

Efecto de la edad en una tarea de planificación y organización ('pirámide de México') en escolares

E. Matute^a, Y. Chamorro^a, O. Inozemtseva^a, O. Barrios^a, M. Rosselli^b, A. Ardila^c

EFFECTO DE LA EDAD EN UNA TAREA DE PLANIFICACIÓN Y ORGANIZACIÓN ('PIRÁMIDE DE MÉXICO') EN ESCOLARES

Resumen. Objetivo. Conocer los cambios relacionados con la edad en una tarea de planificación y organización, como componentes de las funciones ejecutivas. Sujetos y métodos. Se analizó la ejecución en la 'pirámide de México' de la evaluación neuropsicológica infantil en 239 escolares de México y Colombia de 5 a 16 años de edad, distribuidos en seis grupos. Se utilizaron cinco medidas: número de aciertos, número de movimientos y tiempo de ejecución en los diseños correctos, número de aciertos y tiempo de ejecución en los diseños correctos realizados con el mínimo de movimientos. Resultados. Se observó un efecto de la edad sobre las cinco medidas. En comparación con los otros grupos, los niños de 5 a 6 años tienen una menor cantidad de diseños correctos; los de 5 a 8 años requieren mayor número de movimientos. El tiempo de ejecución mostró un mayor número de diferencias intragrupalas. El análisis por ensayo reveló que el grado de dificultad se relaciona con la cantidad de movimientos y lo novedoso de las reglas. Conclusiones. Además del número de aciertos y de movimientos invertidos para lograr cada acierto, el tiempo de ejecución es un indicador útil del desarrollo de estas funciones, dado que la rapidez en la ejecución es la que marca diferencias mayores entre los niños. Nuestros resultados apoyan la existencia de un desarrollo acelerado de las funciones de planificación y organización durante los primeros años de la etapa escolar, que sigue un curso más lento en la adolescencia. [REV NEUROL 2008; 47: 61-70]

Palabras clave. Desarrollo evolutivo. Funciones ejecutivas. Organización. Planificación. Tiempo de ejecución.

INTRODUCCIÓN

Las funciones ejecutivas permiten llevar a cabo un comportamiento propositivo, dirigido a alcanzar metas y/o resolver problemas [1,2]. Entre ellas se incluyen la inhibición de respuestas impulsivas, la planificación estratégica, la organización del comportamiento, la memoria de trabajo, la flexibilidad cognitiva y la autorregulación [3-6]. Estas habilidades desempeñan un papel importante en la definición de la individualidad humana, la toma de decisiones, el control de las emociones y el comportamiento social [7]. Se considera que establecer metas, formular planes y llevarlos a cabo efectivamente constituyen indicadores de un comportamiento independiente, creativo y socialmente constructivo [8,9].

Las funciones ejecutivas se han relacionado especialmente con las regiones más anteriores de la corteza cerebral, específicamente la corteza prefrontal [10,11]. El patrón de conexiones recíprocas entre la corteza prefrontal y otras regiones subcorticales y posteriores del cerebro hace que esta región sea óptima para la integración de la información, así como para la regulación de las emociones, el pensamiento y la acción [12]. La corteza prefrontal se caracteriza por ser la última estructura del cerebro en completar la maduración; sus procesos madurativos se

extienden por un tiempo prolongado, que abarca la infancia y adolescencia, e incluyen la creación y mielinización de los circuitos neurales y el incremento en la densidad sináptica de las regiones prefrontales [13,14]. Se ha establecido un paralelismo entre el tiempo prolongado en el que se advierten dichos procesos madurativos y el desarrollo de las funciones ejecutivas. Estudios que evalúan el desarrollo de las funciones ejecutivas han comunicado efectos de la edad desde etapas preescolares [15, 16] hasta la adolescencia [17-19].

Así, es evidente que el desarrollo de las funciones ejecutivas inicia desde la lactancia y termina en la adultez. El estudio del desarrollo de las funciones ejecutivas desde edades tempranas permite no sólo comprender las características de este proceso, sino también facilita la detección y prevención de alteraciones comunes en los trastornos de neurodesarrollo. Isquith et al [2] observan que el hecho de que los preescolares no sean capaces de ejercer un control pertinente sobre los procesos cognitivos, las respuestas emocionales y los impulsos en el comportamiento es un indicador de la carencia o inmadurez de aspectos específicos de habilidades implicadas en las funciones ejecutivas. En este caso se habla de un sistema ejecutivo no ausente, sino inmaduro, que conforme aumenta la edad, pasa de ser un sistema de funciones relativamente indiferenciadas a uno constituido por funciones modulares [12].

La niñez se caracteriza por ser una etapa en la que se advierte una maduración acelerada de las funciones ejecutivas, que se torna más lenta al comenzar la adolescencia [17], lo que sugiere una mayor estabilidad de las funciones ejecutivas conforme aumenta la edad. Su desarrollo no se considera lineal, sino que atraviesa etapas o períodos de aceleración [20]. Brocki y Bohlin [4] identificaron tres etapas en la maduración de las funciones ejecutivas que coinciden con la niñez temprana (6-8 años), la niñez intermedia (9-12 años) y la adolescencia. La edad de 12 años, en particular, es un período frecuentemente asociado con importantes cambios o aceleraciones en el desarrollo de las fun-

Aceptado tras revisión externa: 02.06.08.

^a Instituto de Neurociencias. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. ^b Departamento de Psicología. Florida Atlantic University.

^c Departamento de Trastornos y Ciencias de la Comunicación. Florida International University. Miami, Florida, Estados Unidos.

Correspondencia: Dra. Esmeralda Matute. Instituto de Neurociencias. CUC-BA. Universidad de Guadalajara. Francisco de Quevedo, 180. CP 44130 Guadalajara, Jalisco, México. Fax: (5233) 38180740. E-mail: ematute@cencar.udg.mx

Agradecimientos. A V. Schneider, estudiante de la Universidad de Tübingen, Alemania, quien, como practicante en el Instituto de Neurociencias, participó en la elaboración de la base de datos.

© 2008, REVISTA DE NEUROLOGÍA

ciones ejecutivas [17]. Además, esto puede variar de un componente a otro, pues la literatura señala que el desarrollo no es un proceso uniforme para todos los elementos de las funciones ejecutivas, sino que cada uno sigue una trayectoria de desarrollo diferente. Anderson et al [17] sugieren que la flexibilidad cognitiva madura más temprano que la habilidad para planear y resolver problemas. Klenberg et al [21] identifican la inhibición como una función básica y de maduración temprana que antecede el desarrollo de funciones ejecutivas más complejas, cuyo desarrollo se extiende hasta la adolescencia.

Un modelo con frecuencia referido en el estudio del desarrollo de las funciones ejecutivas es el originalmente propuesto por Stuss y Alexander [11], y retomado por Anderson [22]. Este modelo propone la existencia de cuatro componentes:

- *Control atencional*: a su vez, incluye la atención selectiva, autorregulación, supervisión e inhibición.
- *Procesamiento de información*: incluye sus componentes de eficiencia, fluidez y velocidad de procesamiento.
- *Flexibilidad cognitiva*: contiene atención dividida, memoria de trabajo, transferencia conceptual y retroalimentación.
- *Establecimiento de metas*: incluye iniciativa, conceptualización, planificación, así como la organización de estrategias.

De acuerdo con Anderson [22], cada dominio de este modelo se considera como independiente, se relaciona con un sistema frontal específico y puede ser determinante en la variabilidad de los perfiles del desarrollo ejecutivo. Al mismo tiempo, los cuatro componentes operan de manera interrelacionada e interdependiente sobre la ejecución de tareas, y juntos pueden conceptualizarse como un sistema superior de control.

Las habilidades de planificación y organización son dos componentes importantes de las funciones ejecutivas correspondientes a una maduración tardía. Para su evaluación se han utilizado frecuentemente las tareas tipo torre, como la torre de Londres o la torre de Hanoi [9,23-25]. En estas tareas se pide a los participantes planear y ejecutar una secuencia de movimientos de objetos (cuentas o discos), con el fin de que su disposición final iguale a un modelo presentado previamente como meta. El grado de dificultad de cada ensayo varía en función del número de movimientos que se tengan que realizar para construir el modelo. Ejecuciones exitosas en las torres aparentemente requieren de la formulación de un plan que guíe la secuencia de movimientos a realizar, la retención del plan, la ejecución de los movimientos, y la supervisión y revisión del plan conforme se ejecuta la acción [26]. Las evaluaciones con torres permiten obtener un índice cuantitativo de las habilidades de planificación, especificando el número de pasos o etapas involucradas en la solución de un problema [27]. Las variables de estudio con este tipo de pruebas generalmente incluyen el número de ensayos correctamente resueltos, el número de movimientos realizados en cada ensayo, el tiempo de latencia del primer movimiento, el tiempo total de la respuesta, los ensayos resueltos en el mínimo de movimientos preestablecidos, el número de ensayos resueltos en el primer intento, así como el número de intentos para resolver cada ensayo [3,28]. Por lo tanto, se espera que los sujetos con una capacidad de planificación efectiva sean aquellos que logren armar correctamente la mayor cantidad de diseños, sin excederse en el número de movimientos y en lapsos de tiempo más cortos. Estudios previos sobre el desarrollo de este aspecto de las funciones ejecutivas han reportado la existencia de un efecto de la edad en la ejecución de las pruebas con torres. En

los datos de validación de la batería de evaluación neuropsicológica automatizada de Cambridge, Luciana [29] menciona que, en la torre de Londres, los niños de 4 años tienen ejecuciones menos efectivas que los de 5 a 8 años, quienes, a su vez, lo hacen más pobremente que los de 9 a 12 años, mientras que los niños de 12 años aún no alcanzan los niveles de ejecución de un adulto, y que estas diferencias pueden observarse incluso en los ensayos más sencillos. En un estudio realizado con niños de 3 a 12 años, Klenberg et al [21], al analizar el total de los diseños correctamente armados en la torre de Londres, observaron que, a partir de los 8 años, no se evidenciaban diferencias en los resultados de estos niños con los de edades mayores, lo que sugería que a esta edad se había alcanzado ya un nivel de ejecución comparable al de los niños de 12 años de edad, y, por lo tanto, una madurez relativa en la función de planificación. En otro estudio utilizando un rango de edad más amplio (de 8 a 64 años), De Luca et al [5] evaluaron la capacidad de responder correctamente a la prueba, sin importar los movimientos mínimos, y observaron que el grupo de menor edad de su estudio, los niños de 8 a 10 años, resolvía correctamente menos problemas que los de 15 a 29 años; al considerar la condición de los movimientos mínimos, observaron que tanto los niños de 8 a 10 como los de 11 a 14 años lograban significativamente un menor número de soluciones perfectas (ensayos completados correctamente con el mínimo número de movimientos) en comparación con los grupos de 15 a 29 años nuevamente, quienes, aparentemente, fueron los más eficientes en la organización y planificación de su comportamiento. Estos resultados apoyan la noción de que estas funciones continúan su desarrollo aun después de la adolescencia.

Otro factor importante que indica la eficiencia de la ejecución es el tiempo que el individuo tarda en resolver o completar la tarea (tiempo de ejecución). Barral et al [30] refieren que las ejecuciones de niños que requieren repuestas motoras manuales se hacen más rápidas a medida que se incrementa la edad. Sin embargo, en el caso de las evaluaciones con torres, los autores se han enfocado más al análisis del tiempo de reacción o de latencia del primer movimiento, y los resultados no han sido del todo concluyentes, dada la heterogeneidad en las medidas utilizadas y la variabilidad en los resultados. Así, Bull et al [26] mencionan que los niños de edades preescolares no demoraban mucho en iniciar sus movimientos al resolver pruebas con torres, por lo que aparentemente no configuraban una planificación previa, sino que la estructuraban conforme iban realizando la acción. Los autores sugirieron considerar factores como el tiempo de latencia para iniciar el primer movimiento y el tiempo empleado para resolver todo el problema, con el fin de evaluar estas manifestaciones de la planificación y de aplicación de estrategias. Por su parte, Raizner et al [3] observaron una interacción entre la edad y el grado de complejidad de los ensayos con respecto al tiempo de planificación inicial, de modo que los adolescentes (de 10 a 12 años), aunque eran más rápidos para comenzar a resolver los ensayos sencillos, mostraban tiempos más largos de planificación de sus estrategias en los ensayos más complejos, mientras que los tiempos de reacción de los más pequeños (de 7 a 9 años) eran más cortos en los ensayos difíciles, y más largos en los sencillos. Estos autores consideran que sus resultados sugieren una relación entre el grado de complejidad de la prueba y el nivel de desarrollo de los niños, que permite a los adolescentes comprender las crecientes demandas de las pruebas y dedicar más tiempo para planear su respuesta, mientras que los

pequeños son capaces de realizar esto sólo ante problemas que correspondan a su nivel de comprensión, y conforme aumenta el nivel de dificultad tienden a responder impulsivamente.

El uso del tiempo de latencia como indicador de maduración en la ejecución de esta tarea es controvertido. Phillips et al [31] comunicaron que el tiempo de planificación previa no es el mejor indicador de la eficacia de las ejecuciones en la torre de Londres, dado que los tiempos más largos de planificación previa no siempre se relacionan con menores tiempos de ejecución de los movimientos ni con una menor cantidad de movimientos realizados. El autor explica este fenómeno por la capacidad limitada de la memoria de trabajo para retener configuraciones completas de los planes previos a la acción, y menciona que una planificación en línea también es una forma eficaz de resolver los problemas, ya que permite actualizar el plan conforme se va ejecutando la acción, independientemente de la cantidad de movimientos que se tengan que realizar. Basándonos en esto, podemos esperar que el tiempo de ejecución constituya un indicador más preciso de la efectividad de las estrategias implementadas en la resolución de este tipo de pruebas.

Existen, entonces, varias medidas utilizadas en las pruebas tradicionales, que proporcionan información acerca del grado del desarrollo de las habilidades de planificación y organización. Entre estas medidas destacan el número de aciertos en la construcción de los diseños, el número de movimientos realizados, los aciertos con el mínimo de movimientos requeridos y, finalmente, el tiempo de ejecución. Generalmente se consideran como parámetro del desarrollo medidas que se relacionan con el aspecto de la precisión de la respuesta, tales como el número de aciertos obtenidos o el número de aciertos realizados con el mínimo de movimientos [5,15,21,27,32].

Los estudios que consideran el factor del tiempo se han enfocado principalmente en el tiempo de reacción [3], y son pocos los que han indagado sobre el tiempo de ejecución [33]. El escaso uso del tiempo de ejecución puede explicarse por el hecho de que en la torre de Londres y la torre de Hanoi, la dificultad para embonar las cuentas (anillos o pelotas) en la estaca influye en la rapidez de la ejecución de estas pruebas. Por lo tanto, se corre el riesgo de confundir la habilidad de planificación con la destreza motora [27]. Sin embargo, en la tarea que utilizamos para este estudio, los objetos (bloques de madera) no se embonan en estacas, sino que se mueven sobre un espacio plano, dividido en tres sectores, por lo que la destreza motora limitada afecta poco la ejecución.

Por lo tanto, para este estudio nos basamos de manera parcial en dos aspectos del modelo de Anderson [22], al considerar que:

- Distintos componentes de funciones ejecutivas, incluyendo la planificación y velocidad de procesamiento, funcionan de manera independiente e interrelacionada al mismo tiempo.
- Variaciones en las medidas de cada una de ellas permiten establecer perfiles del desarrollo.

Además, pensamos que el tiempo de ejecución es un factor importante para el control cognitivo. Así, el interés de este trabajo fue observar los cambios relacionados con la edad, tanto en las medidas que dan cuenta de la precisión de la respuesta (el número de los diseños correctos), el número de movimientos de los diseños correctos y los aciertos realizados con el mínimo número de movimientos que dan cuenta del proceso mismo de planificación, como en las medidas del tiempo de ejecución o

de procesamiento (de los diseños correctos y de los diseños incorrectos con el mínimo de movimientos), considerando cada una de éstas como indicadores del desarrollo de las funciones de planificación y organización en escolares entre los 5 y 16 años.

En esta investigación se propuso la hipótesis de que, con la edad, aumentará el control sobre estas variables para lograr ejecuciones más efectivas de la tarea, de tal modo que, a mayor edad, los niños podrán construir correctamente más diseños utilizando menos movimientos y en menor tiempo, así como realizar más diseños con el mínimo número de movimientos, también con menores tiempos de ejecución. Además, se supuso que el dominio de cada una de las variables analizadas se logra a diferentes edades, es decir, que la edad a partir de la cual sus efectos ya no son evidentes no será la misma para todas las variables. Así, esperamos que los niños se centren primero en realizar la tarea de manera correcta y posteriormente alcancen la velocidad adecuada. Finalmente, al considerar que el grado de dificultad se relaciona con una mayor cantidad de movimientos, esperamos que aquellos ensayos que requieran más movimientos sean los que comuniquen una menor cantidad de aciertos y tiempos de ejecución más largos para todas las edades.

SUJETOS Y MÉTODOS

Muestra

La muestra se seleccionó de la base de datos de los 780 niños que participaron en la validación de la prueba de evaluación neuropsicológica infantil (ENI) [34-38] en la población de niños mexicanos y colombianos del medio urbano, de escuelas públicas y privadas, sin antecedentes neurológicos y/o psiquiátricos, según la descripción de los padres. Se solicitó por escrito el consentimiento informado a los padres de los niños para su participación en el estudio. Se eliminaron los niños repetidores de grados escolares, buscando con ello congruencia entre el grado escolar en curso y la edad. De esta base de 780 niños, se seleccionaron al azar los datos de 240 niños de 5 a 16 años de edad ($X = 10,5$, $DE \pm 3,45$), 120 de sexo masculino y 120 de sexo femenino, repartidos uniformemente en 6 grupos de edad: G1 (5 a 6 años), G2 (7 a 8 años), G3 (9 a 10 años), G4 (11 a 12 años), G5 (13 a 14 años) y G6 (15 a 16 años). La unión de dos edades adyacentes en un grupo se hizo con base en estudios previos realizados con esta muestra [35,37,38]. Así, cada subgrupo quedó conformado por 40 niños (20 niñas y 20 niños), con excepción del G3, en el cual se eliminó una niña de 10 años, ya que posterior a su inclusión la maestra refirió que presentaba problemas de cálculo; por lo tanto, el G3 quedó conformado por 20 niños y 19 niñas.

Materiales

Para evaluar los procesos de planificación y organización en los niños, se utilizó la tarea 'pirámide de México', que forma parte del dominio de funciones ejecutivas de la ENI [34-38], y que, al igual que las pruebas con torres, consiste en el movimiento de objetos con la finalidad de construir diseños predeterminados, bajo la restricción de ciertas reglas. Para realizar esta tarea se le proporcionan al niño tres bloques de madera de tres tamaños diferentes, el de color verde es el pequeño, el blanco es el mediano y el rojo es el grande. Se le proporciona, además, una hoja blanca en la que se encuentra delimitado un espacio dividido en tres sectores. El niño debe mover los cubos dentro de estos tres sectores con la finalidad de construir un diseño que se le presenta como modelo en la libreta de estímulos. Se le indica que lo debe hacer utilizando el menor número de movimientos posible y ubicando la construcción en el mismo espacio en el que se encuentra el modelo. Existen diferentes reglas que el niño no puede violar, que se le presentan de manera oral: uso de una sola mano, puede tener en la mano un solo cubo a la vez, sólo puede tomar el que se ubica en la parte superior de la pirámide, y puede colocar cada cubo sólo en uno de los tres sectores del espacio delimitado en la hoja. El diseño resultante es la base para el diseño siguiente. La instrucción literal de la tarea es: 'Aquí tienes tres bloques: uno es rojo, otro blanco y otro verde (se señalan). Con ellos puedes construir diferentes diseños sobre esta hoja (se señala). Te voy a enseñar diferentes diseños, cada

uno lo tienes que realizar en el espacio que le corresponde moviendo los bloques uno por uno, con el menor número de movimientos posibles y utilizando una sola mano. En el caso de que estén dos bloques uno encima del otro, primero tienes que mover el de arriba (demostrar). Los bloques sólo los puedes poner en alguno de estos tres espacios (señalar) y no los puedes guardar en tu mano (demostrar). Fíjate en realizar la construcción en el espacio indicado en el diseño. Te vuelvo a recordar que debes realizar la construcción con el menor número de movimientos posibles y con una sola mano' [34].

La tarea consiste en 11 ensayos; los movimientos mínimos requeridos para cada ensayo varían de dos a siete. El orden de presentación fue siempre el mismo para todos los niños y no corresponde al número de movimientos requeridos. Así, para resolver el ensayo 1 se requiere de un mínimo de cuatro movimientos; para el ensayo 2, de siete movimientos; para el ensayo 3 son seis movimientos mínimos; para los ensayos 4 y 5 son tres movimientos; para el ensayo 6 son dos movimientos; para los ensayos 7 y 8 son cinco movimientos; para el ensayo 9 son siete movimientos; para el ensayo 10 son seis movimientos; y, por último, para el ensayo 11 son siete movimientos. Al aplicar la tarea, el evaluador tiene que registrar si logra o no el participante construir el diseño, el número de movimientos realizados en cada uno de los ensayos, y el tiempo de la ejecución de cada ensayo. Este último se registra desde el momento en que se termina de dar la instrucción hasta que se observa que el niño ha concluido el diseño (Fig. 1).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron utilizando el software SPSS v. 13 para Windows. En primer lugar se llevaron a cabo estadísticos descriptivos de las cinco medidas utilizadas como variables dependientes: número de diseños correctos, número de movimientos en los diseños correctos, tiempo de ejecución de los diseños correctos, número de diseños correctos realizados con el mínimo de movimientos, y tiempo de ejecución de los diseños correctos con el mínimo de movimientos. A través de un análisis multivariado (MANOVA) se evaluó el efecto del sexo y del grupo de edad para cada medida. Con el fin de calcular el efecto de grupo de edad en las cinco variables se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el grupo de edad (G1, G2, G3, G4, G5 y G6) como variable independiente y las medidas de ejecución en la prueba de planificación como variables dependientes. Se utilizaron *t* parciales al cuadrado (η^2) para determinar el tamaño del efecto de las *F* multivariadas. Se realizó un análisis *a posteriori* (prueba de Tukey) para identificar las diferencias significativas entre las medias de cada grupo de edad para cada una de las cinco variables dependientes. Con la finalidad de analizar el patrón de respuestas en cada uno de los 11 ensayos que conforman la tarea, se llevó a cabo un análisis utilizando χ^2 para determinar las diferencias en el número de diseños correctos con el mínimo de movimientos que cada grupo obtuvo en cada uno de los ensayos. Por último, se llevó a cabo un análisis multivariado y un análisis *a posteriori* a través de la prueba de

Ensayo n.º	Mínimo de movimientos requeridos	Diseño Inicial
1	4	
2	7	
3	6	
4	3	
5	3	
6	2	
7	5	
8	5	
9	7	
10	6	
11	7	

Figura 1. Secuencia de ensayos de la tarea de planificación donde se muestra el número de movimientos mínimos requeridos para cada ensayo, así como el orden de presentación de los diseños. B: blanco; R: rojo; V: verde.

Tukey para detectar diferencias entre los grupos en el tiempo de ejecución de los diseños correctos con el mínimo de movimientos comunicados en cada uno de los ensayos.

RESULTADOS

El análisis multivariado practicado con el fin de determinar la presencia de un efecto del sexo y de la edad mostró un efecto significativo de la edad ($p < 0,01$) sobre las cinco medidas de estudio (traza de Hotelling = 1,006; $F_{(25,1107)} = 8,9$; $p = 0$) (Tabla I), mas no así del sexo (traza de Hotelling = 0,023; $F_{(5,223)} = 1,034$; $p = 0,398$). La interacción entre la edad y el sexo tampoco resultó significativa (traza de Hotelling para la interacción = 0,098; $F_{(25,1107)} = 0,869$; $p = 0,65$).

Efecto de la edad

Los estadísticos descriptivos mostraron una tendencia a incrementar el número de diseños correctos y el número de diseños correctos con el mínimo de movimientos, asociados a un aumento en el número total de movimientos, conforme aumenta la edad, en los tres primeros grupos. Una leve disminución de la media en el grupo de 11 y 12 años en relación con la del grupo de 9 y 10 años se observó en estas tres variables. Con respecto al tiempo de ejecución, tanto en los diseños correctos como en los diseños correctos con el mínimo de movimientos se observó una tendencia a notificar tiempos más cortos en los grupos de mayor edad (Tabla I).

El análisis *a posteriori* (prueba de Tukey) llevado a cabo con la finalidad de identificar las diferencias significativas entre los grupos de edad demostró que el G1 y el G2, de 5 a 6 y de 7 a 8 años de edad, respectivamente, fue-

Tabla I. Medias (desviación estándar) de las medidas de planificación y organización por grupo de edad.

	n	Diseños correctos		Diseños correctos con el mínimo de movimientos		
		Aciertos	Movimientos	Tiempo (s)	Aciertos	Tiempo (s)
5-6 años	40	8,9 (2,13)	48,78 (15,57)	130,78 (64,89)	6,35 (2,35)	75,17 (37,56)
7-8 años	40	9,95 (1,48)	57,50 (12,98)	128,2 (41,96)	7,12 (1,91)	69,32 (34,34)
9-10 años	39	10,38 (1,09)	58,23 (10,28)	101,53 (34,7)	7,79 (1,89)	59,25 (19,14)
11-12 años	40	9,63 (2,13)	53,43 (15,6)	82,25 (36,36)	7,67 (2,29)	51,85 (22,52)
13-14 años	40	10,55 (1,08)	58,18 (9,1)	76,22 (26,43)	8,15 (1,77)	47,5 (23,7)
15-16 años	40	10,3 (1,87)	55,73 (13,8)	69,38 (27,73)	8,55 (2,09)	49,47 (20,97)
Total	239	9,94 (1,76)	55,29 (13,42)	98,04 (47,14)	7,6 (2,16)	58,76 (28,95)
F		5,228	3,142	17,03	5,683	6,886
P		0	0,009	0	0	0
η^2		0,101	0,063	0,268	0,109	0,129

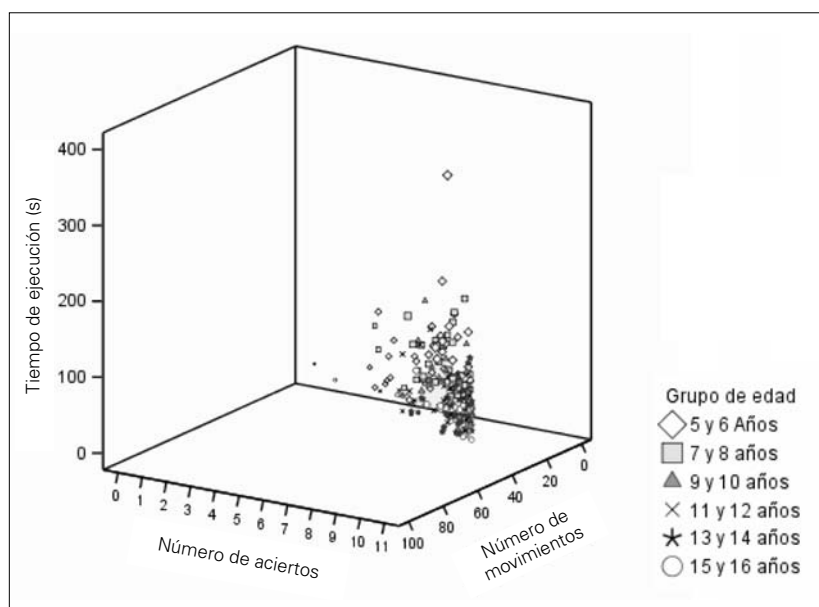


Figura 2. Relación entre aciertos, número de movimientos y tiempo de ejecución de los diseños correctos.

ron los grupos que notificaron un mayor número de diferencias significativas con relación a los demás grupos. Así, la cantidad de diseños correctos del G1 fue significativamente menor que la del G3 ($p = 0,002$), del G5 ($p = 0$) y del G6 ($p = 0,004$). En el número de movimientos, se establece una diferencia significativa entre el G1 y el G2 ($p = 0,038$), el G1 y el G3 ($p = 0,019$), y el G1 y el G5 ($p = 0,019$). La media del tiempo de ejecución, tanto en el G1 como en el G2, fue significativamente mayor que la del G3 ($p_1 = 0,02$; $p_2 = 0,046$), el G4 ($p_1 = 0$; $p_2 = 0$), el G5 ($p_1 = 0$; $p_2 = 0$) y el G6 ($p_1 = 0$; $p_2 = 0$). También lo fue la media del G3 en relación con la del G6 ($p = 0,007$). Cabe destacar que ésta es la única medida en la que el G3 comunica diferencias significativas con grupos de mayor edad. A partir del G4 no se observó ninguna diferencia significativa entre los grupos. En los diseños correctos con el mínimo de movimientos, el G1 se diferencia significativamente de los grupos G3 ($p = 0,026$), G5 ($p = 0,002$) y G6 ($p = 0$), mientras que el G2 se diferencia únicamente del G6 ($p = 0,028$). En el tiempo de ejecución de los diseños correctos con el mínimo de movimientos, el G1 se diferenció del G4 ($p = 0,002$), el G5 ($p = 0$) y el G6 ($p = 0,001$) mientras que el G2 lo hizo con respecto al G5 ($p = 0,006$) y el G6 ($p = 0,016$).

Dispersión al interior de los grupos

En la figura 2 se observa que la dispersión de las puntuaciones obtenidas es más evidente en los grupos de menor edad, especialmente en el G1 y el G2, lo que indica una mayor variabilidad en los resultados de los niños de 5 a 8 años de edad.

Análisis de conglomerados

Se realizó un análisis de conglomerados de dos fases utilizando el grupo de edad como variable categórica, y las variables número de aciertos, número de movimientos y tiempo de ejecución de los diseños correctos como variables continuas. El análisis arrojó siete conglomerados caracterizados de la siguiente manera: en el primero se agruparon los niños que realizaron pocos aciertos, con pocos movimientos y un tiempo de ejecución reducido; a este grupo le llamamos ‘de niños impulsivos’. En este conglomerado se encuentran niños de todos los grupos de edad. En el segundo conglomerado tenemos niños que sacrifican el tiempo de ejecución, es decir, son niños lentos, a costa de tener un buen número de aciertos. En este grupo se ubican los niños más pequeños. Del segundo al séptimo se observa que las diferencias entre cada conglomerado corresponden esencialmente al tiempo de ejecución, y, además, en cada uno de ellos predomina un grupo de edad (Tabla II y Fig. 3).

En el tercer conglomerado tenemos niños que sacrifican el tiempo de ejecución, es decir, son niños lentos, a costa de tener un buen número de aciertos. En este grupo se ubican los niños más pequeños. Del segundo al séptimo se observa que las diferencias entre cada conglomerado corresponden esencialmente al tiempo de ejecución, y, además, en cada uno de ellos predomina un grupo de edad (Tabla II y Fig. 3).

Análisis de aciertos y tiempo de ejecución por ensayo

Al analizar la frecuencia de diseños correctos realizados con el mínimo de movimientos en cada uno de los ensayos, se observaron diferencias significativas entre los grupos de edad en el ensayo 2 ($p = 0,005$), el ensayo 10 ($p = 0,001$) y el ensayo 11 ($p = 0$), que requieren siete, seis y siete movimientos, respectivamente. Cabe mencionar que en los seis grupos de edad se observó una tendencia a incrementar la frecuencia de aciertos con el mínimo de movimientos del segundo al sexto ensayo; sin embargo, una baja en las puntuaciones de todos los grupos se observó en el séptimo ensayo, que requiere cinco movimientos. Destaca éste como el más difícil para todos los grupos (Fig. 4a).

Con relación al tiempo invertido para la realización de cada uno de los diseños correctos con el mínimo de movimientos, se observó en todos los grupos una tendencia mayor a disminuir el tiempo del ensayo 2 al ensayo 6. Además, se observaron diferencias entre los grupos de edad en todos los ensayos. La ejecución del G1 fue significativamente más lenta en comparación con la del resto de los grupos en los ensayos 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10 y 11 ($p < 0,001$ para cada ensayo). En el ensayo 7, sólo el G1 y el G7 difirieron entre sí en el tiempo de ejecución (Fig. 4b).

DISCUSIÓN

El propósito de la presente investigación fue observar los cambios que con la edad se presentan en la ejecución de una tarea tipo torre denominada ‘pirámide de México’, la cual forma parte del dominio de funciones ejecutivas de la ENI [34-38]. El análisis se realizó en niños de 5 a 16 años de edad, a través de cinco medidas. Estas medidas dan cuenta de la precisión, de los pasos invertidos para solucionar el problema y de la rapidez en la eje-

cución, y son: el número de diseños correctos, el número de movimientos realizados en los diseños correctos, el tiempo de ejecución para cada diseño correcto, así como el número de diseños correctos realizados con el mínimo de movimientos y su tiempo de ejecución. Esta tarea se identifica como de planificación y organización. La planificación implica la capacidad para identificar y organizar los pasos y elementos necesarios para llevar a cabo una intención o lograr un objetivo [25], lo que supone la selección de una respuesta y la inhibición de otras [9]. Ésta se identifica como un componente de la función ejecutiva [22]. La planificación se evalúa a través de diferentes test, que permiten observar cómo se organiza el sujeto y si tiene o no presencia de un plan para resolver el problema. Entre éstos destacan los test de torres (Londres, Hanoi o Toronto) [25].

El análisis del efecto de la edad sobre el desempeño en tareas que evalúan las funciones ejecutivas ha mostrado cambios sustanciales entre las edades de 5 a 11 años [5,21,29,32,33,39], aun cuando las diferencias entre las edades varían tanto en relación con el aspecto de la función ejecutiva evaluado como con la medida analizada [6]. En específico, se han documentado mejoras en la flexibilidad cognitiva, memoria operativa y velocidad. En las tareas en la que se observan cambios más marcados en los niños de estas edades se incluyen la tarea que evalúa la antisacada, el test de clasificación de cartas de Wisconsin, la prueba de Stroop y las pruebas de amplitud (*span*) [39].

Con relación al planeamiento de la respuesta, que es el tópico central de este trabajo, Papazian et al [40] refieren que se trata de un proceso mental que depende de la edad con capacidad limitada para prever o anticipar el resultado de la respuesta a fin de solucionar un problema. Su sustrato anatómico es la corteza [9,41]. Además de concebir que tanto el resultado final en términos de números de aciertos como el número de pasos invertidos para llegar a éste son medidas centrales para analizar el planeamiento y la organización al realizar una tarea, mantenemos la hipótesis también de que el control del tiempo de ejecución es crucial para alcanzar un desempeño óptimo.

Estudios previos en los que se han evaluado poblaciones infantiles a través de las pruebas con torres han mostrado que la capacidad para planear anticipando las consecuencias de la respuesta se manifiesta a los 4 años de edad con la solución de ensayos que requieren dos movimientos, y mejora hasta la edad de 15 años [40]. Con relación a las edades que nos ocupan en este trabajo, un efecto de la edad sobre las medidas relativas a la precisión de la respuesta ha sido evidente tanto entre niños de 5 a 7 años de edad y los de 12 años [21] como entre niños de 8 a 14 años y jóvenes de 15 a 29 años [5]. Nosotros mismos, en un estudio anterior, al analizar dos medidas de la tarea utilizada en este estudio, comunicamos el efecto de la edad en una población de 252 niños colombianos [35]. En este trabajo utilizamos tres medidas relacionadas con la precisión en la ejecución. Una de ellas se aboca al resultado final (número de aciertos); otra de ellas, al proceso de planeamiento (número de movimientos utilizados para llegar a una respuesta correcta) y una más, compuesta, en la que se consideran tanto los diseños correctos co-

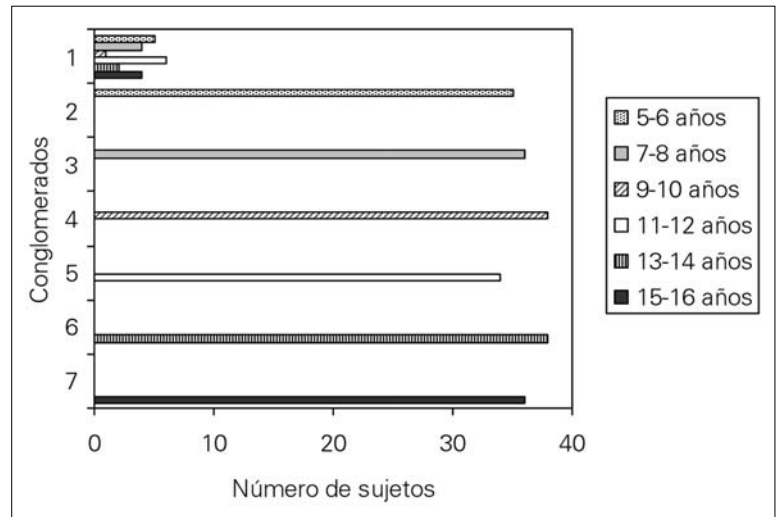


Figura 3. Conglomerados resultantes.

Tabla II. Perfil de conglomerados. Medias (desviación estándar) de los centroides de cada conglomerado.

Conglomerados	n	Diseños correctos		
		Tiempo (s)	Movimientos	Aciertos
1	22	46,5 (26,54)	27,14 (8,91)	5,64 (1,62)
2	35	142,8 (60,22)	52,43 (12,78)	9,46 (1,62)
3	36	132,17 (41,7)	60,17 (10,56)	10,36 (0,8)
4	38	103,31 (33,32)	59,11 (8,83)	10,5 (0,83)
5	34	90,59 (32,85)	58,12 (10,8)	10,35 (0,95)
6	38	79,03 (23,98)	59,55 (6,93)	10,74 (0,72)
7	36	73,47 (25,76)	59,22 (8,64)	10,86 (0,49)

mo el que se hayan realizado con el mínimo de movimientos. En las dos medidas relacionadas con el número de aciertos, observamos que es el grupo de niños más pequeños (edades de 5 a 6 años) el que se diferencia del resto de los grupos. Mientras que al considerar el número de movimiento son tanto los niños de 5 a 6 años como los de 7 a 8 los que se separan del resto de los niños.

Así, de acuerdo con nuestros resultados, los niños más pequeños buscan primero alcanzar un mayor número de respuestas correctas, lo que sugiere que se abocan a atender el resultado final de su ejecución, y más tardíamente (edades de 7-8 años) tienden a controlar el número de movimientos invertidos para realizar los diseños, es decir, atienden el proceso de planeamiento. En específico, después de las edades de 9 a 10 años se observa un efecto de techo en la medida de número de diseños correctos, lo que sugiere que el control sobre la capacidad para responder correctamente a la prueba se establece en estas edades. El control sobre el número de movimientos invertidos para realizar cada uno de los ensayos se alcanza de manera menos abrupta, ya que el incremento de la utilización del mínimo de movimientos posibles es más suave conforme se avanza en la edad y, además, se observa un efecto de meseta, puesto que ninguno de los grupos alcanza la puntuación máxima en la medida

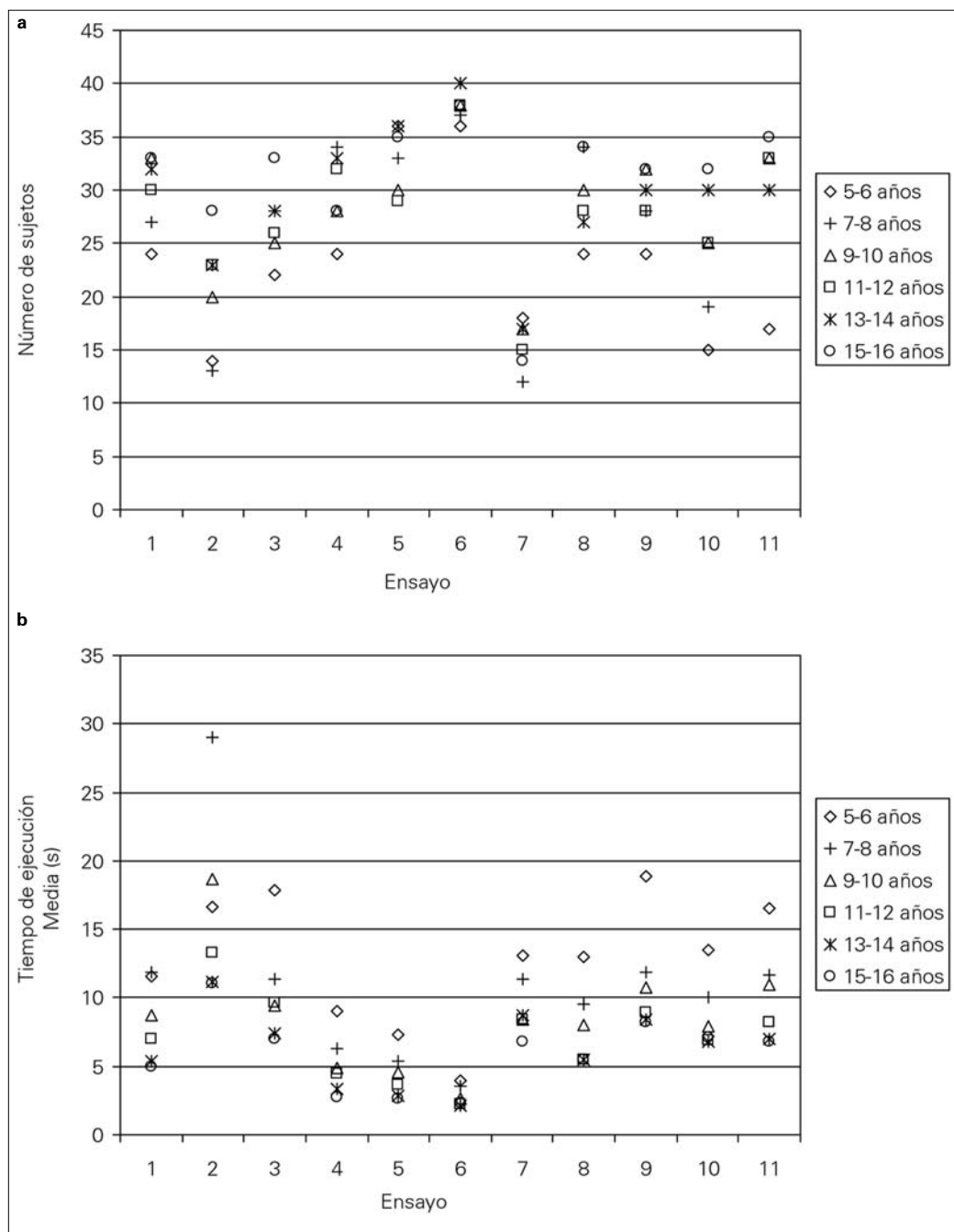


Figura 4. a) Número de sujetos por grupo de edad que realizaron los diseños correctos con el mínimo de movimientos por ensayo. El eje x muestra el número de niños por grupo de edad que logró realizar los diseños correctos con el mínimo de movimientos requeridos. El eje y representa los ensayos; b) Medias del tiempo de ejecución de los diseños correctos con el mínimo de movimientos requeridos en cada ensayo.

de diseños correctos con el mínimo de movimientos. Queda con ello la incógnita de cuándo se alcanza el control completo de esta tarea. De hecho, De Luca et al [5] observaron una ausencia de mejoría significativa en la ejecución de la torre de Londres entre las edades de 11 y 14 años, aunada a un incremento en la ejecución después de esta edad. Estos resultados se interpretan por los autores como un reflejo de una relativa ignorancia de los adolescentes sobre cómo implementar o aprovechar los nuevos alcances de sus habilidades, aun cuando una creciente capacidad de los circuitos neurales tiene lugar durante estas edades.

pues, que los cambios más notables en los grupos de mayor edad se observaron en las dos variables de tiempo de ejecución. Es probable que el mayor control motor de las manos facilite la ejecución de la tarea; de hecho, Barral et al [30] proponen que durante la infancia las ejecuciones motoras manuales se tornan más efectivas en términos de la rapidez de la respuesta. Así, los niños pequeños centran su ejecución buscando realizar los ensayos de manera correcta, y en edades más tardías logran mayor velocidad en la ejecución no sólo por su mayor destreza motora, sino también por la posibilidad de planear más rápidamente su

El estudio del tiempo en la realización de la tarea ha sido controvertido [28]. Algunos autores se han centrado en el análisis del tiempo de reacción [3], y otros han utilizado un método de calificación en el cual se integran en una sola puntuación el tiempo de ejecución y la cantidad de intentos para llegar al diseño correcto [17,33]. Este método ha sido cuestionado por Bishop et al [27], por el hecho de que no se considera la cantidad de movimientos que se requiere para cada ensayo y, con ello, abre la interrogante sobre la eficacia de la medida al integrar en una sola puntuación la precisión y la rapidez en cada ensayo. En nuestro estudio utilizamos dos medidas relacionadas con el tiempo de ejecución; el tiempo invertido para realizar los diseños correctos y el correspondiente a los diseños correctos con el mínimo de movimientos. De manera general, en ambos casos encontramos una constante en la disminución del tiempo de ejecución conforme se avanza en la edad, donde la mayor diferencia se ubica entre los niños de 5 a 8 años (G1 y G2) y el resto de los grupos. Los niños más pequeños invierten 1,9 más de tiempo en los diseños correctos en comparación con los mayores (edades de 15 a 16 años). Tenemos,

Tabla III. Comparación con el desarrollo de los componentes de planificación notificado en estudios previos.

Componentes de las funciones ejecutivas	Hallazgos encontrados en el presente estudio	Hallazgos comunicados en estudios previos
Planeamiento y organización	<i>Aciertos</i> El control sobre la precisión de la respuesta en la tarea de planificación se alcanza alrededor de los 9 y 10 años de edad	Al aplicar la torre de Londres: En niños de 5 a 12 años de edad no se observaron diferencias en el total de los diseños correctos a partir de los 8 años de edad [21] Los niños de 8 a 10 años de edad resolvían menos problemas que los de 15 a 29 años [5] A través de la torre de Londres se observa que los niños de 5 a 8 años tienen ejecuciones más pobres que los de 9 a 12 años de edad [29] En un estudio con niños de 5 a 12 años de edad, se encontró que el efecto de la edad sobre 20 tareas neuropsicológicas (incluyendo una de torre) fue significativo entre los 5 y 8 años, y más moderado entre los 9 y 12 años. Se sugiere que el desarrollo neurocognitivo es rápido antes de los 9 años y más moderado después de esta edad [32] Las habilidades de planeamiento y organización se desarrollan rápidamente entre los 7 y los 10 años de edad y, posteriormente, de forma gradual hasta la adolescencia [22,33]
	Alrededor de los 11-12 años de edad se observa una ligera disminución en el número de aciertos con relación al grupo adyacente de menor edad	En la torre de Londres, no se observaron diferencias significativas entre los 11 y 14 años de edad [5]
	<i>Aciertos con el mínimo de movimientos</i> Los participantes de 16 años no logran aún la puntuación máxima en la medida de diseños correctos con el mínimo de movimientos, lo que sugiere la existencia de un desarrollo ulterior a las edades analizadas El análisis por ensayo muestra que la complejidad está dada por el número de movimientos y por lo novedoso de las reglas requeridas	Los niños de 12 años no alcanzan los niveles de ejecución de un adulto [29] Tanto los niños de 8 a 10 como los de 11 a 14 años de edad lograban significativamente un menor número de soluciones perfectas en comparación con los grupos de 15 a 29 años. Estos resultados sugieren un desarrollo ulterior a la adolescencia [5]
Velocidad de ejecución	La variable tiempo de ejecución es una medida útil para la definición de conglomerados	El incremento en la velocidad de procesamiento da cuenta de la varianza en los cambios relacionados con la edad en pruebas de memoria [39]
	Los cambios en el tiempo de ejecución son observables en los niños mayores	En un estudio realizado con niños de 7 a 13 años de edad, con la torre de Londres, se observaron cambios importantes en medidas de planificación y velocidad de procesamiento a los 7 y 8 años, y a los 11 años [33] Entre los 5 y 11 años de edad se observan cambios en la velocidad [39]
	Los cambios más notables en los grupos de mayor edad se observaron en las dos variables del tiempo de ejecución	La velocidad de procesamiento se incrementa notoriamente en los primeros 11 años de vida y continúa mejorando de manera más gradual hasta la adultez temprana [39]

ejecución. Dado lo anterior, nuestros resultados sugieren que el tiempo de ejecución es un indicador útil del desarrollo de los procesos de planificación y organización, aun cuando es poco considerado en este tipo de evaluaciones de las funciones ejecutivas. De hecho, el análisis de conglomerados nos muestra que la variable tiempo es crucial para diferenciar grupos. No descartamos, sin embargo, que, como proponen Papazian et al [40], en este tipo de tareas se impongan demandas adicionales relacionadas con procesos de inhibición y de memoria de trabajo, por lo que la maduración de dichos procesos se va a reflejar en el control de tareas de este tipo.

El análisis de los diseños correctos con el mínimo de movimientos y su tiempo de ejecución en cada uno de los ensayos nos permitió observar la relación entre las ejecuciones de los niños y la complejidad de los ensayos. Los resultados indican que en los ensayos 2, 10 y 11, que requieren un mayor número de movimientos, es en donde se observaron mayores diferencias entre los grupos y ejecuciones significativamente menores en los niños más pequeños (edades de 5 a 6 años). El análisis del tiempo de ejecución para cada ensayo muestra que, en general, el grupo de niños de 5 a 6 años de edad presenta mayores tiempos de ejecución en cada uno de los ensayos. Una tendencia similar, pero menor, se observa en el grupo de niños de 7 a 8 años.

Además, con relación a los otros grupos de edad, la ejecución del ensayo 2 resultó ser la más lenta. El séptimo ensayo, aparentemente, representó una mayor dificultad para todos los grupos de edad, dado el menor número de aciertos, aun cuando solamente requiere de cinco movimientos. Probablemente resultó más complejo para todos los grupos por presentarse después de una secuencia de tres ensayos muy sencillos de dos o tres movimientos, lo que sugiere que el grado de dificultad de los ensayos se relaciona no sólo con la cantidad de movimientos necesarios para su construcción, sino también con la secuencia de presentación de los ensayos, así como con las reglas necesarias para realizarlos, ya que para resolver el séptimo ensayo es necesario desarrollar una estrategia que no se había aplicado con anterioridad en la tarea. Se ha señalado que el cambio de reglas impone a los procesos de inhibición y a la memoria de trabajo demandas adicionales [40]. También se requiere de flexibilidad cognitiva que permita buscar una regla nueva que no se había utilizado antes. Lo anterior hace más difícil la ejecución de este ensayo.

Así, nuestros resultados sugieren que las diferencias significativas se concentran en los niños de 5 a 8 años, en los cuales se presenta, además, una mayor variabilidad intragrupal. Las diferencias que se presentan después de los nueve o diez años son

más moderadas, así como también la variabilidad intragrupal es menor. Lo anterior sugiere una etapa de desarrollo caracterizada por importantes cambios entre los 5 y los 8 años, que se van haciendo más paulatinos a partir de los 9 y 10 años. Como se muestra en la tabla III, nuestros resultados son compatibles con diferentes hallazgos de trabajos desarrollados previamente en población infantil y apoyan la noción de que durante la niñez tiene lugar una maduración acelerada de las funciones ejecutivas, que se prolonga hasta la adolescencia, y que en esta etapa sigue un curso de desarrollo más lento, lo que indica una creciente estabilidad de las funciones durante la adolescencia [17]. Además, aporta evidencias sobre cambios relacionados con la edad en el tiempo de ejecución, en la posibilidad de atender al resultado final y al proceso de planificación.

Varios autores señalan que este prolongado desarrollo de las funciones ejecutivas las hace especialmente vulnerables durante la infancia y adolescencia, por lo que se ven afectadas después de un traumatismo cerebral [40]. De igual forma, se ha destacado la utilidad de evaluar las funciones ejecutivas en el abordaje de trastornos de neurodesarrollo, como el trastorno por déficit de atención/hiperactividad, el síndrome de Tourette [9,40,41], el autismo [12,42] y el síndrome de disfunción ejecutiva [43-45].

Llamó nuestra atención el hecho de que el grupo de los niños de 11 y 12 años mostraran una leve disminución en la cantidad de diseños correctos y diseños correctos con el mínimo de movimientos en comparación con otros grupos de menor edad. Anderson [22] hace referencia a una regresión que se presenta alrededor de los 12 o 13 años, cuando, a pesar de tener acceso a un mayor repertorio de estrategias, los niños de estas edades tienden a pasar de las estrategias conceptuales a las estrategias

graduales o fragmentadas nuevamente, lo que sugiere un período del desarrollo en el cual los niños se inclinan más por la precación y el uso de estrategias conservadoras.

En resumen, los resultados de nuestro estudio reflejan un efecto de la edad sobre las cinco medidas de estudio. Al parecer, el primer control sobre la ejecución de una tarea de este tipo se ejerce sobre el resultado final, considerando el número de aciertos; la atención sobre el proceso de planificación se prolonga por un poco más de tiempo, edades de 7 a 8 años, y es el tiempo de ejecución el que marca mayores diferencias entre los grupos de edad, lo que sugiere que el tiempo de ejecución es un indicador más preciso del desarrollo de las funciones de planificación y organización en la infancia tardía (después de los 9 años). Además, el análisis de la ejecución en cada ensayo sugiere que el grado de dificultad de cada uno de éstos se relaciona no sólo con la cantidad de movimientos requeridos para su realización, sino que también en lo novedoso de las reglas necesarias para realizarlos, probablemente relacionado con exigencias adicionales que se imponen a los procesos de inhibición y de memoria de trabajo.

Cabe destacar que un aspecto novedoso incorporado en este trabajo es el análisis del tiempo de ejecución de la tarea, que es posible dadas las características del material utilizado. De igual forma, una limitación de este estudio es que, para realizar tareas tipo torre, también se requieren habilidades ajenas a las funciones ejecutivas, como de tipo visoespacial, construccional y de control motor. En consecuencia, se espera que defectos en estas habilidades interfieran con una ejecución apropiada en la 'pirámide de México'.

Nuestros resultados invitan a que en futuros estudios se considere el tiempo de ejecución como un indicador útil del desarrollo de las habilidades de planificación y organización.

BIBLIOGRAFÍA

- Zelazo PD, Müller U, Frye D, Marcovitch S. The development of executive function. *Monogr Soc Res Child Dev* 2003; 68: 1-27.
- Isquith PK, Crawford J, Espy KA, Gioia GA. Assessment of executive function in preschool-aged children. *Ment Retard Dev Disabil Res Rev* 2005; 11: 209-15.
- Raizner RD, Song J, Levin HS. Raising the ceiling: the Tower of London extended version. *Dev Neuropsychol* 2002; 21: 1-14.
- Brocki KC, Bohlin G. Executive functions in children aged 6 to 13: a dimensional and developmental study. *Dev Neuropsychol* 2004; 26: 571-93.
- De Luca CR, Wood SJ, Anderson VA, Buchanan JA, Proffitt TM, Mahony K, et al. Normative data from the CANTAB. I: development of executive function over the lifespan. *J Clin Exp Neuropsychol* 2003; 25: 242-54.
- Davidson M, Amso D, Anderson LC, Diamond A. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia* 2006; 44: 2037-78.
- Stuss DT, Levine T. Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annu Rev Psychol* 2002; 53: 401-33.
- Lezak MD. *Neuropsychological assessment*. 3 ed. New York: Oxford University Press; 1995.
- Tirapu J, Céspedes JM, Pelegrín C. Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Rev Neurol* 2002; 34: 673-85.
- Anderson VA. Assessing executive functions in children: biological, psychological, and developmental considerations. *Neuropsychol Rehabil* 1998; 8: 319-49.
- Stuss DT, Alexander MP. Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychol Res* 2000; 63: 289-98.
- Zelazo PD, Müller U. Executive functions in typical and atypical development. In Goswami U, ed. *Handbook of childhood cognitive development*. Oxford: Blackwell; 2002. p. 445-69.
- Jacobs R, Anderson VA. Planning and problem solving skills following frontal lobe lesions in childhood: analysis using the Tower of London. *Child Neuropsychol* 2002; 8: 93-106.
- Hudspeth WJ, Pribram KH. Stages of brain and cognitive maturation. *J Educ Psychol* 1990; 82: 881-4.
- Espy KA, Kaufmann PM, Glisky ML, McDiarmid MD. New procedures to assess executive functions in preschool children. *Clin Neuropsychol* 2001; 15: 46-58.
- Carlson SM. Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Dev Neuropsychol* 2005; 28: 595-616.
- Anderson VA, Anderson P, Northam E, Jacobs R, Catroppa C. Development of executive functions through late childhood and adolescence in an Australian sample. *Dev Neuropsychol* 2001; 20: 385-406.
- Lehto JE, Juujärvi P, Kooistra L, Pulkkinen L. Dimensions of executive functioning: evidence from children. *Br J Dev Psychol* 2003; 21: 59-80.
- León J, García J, Pérez FJ. Development of the inhibitory component of the executive functions in children and adolescents. *Int J Neurosci* 2004; 114: 1291-311.
- Klimkeit EI, Mattingley JB, Sheppard DM, Farrow M, Bradshaw JL. Examining the development of attention and executive functions in children with a novel paradigm. *Child Neuropsychol* 2004; 10: 201-11.
- Klenberg L, Korkman M, Lahti-Nuutila P. Differential development of attention and executive functions in 3- to 12- year-old Finnish children. *Dev Neuropsychol* 2001; 20: 407-28.
- Anderson P. Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychol* 2002; 8: 71-82.
- Shallice T. Specific impairments of planning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 1982; 298: 199-209.
- Simon HA. The functional equivalence of problem solving skills. *Cognit Psychol* 1975; 7: 268-88.
- Soprano AM. Evaluación de las funciones ejecutivas en el niño. *Rev Neurol* 2003; 37: 44-50.
- Bull R, Espy K, Senn T. A comparison of performance on the towers of London and Hanoi in young children. *J Child Psychol Psychiatry* 2004; 45: 743-54.
- Bishop DVM, Aamodt-Leeper G, McGurk R, Skuse DH. Individual differences in cognitive planning on the Tower of Hanoi task: neuro-

- psychological maturity or measurement error? *J Child Psychol Psychiatry* 2001; 42: 551-6.
28. Baker K, Segalowitz SJ, Ferlisi MC. The effect of different scoring methods for the Tower of London task in developmental patterns of performance. *Clin Neuropsychol* 2001; 15: 309-13.
 29. Luciana M. Practitioner review: computerized assessment of neuropsychological function in children: clinical and research applications of the Cambridge Neuropsychological Testing Automated Battery (CANTAB). *J Child Psychol Psychiatry* 2003; 44: 649-63.
 30. Barral J, Debù B, Rival C. Developmental changes in unimanual and bimanual aiming movements. *Dev Neuropsychol* 2006; 29: 415-29.
 31. Phillips LH, Wynn VE, McPherson S, Gilhooly KJ. Mental planning and the Tower of London task. *Q J Exp Psychol* 2001; 54A: 579-97.
 32. Korkman M, Kemp SL, Kirk U. Effects of age on neurocognitive measures of children ages 5 to 12: a cross-sectional study on 800 children from the United States. *Dev Neuropsychol* 2001; 20: 331-54.
 33. Anderson P, Anderson VA, Lajoie G. The Tower of London Test: validation and standardization for pediatric populations. *Clin Neuropsychol* 1996; 10: 54-65.
 34. Matute E, Ardila A, Rosselli O, Ostrosky-Solís F. Evaluación neuropsicológica infantil. México: Manual Moderno/UNAM/Universidad de Guadalajara; 2007.
 35. Rosselli M, Matute E, Ardila A, Botero VE, Tangarife, GA, Echeverría SE, et al. Evaluación neuropsicológica infantil (ENI): una batería para la evaluación de niños entre 5 y 16 años de edad. Estudio normativo colombiano. *Rev Neurol* 2004, 38: 720-31.
 36. Rosselli M, Matute E, Ardila A. Predictores neuropsicológicos de la lectura en español. *Rev Neurol* 2006; 42: 202-10.
 37. Ardila A, Rosselli M, Matute E, Guajardo S. The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Dev Neuropsychol* 2005; 28: 539-60.
 38. Matute E, Rosselli M, Ardila A, Morales G. Verbal and nonverbal fluency in Spanish-speaking children. *Dev Neuropsychol* 2004, 26: 647-60.
 39. Diamond A. The early development of executive functions. In Bialystok E, Craik FIM, eds. *Lifespan cognition. Mechanism of change*. New York: Oxford University Press; 2006. p. 70-95.
 40. Papazian O, Alfonso I, Luzondo RJ. Trastornos de las funciones ejecutivas. *Rev Neurol* 2006; 42 (Supl 3): S45-50.
 41. Capilla A, Fernández S, Campo P, Maestú F, Fernández A, Mulas F, et al. La magnetoencefalografía en los trastornos cognitivos del lóbulo frontal. *Rev Neurol* 2004; 39: 183-8.
 42. Goldberg MC, Mostofsky SH, Cutting LE, Mahone EM, Astor BC, Denckla MB, et al. Subtle executive impairment in children with autism and children with ADHD. *J Autism Dev Disord* 2005; 35: 279-93.
 43. Baddeley A, Wilson B. Frontal amnesia and the dysexecutive syndrome. *Brain Cogn* 1988; 7: 212-30.
 44. Norris G, Tate R. The behavioral assessment of the dysexecutive syndrome (BADS): ecological, concurrent and construct validity. *Neuropsychol Rehabil* 2000; 11: 33-45.
 45. Ardila A, Surloff C. Dysexecutive agraphia: a major executive dysfunction sign. *Int J Neurosci* 2006; 16: 653-63.

THE EFFECT OF AGE IN A PLANNING AND ARRANGING TASK ('MEXICAN PYRAMID') AMONG SCHOOLCHILDREN

Summary. Aim. To analyze the influence of age on the performance of a planning and organization task, two skills included in the executive functions. Subjects and methods. Performance of the task 'Mexican pyramid' from the Evaluación Neuropsicológica Infantil (ENI) were analyzed on 239 school age children from México and Colombia, distributed in six age groups. Five measures were analyzed: number of correct designs, number of movements per design and execution time in the correct designs, number of correct designs built with the minimum of movements and its execution time. Results. There was a significant effect of age on the five measures. Comparison between groups showed that younger children (5 to 6 years old) had a smaller number of correct designs, while children from 5 to 8 years old need more movements. Execution time showed a greater number of differences between groups. Analyzing the 11 items of the task, it was evident that difficulty level is related with the number of movements and the novelty of rules. Conclusions. Our results suggest that accuracy of performance, the number of moves as well as the speed of performance are useful markers of the development of the executive functions. Our results support the notion that the development of planning and organization; is fast in the first years of the school age, and it slows down on adolescence. [REV NEUROL 2008; 47: 61-70]

Key words. Development. Executive functions. Execution time. Organization. Planning.