

Diferentes tareas de solución de problemas y funciones ejecutivas en niños de 7 a 12 años

Différentes tâches de dépannage et des fonctions exécutives chez les enfants âgés de 7 à 12 ans
Diferentes tarefas de resolução de problemas e de funções executivas em crianças de 7 a 12 anos
Different problem solving tasks and executive functions in 7 to 12 year old children

Natalia Agudelo Cruz ¹
Sergio L. Dansilio ²
Alejandra Beisso ¹

1. Facultad de Psicología, Universidad Católica del Uruguay
2. Facultad de Psicología, Universidad de la República del Uruguay

Resumen

Los constructos "solución de problemas" y funciones ejecutivas están íntimamente emparentados e inclusive superpuestos. No existen estudios que dilucidan si se trata de diferentes dominios cognitivos, ya sea total o parcialmente. Por otra parte, hay poca información acerca de la diferencia entre problemas aritméticos y no aritméticos. En este estudio se compara el desempeño en pruebas estándar de solución de problemas matemáticos y no matemáticos (Batería III Woodcock-Muñoz, Test de las 20 preguntas) con dos tareas que exploran funciones ejecutivas: Torre de Londres (ToL) y el test de Anticipación Visual de Brixton (TAVB) en una muestra de escolares. Se encontró que el rendimiento en las pruebas matemáticas correlaciona significativamente con el desempeño en ToL, y que el rendimiento en la prueba de solución de problemas no matemáticos se asocia con el desempeño en el TAVB. Los resultados encontrados indican que, frente a la solución de problemas matemáticos, la capacidad de planificación juega un rol relevante, mientras que ante problemas no matemáticos la situación es distinta: aquí, al requerirse alternancia entre dos o más categorías semánticas, la flexibilidad cognitiva es crítica. Estos hallazgos sugieren que el concepto "solución de problemas" es amplio, muchas veces poco definido, admite al menos una diferencia para problemas matemáticos y no matemáticos y se diferencia de las funciones ejecutivas. Se discuten las implicancias del estudio de las funciones ejecutivas en escolares normales.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, solución de problemas, matemáticas, rendimiento escolar, desarrollo.

Résumé

Construits "problème de résolution" et fonctions exécutives sont étroitement liés et même se chevauchent. Il n'y a pas d'études pour élucider si elle est différents domaines cognitifs, totalement ou partiellement. De plus, il y a peu d'informations sur la différence entre l'arithmétique et les problèmes non arithmétiques. Tour de Londres (TOL) et Anticipation d'essai: Dans cette étude, la performance sur des tests standard de résolution de problèmes mathématiques et non mathématique (Batterie III Woodcock-Muñoz, Test des 20 questions) avec deux tâches qui explorent les fonctions exécutives comparée visuelle Brixton (TAVB) dans un échantillon de l'école. Il a été constaté que la performance dans les tests de mathématiques est en corrélation significative avec la performance en ToL, et une solution de tests de performance des problèmes mathématiques non associés à la performance dans le TAVB. Les résultats indiquent que, par rapport à la résolution de problèmes mathématiques, la planification des capacités joue un rôle important, alors qu'auparavant aucun problème mathématique, la situation est différente: ici, l'alternance nécessaire entre deux ou plusieurs catégories sémantiques, la flexibilité cognitive est critique. Ces résultats suggèrent que le concept de «résolution de problèmes» est large, souvent mal défini, admet au moins une différence pour des problèmes mathématiques, pas à la différence des fonctions mathématiques et exécutives. Les implications de l'étude des fonctions exécutives à l'école normale sont discutées.

Mots-clés: fonctions exécutives, résolution de problèmes, les mathématiques, le rendement scolaire, le développement.

Artículo recibido: 16/03/2015; Artículo revisado: 30/03/2016; Artículo aceptado: 11/08/2016.

Toda correspondencia relacionada con este artículo debe ser enviada a Natalia Agudelo Cruz, Facultad de Psicología, Universidad Católica del Uruguay, Avda. 8 de Octubre 2738, Montevideo, Uruguay, CP 11600.

E-mail: nagudelo@ucu.edu.uy

DOI:10.5579/rnl.2016.0248

Resumo

Os construtos resolução de problemas e funções executivas estão intimamente relacionados e, até mesmo, sobrepostos. Não é consensual se estes domínios cognitivos são considerados diferentes total ou parcialmente. Adicionalmente, há pouca informação sobre a diferença entre problemas aritméticos e não aritméticos. Assim, o objetivo do estudo foi comparar o desempenho em testes padrão de resolução de problemas matemáticos e não matemáticos e tarefas de funções executivas numa amostra de escolares. Foram utilizados Bateria III Woodcock-Muñoz, Teste de 20 perguntas para avaliação de resolução de problemas, como também, a Torre de Londres (ToL) e o Teste de Antecipação Visual de Brixton (TAVB) para a avaliação de funções executivas. O rendimento nas provas matemáticas se correlaciona significativamente com o desempenho em ToL. O desempenho na prova de solução de problemas não matemáticos se associa com o desempenho na TAVB. Os resultados encontrados indicaram que para a solução de problemas matemáticos a capacidade de planejamento desempenha um papel importante. Por outro lado, nos problemas não matemáticos pela exigência de alternância entre duas ou mais categorias semânticas, a flexibilidade cognitiva é crítica. Os resultados sugerem que o conceito de resolução de problemas é muito amplo, muitas vezes, pouco definido. Admite-se ao menos uma diferença entre problemas matemáticos e não matemáticos e se diferencia de funções executivas. Discutem-se implicações do estudo de funções executivas em escolares em desenvolvimento típico.

Palavras-chave: funções executivas, resolução de problemas, matemática, desempenho escolar, desenvolvimento.

Abstract

The constructs “problem solving” and executive functions are intimately related or overlapped. There is a lack of studies that can explain if they are the same cognitive domains or if they refer to different domains, either totally or partially. On the other hand, there is little information in referring to the differences between arithmetical and non arithmetical problems. In this study we compare the performance in standard mathematical and non mathematical tests (Bateria III Woodcock-Muñoz, 20 question test) with two executive function tasks: Tower of London and Brixton Spatial Anticipation Test in a sample of scholars. We found that the performance in mathematical tests is significantly correlated with performance in ToL, and that achievement in non mathematical task is associated with the performance in Brixton test. The results indicate that planning plays a central role when solving mathematical problems, while there is a greater participation of cognitive flexibility when solving non mathematical problems that imply abstraction and shifting between semantic categories. These findings suggest that the concept “problem solving” is a wide construct that has not been thoroughly defined, that it at least admits a distinction between mathematical and non mathematical problems and that it differs from executive functions. Implications of the study of executive functions in normal scholars are discussed.

Keywords: Executive functions, problem solving, mathematics, school achievement, development.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Solución de problemas

Puede considerarse el clásico trabajo de Newell y Simon publicado en la década de los setenta como la referencia inicial que establece el constructo “solución de problemas” en seres humanos de forma sistemática dentro de las ciencias cognitivas (1972). Si bien este ha sido un tema central desde entonces, algunos autores consideran que a nivel de la investigación neuropsicológica no se ha dado suficiente atención al mismo (Jonassen, 2000; Langley y Rogers, 2005; Langley 2013) y que se requieren mayores esfuerzos con miras a ampliar el conocimiento de esta actividad cognitiva compleja desde un marco teórico y empírico bien definidos.

En las últimas décadas se han desarrollado importantes progresos que llevaron al desarrollo de diferentes modelos acerca de los dominios cognitivos específicos involucrados en dicha actividad (Anderson, 1993; Jonassen, 1997, 2000; Kintsch y Greeno, 1985). La psicología cognitiva suele definir estos términos como componentes del control dirigido de la actividad en el contexto cotidiano. El hecho de ser confrontado con un problema implica que el individuo quiere alcanzar una determinada meta, en donde los pasos para resolver dicho problema son inciertos, desconocidos y generalmente deben ser llevados a cabo en un determinado orden. Por ello, las diferentes situaciones que implican solucionar problemas tienen en común que requieren tener que tomar ciertas precauciones con el fin de poder alcanzar las metas propuestas. Pero estas características son extremadamente amplias y pueden incluir cualquier actividad cognoscitiva de una mínima complejidad, desde resolver una operación aritmética simple, un laberinto, a una partida de ajedrez.

Los requerimientos básicos para una planificación exitosa incluyen varias etapas. En primer lugar, el sujeto debe crear una representación mental tanto del estado inicial como del estado meta. Adicionalmente, estas representaciones deben ser ligadas a través del establecimiento de las acciones que son necesarias para transformar el estado actual en el estado meta. Anderson (1993) describió tres elementos esenciales de la solución de problemas: (1) Direccionalidad: la conducta se organiza claramente hacia la meta; (2) Descomposición en submetas: la meta original se subdivide en tareas o submetas; (3) Aplicación de operadores. El término operador se refiere a aquella acción que transforma un estado del problema en otro estado del problema. La solución del problema resulta de la secuencia de estos operadores. Los problemas, entonces, tienen tres características generales: 1) un estado inicial: el estado en el que el sujeto ordena los hechos obvios; 2) un estado meta: la solución que el sujeto intenta alcanzar, y 3) los pasos que debe realizar el sujeto para transformar el estado inicial en el estado final que inicialmente no era obvio.

La solución de problemas, al implicar la exploración de las posibles estrategias necesarias para alcanzar la solución, la anticipación de los resultados y la realización de las acciones pertinentes (Woolfock, 2007), requiere una acción estratégica que implica flexibilidad, toma de decisiones y planificación; es decir, involucra el funcionamiento ejecutivo.

Pretendemos proponer una distinción entre la solución de problemas como un constructo amplio y las funciones ejecutivas como un dominio más restringido que incluye pasos que pueden ser considerados como “solución de problemas” pero únicamente a partir de una conceptualización muy general.

1.2 Solución de problemas matemáticos

Existe la tendencia a asociar la solución de problemas a las matemáticas debido al hecho de que los problemas matemáticos representan un amplio porcentaje de esta actividad cognitiva (Fernández Andrés et al., 2013), la cual frecuentemente es rechazada y temida por los estudiantes. Es sabido, asimismo, cómo las dificultades en esta área afectan no solamente el ámbito académico del individuo sino también su acceso al mundo laboral (Gracia-Bafalluy y Escolano-Pérez, 2014).

Algunos aspectos de la adquisición de las matemáticas hacen que ésta sea especialmente difícil para los alumnos: la naturaleza abstracta y compleja de su contenido, con una marcada jerarquización así como su lenguaje simbólico y formal (Dansilio, 2008; Rivière, 2001); aprendizaje en el que participan diversos procesos cognitivos de naturaleza espacial, perceptual y mnésica (Rosselli y Matute, 2011).

La neuropsicología del desarrollo ha realizado numerosas contribuciones a esta área. Estos aportes han colaborado para aumentar la comprensión de los procesos cognitivos implicados en el aprendizaje de la solución de problemas matemáticos, debido a que la esencia de esta habilidad requiere que el estudiante haya adquirido las estrategias necesarias para tomar decisiones con respecto a los conocimientos y las habilidades que deben ser utilizadas con el fin de resolver el problema, habilidades como planificación, regulación y evaluación del desempeño propio con la intención de determinar las tareas que deben ser propuestas para alcanzar la meta final.

Estudios anteriores han analizado las posibles relaciones entre las FE y el rendimiento escolar en niños de primaria, concluyendo que el pobre rendimiento se relaciona con medidas de planificación (ToL) y de alternancia (WCST) (García-Villamizar, 2000).

A pesar que éste es un campo en constante desarrollo, hay aspectos sobre los cuales aún hay mucho por decirse. El propósito de este estudio es describir las posibles relaciones entre la solución de problemas matemáticos y no matemáticos y las FE en una muestra de escolares uruguayos.

1.3 Funciones ejecutivas

A pesar que aún no existe un consenso con respecto a la conceptualización de las FE, a partir de varios estudios, los investigadores han llegado a definiciones que las describen con un conjunto de procesos de control de propósito general que regulan la dinámica de la cognición y la acción humana (Best et al., 2011; Burgess, 2003; Dansilio, 2008; Lezak, 1995; Miyake, 2012; Rabbitt, 1997; Shallice, 1990; Stuss, 1992; y que contribuyen al autocontrol y a la autorregulación (Mischel et al., 2011). En su definición original, Lezak (1995) refiere a las FE como aquellas habilidades que permiten realizar eficazmente conductas dirigidas a una meta. Muchos autores concuerdan en que incluyen planificación, flexibilidad cognitiva, inhibición y memoria de trabajo (Bull et al., 2004; Injoke-Ricle y Burin, 2008; Soprano, 2003). Es más, hay suficiente evidencia neuropsicológica que sugiere que el control ejecutivo puede caracterizarse como un conjunto de habilidades relacionadas pero separadas (Baddeley, 1996; Friedman et al., 2006), considerándolas como un constructo multicomponencial.

De acuerdo con Stuss y Alexander se considera la heterogeneidad de las funciones ejecutivas, conceptualizadas como operaciones de control las cuales se relacionan con los lóbulos frontales (Stuss, 2000) y en especial con la corteza prefrontal lateral (Stuss, 2007; Verdejo-García y Bechara, 2010).

El presente estudio se enfocó principalmente en dos funciones ejecutivas: planificación y alternancia, medidas por el rendimiento en ToL (Shallice, 1990) y en el TAVB (Burgess&Shallice, 1996), respectivamente.

La planificación es una función cognitiva fundamental que denota la ejecución mental de una conducta dirigida a una meta en orden de predecir y lograr las consecuencias resultantes (Kaller, 2004). Previo a la acción, la representación mental de una determinada situación debe ser transformada en un estado meta deseado a través de la generación de múltiples eventos hipotéticos. La planificación también involucra otros procesos cognitivos, como el reconocimiento del logro de la meta, la ejecución ligada a la anticipación de eventos futuros y el almacenamiento de representaciones que puedan guiar los movimientos desde el estado inicial al estado meta.

Los instrumentos de evaluación clínica implican problemas bien definidos que están constituidos por estados iniciales precisos, y sus metas y transformaciones son conocidas. La Torre de Londres (ToL) es una herramienta clínica ampliamente conocida y utilizada tanto en la investigación como en la clínica (Shallice, 1998). Sus propiedades estructurales involucradas en los procesos cognitivos puestos en juego en la planificación han sido estudiados profundamente por numerosos investigadores (Horta-Puricelli y Dansilio, 2011; Injoke-Ricle y Burin, 2008; Kaller, 2004), arrojando evidencia empírica acerca de su relevancia de los procesos de planificación en la investigación.

La alternancia se define como la habilidad de cambiar de tareas o de escenarios mentales con flexibilidad. El enfoque de la variable latente propone un modelo integrador que conceptualiza a las FE como un grupo interrelacionado e interdependiente de procesos que trabajan en su globalidad como un sistema supervisor y de control. Los tres principales componentes de las FE son la actualización, la inhibición y la alternancia (Miyake et al., 2000). Esta última implica la habilidad para cambiar el foco de atención así como la flexibilidad para cambiar diferentes patrones de reglas, representaciones mentales o tareas.

En tareas que requieren flexibilidad cognitiva, se pueden distinguir dos procesos principales. El primero de ellos es la creación de una representación mental. Para la construcción de esta representación el sujeto debe enfocar su atención en un estímulo relevante particular, al tiempo que ignora otros estímulos irrelevantes. Simultáneamente, debe mantener dicha representación mental en su memoria de trabajo.

Este segundo proceso requiere de la activación de una nueva representación mental que puede entrar en conflicto con la primera representación (Garon et al., 2008). Las distintas tareas de flexibilidad cognitiva difieren en la cantidad de memoria de trabajo requerida así como también en el grado de conflicto que debe ser resuelto para realizar la tarea.

2. METODOLOGÍA

2.1. Participantes

Participaron en este estudio un total de 45 niños, cursando entre 2° y 6° año de enseñanza primaria. Las edades están comprendidas entre 7,0 y 12,0 años (M=9,38, DS= 1,72). La muestra se compuso de 24 niños y 21 niñas, siendo la totalidad de origen caucásico. Todos los padres de los alumnos dieron su consentimiento informado para la participación en el estudio. Ninguno de ellos tenía experiencia previa en las pruebas que fueron administradas. El trabajo fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Psicología.

Se utilizaron los siguientes criterios de exclusión: embarazo pre-término, bajo peso al nacer, epilepsia, diabetes, afecciones endocrinológicas, antecedentes de TEC, afecciones psiquiátricas, psicofármacos, dificultades de aprendizaje, tratamientos psicomotrices y psicopedagógicos y repetición de grado.

2.2. Procedimiento

Los participantes fueron evaluados en una sesión individual de 50 a 60 minutos en la que realizaron las pruebas de funcionamiento ejecutivo así como las pruebas de solución de problemas.

Tabla 1. *Características demográficas de la muestra*

Grupos etarios	Grado escolar	Niños (n=24)	Niñas (n=21)	Total (n=45)
7 años/7 años y 11 meses	2°	10	6	16
9 años/9 años y 11 meses	4°	7	8	15
11 años/12 años y 0 meses	6°	7	7	14

2.3. Medidas

Solución de problemas matemáticos

La Batería III Woodcock-Muñoz es una versión paralela en español del Woodcock-Johnson III (WJ III) (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001). Para este estudio se seleccionaron tres pruebas para evaluar las habilidades matemáticas.

Prueba 5: Cálculo: Mide la habilidad para el rendimiento en los cálculos matemáticos. Requiere que el sujeto realice diferentes cálculos, desde las sumas más simples hasta las operaciones geométricas, trigonométricas, logarítmicas y de cálculo.

Prueba 6: Fluidez en matemáticas: Mide el grado de dominio matemático elemental y la facilidad para el manejo de los números, requiriendo del sujeto que resuelva con rapidez y precisión problemas simples de suma, resta y multiplicación. El plazo para resolverlos es de 3 minutos.

Prueba 10: Problemas aplicados: Mide la el razonamiento cuantitativo, la aptitud matemática y los conocimientos matemáticos. Requiere la habilidad para analizar y resolver problemas matemáticos. Para la resolución de cada problema,

el sujeto debe escuchar su formulación, reconocer los procedimientos que corresponde seguir y luego realizar cálculos relativamente simples. Como muchos problemas incluyen datos extrínsecos, el individuo debe decidir no sólo las operaciones matemáticas apropiadas a las que ha de recurrir sino también los números que incluirá en el cálculo. También mide un aspecto del razonamiento fluido (Gf).

Funciones ejecutivas

Torre de Londres

La Torre de Londres (ToL), derivada de la Torre de Hanoi, fue desarrollada por Shallice (1988) y evalúa la capacidad de planificación y de solución de problemas. Consiste en tres esferas de diferentes colores (rojo, azul y blanco) que pueden ser colocadas en tres varillas de diferentes alturas, cada una de las cuales puede contener una, dos o tres esferas. Para solucionar un problema de la Torre de Londres, el sujeto debe transformar el estado inicial para poder alcanzar un estado meta predeterminado que se le presenta en un modelo gráfico, cambiando la posición de las esferas en las varillas.

Durante el proceso de solución de problemas, deben respetarse algunas reglas, como la restricción de mover únicamente una esfera por vez, la cual además no puede colocarse en otro lugar que no sea una varilla. También se plantea un máximo de movimientos para solucionar un determinado problema. Para lograr la solución del problema, el participante debe analizar el problema y planificar la secuencia de movimientos antes de comenzar a realizarlos.

En este estudio utilizamos la modalidad de Krikorian (1994), según la cual el puntaje final se obtiene sumando el puntaje directo obtenido en los doce problemas.

Test de Anticipación Visual de Brixton

El Test de Anticipación Visual de Brixton es un test que evalúa la capacidad de realizar inferencias de reglas lógicas de carácter inductivo y de modificarlas con flexibilidad, de acuerdo al feedback recibido (Beisso, 2011; Shallice y Burgess, 1991). Sus autores sugieren que es similar al Wisconsin Card Sorting Test (Heaton, 1981) y fue diseñado para superar las dificultades de dicha prueba en relación a sus componentes ejecutivos.

El test consiste en una serie de láminas en las que se presentan 10 círculos, uno de los cuales está coloreado, y su posición en el espacio cambia a través de las diferentes láminas sin que el evaluado sea advertido de dicho cambio. El movimiento del círculo depende de una regla o patrón que el examinado deberá inferir. El examinado debe ir observando atentamente los ítems que se le presentan e inferir con anticipación en qué posición se encontrará el círculo coloreado en la siguiente lámina. En otras palabras, el evaluado responderá correctamente sólo si logra integrar la regla lógica infiriendo la relación entre los sucesivos ítems. A lo largo de toda la aplicación hay un total de ocho cambios de regla. Los mismos ocurren de manera inesperada y el examinado deberá detectar el cambio e inferir la nueva regla para poder avanzar hacia el próximo ítem. Para la corrección se suman directamente los puntajes obtenidos, reflejando de esta manera únicamente el número total de aciertos y de errores. No ha sido mayormente utilizada en el desarrollo, salvo en Horta-Puricelli y Dansilio (2011).

Test de las 20 Preguntas

El test de las 20 preguntas (Lezak et al., 2004) se basa en el juego de mesa en el cual el jugador debe realizar preguntas si/no para adivinar en qué persona famosa o en qué objeto pensó su contrincante. El nombre del test refleja la regla que refiere a que el jugador solamente puede formular 20 preguntas para alcanzar la solución correcta, identificando el estímulo objetivo a partir de un conjunto de 30 estímulos distribuidos en una matriz de 5x6.

En el presente estudio utilizamos el test de las 20 preguntas para evaluar la solución de problemas y la formación de conceptos de los participantes. Mosher y Hornsby (1966) sugirieron que la tarea evidencia la forma en que los participantes organizan su conocimiento del mundo; la misma requiere que el sujeto formule categorías, las ordene jerárquicamente (Klouta y Cooper, 1990) y utilice las estrategias adecuadas para buscar en el almacén semántico. Implica también que conserve un recuerdo de las respuestas previas y que modifique sus respuestas basándose en la retroalimentación que le proporciona el evaluador. La estrategia más eficaz es aquella en la que el mayor número de opciones son eliminadas por medio de una serie de preguntas sucesivas, alcanzando la solución a través de la formulación de la menor cantidad posible de preguntas.

3. RESULTADOS

Se evaluaron los rendimientos en cálculo y fluidez de cálculo utilizando las pruebas de la Batería III de Woodcock-Muñoz (Woodcock, McGrew, y Mather, 2001) con el objetivo de controlar el efecto de dificultades matemáticas en los resultados.

Análisis de los datos

Para la descripción de los resultados se calcularon las medias y desvíos estándar de los rendimientos de cada una de las pruebas.

Las variables (ToL, TAVB, Problemas Aplicados y 20 Preguntas) cumplen con el supuesto de normalidad y homocedasticidad según la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Ver Tabla 2) y Levene (Ver Tabla 3), respectivamente.

Tabla 2. Prueba de Kolmogorov-Smirnov

	ToL	TAVB	PA	20P
Z de Kolmogorov-Smirnov	.617	.860	.755	.616
Sig. asintót. (bilateral)	.842	.450	.618	.843

NOTA: ToL: Torre de Londres; TAVB: Test de Anticipación Visual de Brixton; PA: Problemas aplicados Batería III WM; 20P: 20 Preguntas.

Se realizó un ANOVA para analizar las diferencias entre los grupos según el nivel escolar. Por último, se realizó un análisis de correlación de Pearson para la muestra total con el objetivo de analizar la asociación entre las variables ejecutivas (ToL y TAVB) y las pruebas de resolución de problemas, matemáticos y no matemáticos (PA y 20P).

Análisis descriptivo de las pruebas: ToL, TAVB, Problemas Aplicados y 20 Preguntas.

Tabla 3. Prueba de Levene

	F	gl	Sig
ToL	0.296	2	0.746
TAVB	1.292	2	0.285
PA	0.619	2	0.544
20P	0.562	2	0.574

NOTA: ToL: Torre de Londres; TAVB: Test de Anticipación Visual de Brixton; PA: Problemas aplicados Batería III WM; 20P: 20 Preguntas.

En la Tabla 4 presentamos las medias y los desvíos estándar de las pruebas aplicadas en la muestra, los resultados del ANOVA y las diferencias entre los grupos por grado escolar mediante el análisis post hoc de Tukey.

En el ANOVA realizado se encontró un efecto significativo para el factor TOL únicamente entre los grupos de 2° y 4° grado ($F(2)=4,82$, $p < 0,05$, $\eta^2=,187$), siendo la media de 4° mayor a la de 2° grado.

El TAVB no presenta diferencias en el rendimiento según el grado escolar ($F(2)=0,67$, $p > 0,05$, $\eta^2=,031$).

Se observan diferencias significativas en los resultados de PA entre los tres grupos con un rendimiento ascendente a lo largo de los grados escolares ($F(2)=38,83$, $p < 0,05$, $\eta^2=,677$).

El 20P presenta diferencias significativas en el rendimiento únicamente entre los grupos de 6° y 2° con un rendimiento superior en 6° ($F(2)=3,53$, $p < 0,05$, $\eta^2=,147$).

Análisis de correlaciones

Relación entre pruebas ejecutivas y pruebas de resolución de problemas

Debido a la heterogeneidad de las diferencias entre los grupos por grado escolar, se realizó el análisis de las correlaciones tomando en cuenta el total de la muestra. Para el cálculo de la variación conjunta entre las variables, se aplicó el test de correlación de Pearson entre las pruebas ejecutivas (ToL y TAVB) y el rendimiento en pruebas de resolución de problemas. Los resultados se presentan en la Tabla 3. Se observa una correlación débil significativa entre la prueba ejecutiva ToL y la prueba de resolución de problemas aplicados (PA) ($r=0.371$; $p=0.019$). No se observa correlación significativa entre TAVB y Problemas aplicados ($r=0.261$; $p=0.104$).

A continuación se analizan las relaciones entre las pruebas que evalúan funciones ejecutivas (ToL y TAVB) y el rendimiento en pruebas de resolución de problemas no matemáticos de naturaleza verbal (Test de las 20 preguntas, 20P).

Se utilizó el test de correlación de Pearson. A partir del mismo se observa una correlación lineal negativa moderada significativa entre la prueba ejecutiva TAVB y la prueba de resolución de problemas no matemáticos (20P) ($r=-0.447$; $p=0.002$). No se observan correlaciones significativas entre la prueba ejecutiva ToL y la prueba de resolución de problemas no matemáticos (20P) ($r=-0.226$; $p=0.140$).

Tabla 4. *Media, desviación estándar y análisis de varianza de los grupos por grado en las tareas de Funciones ejecutivas y resolución de problemas*

Subtests	Muestra total	2° Grado	4° Grado	6° Grado	F	gl	p*	η²	Dif. entre grupos
	M(DE)	M (DE)	M (DE)	M (DE)					
ToL	27.20 (3.22)	25.50 (3.37)	28.80 (2.68)	27.43 (9.90)	4.82	2	0.01	0.187	2° < 4°
TAVB	36.93 (6.96)	35.38 (5.10)	38.20 (5.36)	37.36 (3.88)	0.67	2	0.52	0.031	Ninguna
PA	35.13 (6.17)	29.00 (3.91)	36.67 (2.77)	40.77 (6.62)	38.83	2	0.00	0.677	2° < 4° < 6°
20P	41.39 (10.84)	45.69 (9.13)	42.07 (10.29)	35.79 (11.36)	3.53	2	0.04	0.147	6° < 2°

NOTA: M: Media; DE: desviación estándar; ToL: Torre de Londres; TAVB: Test de Anticipación Visual de Brixton; PA: Problemas aplicados Bateria III WM; 20P: 20 Preguntas; Grado: Grado escolar.

Tabla 5. *Matriz de correlaciones entre las pruebas ejecutivas y las pruebas de resolución de problemas*

Variable	ToL	TAVB	PA	20P
PA	.37 *	.26	1	-.452 **
20P	-.23	-.447 **	-.452 **	1
ToL	1	.030	.37 *	-.23
TAVB	.030	1	.26	-.447 **

NOTA: ToL: Torre de Londres; TAVB: Test de Anticipación Visual de Brixton; PA: Problemas aplicados Bateria III WM; 20P: 20 Preguntas. * $p < .05$. ** $p < .01$.

4. DISCUSIÓN

Desde Newell y Simon se tiende a comprender el constructo “solución de problemas” como un sistema cognitivo general (1972). Sin embargo, como señalan Cragg y Gilmore, generalmente no se traza una distinción clara entre los componentes neuropsicológicos del constructo, diferenciando el género de estrategias utilizadas (2014). En el presente trabajo se comparan pruebas que clásicamente se han considerado dentro del constructo “solución de problemas” y pruebas del dominio ejecutivo, distinguiendo además entre una modalidad matemática y no matemática. El objetivo es poder diferenciar la naturaleza y composición interna del constructo. En términos generales, se observaron en las tareas aplicadas, correlaciones significativas entre las pruebas matemáticas y ToL, así como entre la prueba de solución de problemas no matemáticas y el TAVB. En cuanto a las tareas de solución de problemas, se halla una relación entre tareas de naturaleza matemática y no matemática, sugiriendo que existen componentes en común, no así en el caso de las tareas que implican funcionamiento ejecutivo. Pero es llamativo un vínculo diferenciado y dispar entre pruebas de solución de problemas y pruebas ejecutivas: ToL y TAVB, a pesar de

considerarse pruebas “ejecutivas”, no mostraron una correlación entre sí. Los valores comparativos entre ToL y 20P, y entre el TAVB y las pruebas matemáticas tampoco alcanzaron significatividad. Puede sospecharse, entonces, que diferentes dominios cognitivos relacionados con el constructo “solución de problemas” poseen componentes heterogéneos cuando se comparan entre sí y con pruebas ejecutivas clásicas, así como al discriminar la naturaleza matemática de las mismas.

Relación entre FE y problemas matemáticos

Cada vez existe más evidencia acerca del papel que desempeñan las FE, y en especial la memoria de trabajo en el rendimiento matemático; sin embargo, no se han podido elaborar modelos a través de los cuales sea posible explicar esta relación en detalle. (Alloway y Alloway, 2010; Campos et al., 2012; Caviola et al., 2012; Cragg y Gilmore, 2014, Van der Ven, S. H. G. et al, 2012).

Los problemas aplicados de la Bateria III Woodcock Muñoz (PA) son problemas aritméticos con un texto planteado verbalmente. Requieren que el individuo extraiga del enunciado los datos relevantes, configure una representación mental del problema y realice los cálculos necesarios para dar

una respuesta. Esta tarea implica poner en juego no solamente el conocimiento matemático previo y el razonamiento cuantitativo, sino también habilidades de planificación, memoria de trabajo e inhibición, las cuales constituyen parte del dominio ejecutivo.

Un reciente metanálisis demostró que la habilidad de alternar (“shifting”) predice el rendimiento en matemáticas (Yeniad et al., 2003). Frente a la tarea de ToL, el sujeto debe resolver un problema de transformación, realizando un esfuerzo para llegar a una meta por medio de ejecutar una serie de movimientos (Dansilio et al., 2010). De manera similar, al enfrentar la solución de problemas aritméticos, el individuo realiza una secuencia de pasos ya que extrae del enunciado los datos relevantes, configura una representación mental del problema, realiza los cálculos pertinentes y da una respuesta alcanzando la solución o meta. La capacidad de alternar puede ser necesaria también para cambiar entre diferentes procedimientos (ej; sumar y restar) a la hora de resolver problemas matemáticos. En este tipo de problemas, la falta de flexibilidad puede presentarse a nivel de la representación del problema, a nivel de las respuestas o a ambos niveles. Si bien entonces, no están totalmente dilucidadas, existe una relación estratégica entre ciertos aspectos del dominio ejecutivo propósito-inespecífico y la solución de problemas matemáticos. Los hallazgos del presente trabajo representan una aproximación que proporciona argumentos empíricos a estas diferenciaciones.

Relación entre FE y problemas no matemáticos

Para encontrar las respuestas correctas, en la prueba de 20P, es necesario organizar y recuperar información del sistema semántico, formular categorías y ordenarlas jerárquicamente (Klouta y Cooper, 1990). Resolver la tarea de una manera eficiente requiere que el sujeto formule preguntas (contrastar hipótesis) de un grado de abstracción tal que le permitan encontrar la respuesta correcta en la menor cantidad de pasos. Todos estos pasos podrían incluirse dentro del concepto de “ejecutivo” (Dansilio, 2008; Miyake, 2012), pero además el sujeto debe lograr ser capaz de cambiar de una categoría a otra a partir del feedback que le proporciona el evaluador, de manera de lograr la respuesta correcta. No obstante lo dicho previamente, 20P correlaciona con el TAVB y no con la ToL. Una de las posibilidades es la heterogeneidad de las funciones ejecutivas que está contenida en pruebas “ómnibus” como ToL y TAVB. En todo caso, coincidiendo con que todas ellas se relacionan con el constructo “solución de problemas”, el dato primario obtenido en el presente trabajo, es que dicho constructo debe fraccionarse hacia su interior y en especial en cuanto a su relación con la noción de función ejecutiva.

La correlación observada entre 20P y TAVB podría explicarse por la necesidad de cambiar de categorías que

implican ambas pruebas. Esta capacidad de cambio podría ser inespecífica de dominio, siendo una de naturaleza auditivo-verbal semántica (20P) y la otra de naturaleza visuoespacial (TAVB). En los resultados se observa que ambas tareas de resolución de problemas de distinta naturaleza (visuoespacial/auditivo verbal) se correlacionan con dos pruebas que evalúan componentes ejecutivos diferentes: ToL y problemas matemáticos que implican la formulación de una meta para la resolución y que no presentan una carga tan importante de conocimiento del mundo. No se observó esa relación entre ToL y 20P.

Una limitación importante del presente estudio es el tamaño reducido de la muestra. La ampliación de la muestra permitiría indagar acerca de cambios de las relaciones entre las diversas pruebas a lo largo del desarrollo. Por otra parte, sería necesario llevar el problema planteado en el este trabajo a un estudio longitudinal para obtener una visión más adecuada de las similitudes y diferencias entre los dominios que se relatan. Futuros estudios en esa línea de investigación podrán ayudar a esclarecer el alcance de las demandas de funcionamiento ejecutivo en el desempeño matemático.

5. CONCLUSIONES

Del presente trabajo es posible extraer las siguientes conclusiones. En primer término, se constatan componentes cognitivos diferentes en la realización de problemas matemáticos cuando se los compara con problemas no matemáticos. Estos hallazgos pueden considerarse altamente sugestivos de que un constructo general como lo indica el término “solución de problemas”, no da cuenta de la complejidad interna del desempeño cognitivo. Por otra parte, dentro de los problemas matemáticos, es posible plantear que los componentes cognitivos de naturaleza no cuantitativa, puedan contribuir a su diferenciación interna, y por lo tanto generar distintas relaciones con las funciones ejecutivas.

En tercer lugar, parece ser que el dominio propiamente ejecutivo constituye sólo un componente dentro del constructo más amplio al que hace referencia el término “solución de problemas”. Efectivamente, en este último caso, se incluye una variedad de pruebas, tanto ejecutivas como no ejecutivas. Finalmente, es posible afirmar que, el concepto de “solución de problemas” no es sinónimo de “funciones ejecutivas”. De los trabajos consultados, y del estudio presente, no se corrobora una correspondencia consistente entre ambos constructos. El uso pues, del término “solución de problemas”, sin ulteriores especificaciones, es al menos inconveniente ya que resulta demasiado amplio dando lugar a confusiones conceptuales.

Referencias

- 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(1), 20–9.
- Anderson, J. R. (1993). Problem solving and learning. *American Psychologist*, 35-44.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 5-28.
- Beisso, A. (2011). Desempeño en el dominio ejecutivo y nivel socioeconómico en población escolar (Tesis de Memoria de Grado). Facultad de Psicología, Universidad Católica del Uruguay, Uruguay.
- Best, J. R., Miller, P. H., y Naglieri, J. A. (2011). Relations between Executive Function and Academic Achievement from Ages 5 to 17 in a Large, Representative National Sample. *Learning Individual Differences*, 21(4), 327-336.
- Bull, R., Andrews, K., y Senn, T. (2004). A comparison of performance on the Towers of London and Hanoi in young children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 45(4), 743–754.
- Burgess, P. (2003). Assessment of executive function. En P. Halligan, U. Kischka, y J. Marshall, J (Eds.), *Handbook of Clinical Neuropsychology* (322–340). New York: Oxford University Press.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y FUNCIONES EJECUTIVAS

- Burgess, P. y Shallice, T. (1996). Response suppression, initiation and strategy use following frontal lobe lesions. *Neuropsychologia*, 34, 263-273.
- Campos, I. S., Almeida, L. S., Ferreira, A. I., Martínez, L. F., y Ramalho, G., (2012). Cognitive processes and math performance: a study with children at third grade of basic education. *European Journal of Psychology of Education*, 28(2), 421-36.
- Caviola, S., Mammarella, I. C., Cornoldi, C., y Lucangeli, D (2012). The involvement of working memory in children's exact and approximate mental addition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 112(2), 141-60.
- Cragg, L. y Gilmore, C. (2014). Skills underlying mathematics: The role of executive function in the development of mathematics proficiency. *Trends in neuroscience and education*, (3), 63-68.
- Dansilio, S. (2008). *Los trastornos del cálculo y el procesamiento del número*. Montevideo: Prensa Médica.
- Dansilio, S., Horta, K., Beisso, A., Agudelo, N., Larrea, F., Zubillaga, C., y Cerda, K. (2010). La Torre de Londres durante el desarrollo en edad escolar: Normas de rendimiento en una población uruguaya. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 15, 14-33.
- Fernández Andrés, M. I., Tárraga Mínguez, R., Acosta Escarreño, G. y Colomer Diago, C. (2013). Comparación del perfil matemático de estudiantes con y sin dificultades de aprendizaje en matemáticas y lectura. *INFAD*, 1(1), 633-642.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., De Fries, J. C. y Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17, 172-179.
- García-Villamizar, D., y Moñuz, P. (2000). Funciones ejecutivas y rendimiento escolar en educación primaria. Un estudio exploratorio. *Revista Complutense de Educación*, 11(1), 39-56.
- Garon, N., Bryson, S. E., y Smith, I. M. (2008). Executive Function in Preschoolers: A Review Using an Integrative Framework. *Psychological Bulletin*, 134 (1) 31-60.
- Gracia-Bafalluy M, y Escolano-Pérez E. (2014). Aportaciones de la neurociencia al aprendizaje de las habilidades numéricas. *Revista de Neurología*, 58, 69-76.
- Heaton, R. K. (1981). *Wisconsin Card Sorting Test*. Odessa, Florida: Psychological Assessment Resources.
- Horta-Puricelli, K., y Dansilio, S. (2011). Test de anticipación visual de Brixton, desarrollo de las funciones ejecutivas y relación con la Torre de Londres. *Revista de Neurología*, 52(4), 211-22.
- Injoque-Ricle, I. y Burin, D. I. (2008). Validez y fiabilidad de la prueba de Torre de Londres para niños: Un estudio preliminar. *Revista Argentina de Neuropsicología*, 11, 21-31.
- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design model for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-95.
- Jonassen, D. H. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research & Development*, 48(4), 63-85.
- Kaller, C. P., Unterrainer, J. M., Rahm, B. y Halsband, U. (2004). The impact of problem structure on planning: insights from the Tower of London task. *Cognitive Brain Research*, 20, 426-472.
- Kintsch, W., y Greeno, J.C. (1985). Understanding and solving word arithmetic problems. *Psychological Review*, 92(1), 109-129.
- Krikorian, R., Bartok, J y Gay, N. (1994). Tower of London procedure: A standard method and developmental data. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 16(6), 840-850.
- Klouda, G.V.; Cooper, W.E. (1990). Information search following damage to the frontal lobes. *Psychological Reports*, 67, 411-416.
- Langley, P., y Rogers, S. (2005). *An extended theory of human problem solving. Proceedings of the Twenty-Seventh Annual Meeting of the Cognitive Science*. Society. Stresa: Italy.
- Langley, P. y Trivedi, N. (2013). Elaborations on a theory of human problem solving. *Advances in Cognitive Systems* 3, 1-12.
- Lezak, M. D. (1995). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford.
- Lezak, M.D., Howieson, D.B, Loring, D.W, Hannay, H.J., y Fischer, J.S. (2004). *Neuropsychological Assessment* (4th ed.). New York: Oxford University Press.
- Mischel, W., Ayduk, O., Berman, M. G., Casey, B. J., Gotlib, I. H., y Jonides, J. (2011). "Willpower" over the life span: Decomposing self-regulation. Social, Cognitive, and Affective. *Neuroscience*, 6, 252-256.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H. y Howeter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analyses. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Miyake, A., y Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Association for Psychological Science*, 21(1), 8-14.
- Mosher, F. A., y Hornsby, J. R. (1966). On asking questions. In J. Bruner, R. R. Olver, P. M. Greenfield, J. R. Hornsby, H. J. Kennedy, M. Maccoby, N. Modiano, F. A. Mosher, D. R. Olsen, M. C. Potter, L. C. Reich, & A. M. Sonstroem (Eds.), *Studies in cognitive growth*. New York: Wiley
- Newell, A & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Prentice-Hall International: London.
- Rabbitt, P. (1997). Introduction: Methodologies and models in the study of executive function. En: P. Rabbitt (Ed.), *Methodology of frontal and executive function*. Psychology Press: Hove. (1-38).
- Rivière, A. (2001): Problemas y dificultades en el aprendizaje de las matemáticas: una perspectiva cognitiva. En Coll, C., Palacios y J., Marchesi, A. (2001) *Desarrollo psicológico y educación*. Madrid: Alianza.
- Rosselli, M. y Matute, E. (2011). La neuropsicología del desarrollo típico y atípico de las habilidades numéricas. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 11(1), 123-140.
- Sabagh Sabbagh, S. (2008). Solución de problemas aritméticos redactados y control inhibitorio cognitivo. *Universitas Psychologica*, 7, (1), 215-228.
- Shallice, T. (1990). *From neuropsychology to mental structure*. New York: Cambridge University Press.
- Shallice, T. y Burgess, P. (1991). Deficits in strategy application after frontal lobe damage in man. *Brain and Cognition* 114, 727-741.
- Soprano, A. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Revista de Neurología* 37,1, 44-50.
- Stuss, D.T. (1992). Biological and physiological development of executive function. *Brain and Cognition* 20, 8-23.
- Stuss, D. T. y Alexander, M.P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63, 289-98.
- Stuss, D. (2007). New approaches to prefrontal lobe testing. En: Bruce L. Miller y J. L. Cummings (Eds.), *The Human Frontal Lobes: Functions and disorders* (292-305). New York: The Guilford Press.
- Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H., Boom, J., y Leseman, P. P. M. (2012). The development of executive functions and early mathematics: a dynamic relationship. *British Journal of Educational Psychology*, 82(1):100-19.
- Verdejo-García, A. y Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22(2), 227-235.
- Woodcock, R. W., McGrew, K. S., y Mather, N. (2001). *Woodcock-Johnson III*. Itasca, IL: Riverside Publishing.
- Woolfolk, A. (2007). *Psicología educativa*. México: Pearson.
- Yenia, N., Malda, M., Mesman, J., van IJzendoorn, MH y Pieper S. (2003). Shifting ability predicts math and Reading performance in children: a meta-analytical study. *Learning and Individual Differences*, 23 (0), 1-9.