-628.
- Süß, H. M., Oberauer, K., Wittmann, W. W., Wilhelm, O., & Schulze, R. (2002). Working-memory capacity explains reasoning ability—and a little bit more. *Intelligence*, *30*(3), 261-288.
- Unsworth, N. (2010). On the division of working memory and long-term memory and their relation to intelligence: A latent variable analysis. *Acta Psychologica*, *134*, 16-28.
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2006). Simple and complex memory spans and their relation to fluid abilities: Evidence from list-length effects. *Journal of Memory and Language*, *54*(1), 68-80.
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: Active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological Review*, *114*, 104-132.
- Unsworth, N., Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2014). Working memory and fluid intelligence: Capacity, attention control, and secondary memory retrieval. *Cognitive psychology*, *71*, 1-26.
- Unsworth, N., Redick, T. S., Heitz, R. P., Broadway, J. M., & Engle, R. W. (2009). Complex working memory span tasks and higher-order cognition: A latent-variable analysis of the relationship between processing and storage. *Memory*, *17*(6), 635-654.
- Unsworth, N., & Spillers, G.J. (2010). Variation in working memory capacity and episodic recall: The contributions of strategic encoding and contextual-retrieval. *Psychonomic Bulletin & Review*, *17*, 200-205.
- Unsworth, N., Spillers, G.J., & Brewer, G.A. (2010). The contributions of primary and secondary memory to working memory capacity: An individual differences analysis of immediate free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *36*, 240-247.
- Waugh, N. (1960). Serial position and the memory-span. *American Journal of Psychology*, *73*, 68-79.
- Yntema, D. B., & Mueser, G. E. (1960). Remembering the present states of a number of variables. *Journal of Experimental Psychology*, *60*, 18-22.
- Yntema, D. B., & Mueser, G. E. (1962). Keeping track of variables that have few or many states. *Journal of Experimental Psychology*, *63*, 391-395.