

PROCESOS COGNITIVOS Y AFECTIVOS IMPLICADOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: DESARROLLO E INTERVENCIÓN

ELENA ESCOLANO-PÉREZ Y M^a ÁNGELES BRAVO ÁLVAREZ¹

Fecha de recepción: 23.10.16

Fecha de aceptación y versión definitiva: 15.04.17

RESUMEN: Este trabajo recapitula los principales conocimientos existentes acerca de las funciones ejecutivas, entendidas como un conjunto de procesos cognitivos y afectivos de alto nivel que nos permiten resolver problemas y adaptarnos a las situaciones novedosas y complejas. Se presta especial atención a su desarrollo durante los primeros años de vida y la maduración de las bases neuroanatómicas que las sustentan. Dado que las funciones ejecutivas aparecen afectadas en numerosos trastornos, comprometiendo multitud de ámbitos de la vida diaria de estas personas (rendimiento académico; éxito laboral, social y personal; salud y calidad de vida; etc.), se presentan asimismo las características que debe cumplir toda intervención eficaz destinada a su mejora.

PALABRAS CLAVE: funciones ejecutivas; desarrollo; infancia; bases neuronales; intervención.

Cognitive and affective processes involved in problem solving: development and intervention

ABSTRACT: This paper summarizes the main existing knowledge about executive functions, understood as a set of high-level cognitive and affective processes that allow us to solve problems and adapt to new and complex situations. Special attention is given to their development during the first years of life and maturation of their neuroanatomical bases. Given that executive functions are affected in numerous disorders, hence causing problems in many areas of the daily life of the persons affected (academic achievement; professional, social and personal success; health and quality of life, etc.), we also present the requirements that effective intervention on executive functions must fulfill.

KEY WORDS: executive functions; development; childhood; neural bases; intervention.

¹ Universidad de Zaragoza. Correo electrónico: eescola@unizar.es, marian@unizar.es

1. ¿QUÉ SON LAS FUNCIONES EJECUTIVAS?

Los seres humanos podemos hacer algo más que reaccionar de manera refleja o responder fija y estereotipadamente a los estímulos sensoriales inmediatos. Conforme crecemos vamos disponiendo de un repertorio de conductas de gran complejidad, siendo este repertorio cada vez más amplio, variado y flexible, permitiéndonos llevar a cabo acciones complejas y extensas dirigidas hacia objetivos bien definidos y planificados de antemano. Para ello desplegamos una serie de mecanismos dependientes de la evolución y maduración de nuestra estructura cerebral que pueden anular nuestras reacciones reflejas y aumentar nuestra participación reflexiva con el fin de organizar y dirigir nuestra acción intencional. Estos mecanismos son las «funciones ejecutivas» (FE), vinculadas a la capacidad de organizar y planificar una tarea, seleccionar apropiadamente los objetivos, iniciar un plan y mantenerlo en la mente mientras se ejecuta, inhibir las distracciones, detectar los errores, cambiar de estrategias de modo flexible, además de autorregular y controlar el curso de la acción para asegurarse de que la meta propuesta está en vías de conseguirse. Su papel es controlar los niveles sensoriales más simples, la memoria o las operaciones motrices hacia un objetivo común, por lo que actúan principalmente en tareas o situaciones que son nuevas, complejas o que inducen a un conflicto, resultando efectivas cuando permiten adaptarnos de manera óptima a los continuos cambios del contexto y resolver problemas de manera eficaz y eficiente (Carlson, Zelazo y Faja, 2013; Diamond, 2013; Miyake y Friedman, 2012).

Actualmente las FE constituyen objeto de estudio de gran interés dada su relevancia e implicación en numerosos ámbitos de la vida. Las FE no solamente son importantes para el desarrollo y cambio cognitivo sino también para el desarrollo personal y social. En este sentido, se relacionan tanto con el ajuste y éxito académico, laboral, social y personal como con la salud y la calidad de vida (Diamond, 2014; Moriguchi, Chevalier y Zelazo, 2016; Mulder y Cragg, 2014; Qehaja-Osmani, 2013; Stautz, Pechey, Couturier, Deary y Marteau, 2016).

Además, el estudio de las FE es importante porque estas aparecen afectadas en una gran variedad de alteraciones genéticas, trastornos del desarrollo y en psicopatologías que cursan muy tempranamente como, por ejemplo, el Trastorno del Espectro Autista (TEA), el Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad (TDAH) o la fenilcetonuria (Craig *et al.*, 2016; Diamond, 2014), con las consecuencias que ello implica para estas personas y su calidad de vida.

Luria (1973) fue el primer autor que, sin utilizar el término funciones ejecutivas, las conceptualizó como una serie de trastornos en la iniciativa, la motivación, la formulación de metas y planes de acción, y el autocontrol de la conducta, observados en pacientes con lesiones frontales. Lezak (1982) acuñaría más tarde el término de «funciones ejecutivas», definiéndolas como las capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente.

Tras estos autores, han sido otros muchos los que han definido y estudiado las FE, de manera que hoy en día no existe acuerdo en su definición y determinación de sus componentes. Además, desde inicio del siglo XXI (Zelazo y Müller, 2002), dentro de estos procesos que conforman las FE no solo se incluyen aquellos de naturaleza cognitiva (a los que hacían referencia las primeras definiciones y modelos sobre las FE) sino también otros de tipo afectivo y socioemocional, ampliándose así mucho más la multidimensionalidad y, por tanto, la complejidad de las FE y de su operacionalización. Así, actualmente, dentro del concepto de FE se diferencia entre FE *cool* o *cold* (cognitivas o racionales) y FE *hot* (afectivas y motivacionales) (Kerr y Zelazo, 2004; Zelazo y Carlson, 2012). Mientras que las primeras (FE *cool*) intervienen en problemas descontextualizados, abstractos, las segundas (FE *hot*) participan en problemas caracterizados por una alta implicación afectiva o motivacional, o en situaciones que demandan revalorar el significado motivacional de un estímulo. Estas FE afectivas se encuentran más contextualizadas que las cognitivas, es decir, dependen en mayor medida del contexto concreto en el que se halla el sujeto, manifestándose diferencialmente si la situación tiene un componente apetitivo o aversivo (Zelazo y Carlson, 2012). No obstante, y a pesar de su diferenciación, ambos tipos de FE no constituyen dominios de funcionamiento independientes, sino que se encuentran entrelazados (Zelazo y Carlson, 2012).

Dado que las FE cognitivas fueron propuestas anteriormente a las afectivas, es lógico que en la literatura se encuentren más modelos acerca de estos componentes cognitivos. Sin embargo, extraña que hoy en día estas FE cognitivas todavía continúen siendo mucho más estudiadas que las FE afectivas, sobre las que apenas existen propuestas que traten de determinarlas. Algunas de las propuestas existentes en la literatura acerca de la FE cognitivas se recogen en la Tabla 1. Esta variedad de propuestas, que no excluyen otras existentes, evidencian la ya mencionada falta de consenso en el número y naturaleza de los componentes de las FE, a pesar de ser numerosas las investigaciones centradas en ello que han ido apareciendo de forma exponencial en los últimos 25 años. Estas discrepancias entre estudios pueden deberse, además de a su diferente punto teórico de partida, a las

características y edades diferentes de las muestras estudiadas, las tareas e instrumentos de evaluación administrados o procedimientos metodológicos empleados, entre otras cuestiones. Ante este estado de la cuestión, numerosos autores han empleado la expresión «paraguas conceptual» en clara alusión a la vaguedad e indefinición del concepto de FE (Diamond, 2006), que permite que sean muy numerosos y variados los procesos que pueden quedar «resguardados» bajo el término.

No obstante, a pesar de esta variedad de procesos que pueden componer las FE, existe un consenso general acerca de la existencia de tres funciones ejecutivas principales (Diamond, 2013): «memoria de trabajo, inhibición y flexibilidad cognitiva». Según Baggetta y Alexander (2016), estos procesos son los que más frecuentemente aparecen mencionados en la literatura como componentes de las FE.

La «memoria de trabajo» hace referencia a la capacidad para guardar la información en mente durante un corto periodo de tiempo, a la vez que la manipulamos mentalmente sin que esté ya perceptivamente presente. Dependiendo del tipo de información de la que se trabaje, algunos autores diferencian entre «memoria de trabajo verbal» y «memoria de trabajo no verbal o viso-espacial» (Baddeley y Hitch, 1994; Diamond, 2013). La «inhibición» implica controlar o anular deliberadamente nuestras conductas y pensamientos automáticos o dominantes, así como suprimir la información irrelevante para la tarea en curso. Así, dentro de la inhibición se diferencian distintos subprocesos, habiendo sido muchas las propuestas acerca de los mismos, como por ejemplo (Dempster y Corkill, 1999; Nigg, 2000; Friedman y Miyake, 2004): «inhibición conductual» (supresión de una respuesta motriz dominante o de una conducta evidente); «inhibición cognitiva» (supresión activa de los procesos o contenidos cognitivos indeseados o irrelevantes, o de significados inapropiados de palabras ambiguas, así como bloqueo de la información irrelevante de la memoria de trabajo) y «resistencia a la interferencia de un estímulo distractor» (esfuerzo activo para que la información o estímulo externo presente físicamente y muy llamativo, pero irrelevante para la tarea, no interfiera en la resolución de esta). La «flexibilidad cognitiva» es el cambio adaptativo y rápido del curso de pensamiento o de la acción de acuerdo a las demandas de la situación continuamente cambiante.

TABLA 1
ALGUNAS PROPUESTAS ACERCA DE LOS COMPONENTES DE LAS
FUNCIONES EJECUTIVAS COGNITIVAS

Autores	Componentes de las funciones ejecutivas cognitivas
Lezak (1995) Luria (1973) Stuss y Benson (1986)	1) motivación, iniciación, anticipación o volición; 2) análisis de la tarea, formación de un objetivo y planificación; 3) ejecución de la tarea; 4) automonitorización y evaluación de la eficacia de la ejecución de uno mismo.
Pennington y Ozonoff (1996) Sergeant, Geurts y Oosterlaan (2002)	1) inhibición (inhibición de la respuesta predominante, inhibición de la respuesta en marcha, y control de la interferencia); 2) planificación; 3) <i>shifting</i> ; 4) memoria de trabajo; 5) fluidez verbal.
Barkley (1997)	1) memoria de trabajo no verbal; 2) memoria de trabajo verbal; 3) autocontrol de la activación, la motivación y el afecto; 4) reorganización de la acción.
Smith y Jonides (1999)	1) atención e inhibición; 2) manejo de tareas complejas que requieren el cambio continuo de atención entre ellas; 3) planificación; 4) monitorización; 5) codificación.
Fuster (1999)	1) memoria motórica a corto plazo o preparación para la acción a iniciar; 2) memoria perceptiva a corto plazo (memoria de trabajo); 3) control inhibitorio de la interferencia.
Miyake <i>et al.</i> (2000) Lehto, Juujarvi, Kooistra y Pulkkinen (2003) Huizinga, Dolan y van der Molen (2006) Davidson, Amso, Anderson y Diamond (2006) Friedman <i>et al.</i> (2008)	1) memoria de trabajo; 2) inhibición; 3) flexibilidad cognitiva.

Autores	Componentes de las funciones ejecutivas cognitivas
Anderson (2002)	1) flexibilidad cognitiva: atención dividida, memoria de trabajo, transferencia conceptual y retroalimentación (<i>feedback</i>); 2) establecimiento de metas: razonamiento conceptual, planificación y organización estratégica; 3) procesamiento de la información: eficiencia, fluidez y velocidad de procesamiento. 4) control atencional: atención selectiva, autorregulación, automonitorización e inhibición.

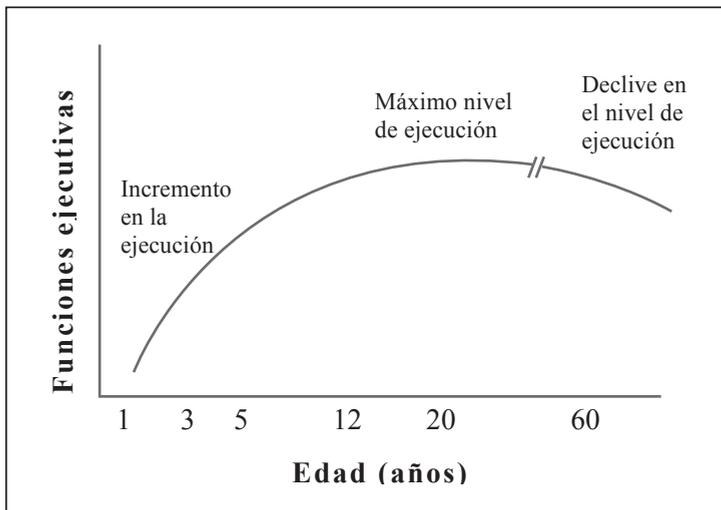
Distintos autores (Collins y Koechlin, 2012; Diamond, 2013; Lunt *et al.*, 2012) defienden que estas FE constituyen funciones ejecutivas elementales sobre las que se desarrollarán otros componentes ejecutivos más complejos como son el «razonamiento» (guardar información en la mente y establecer relaciones con la misma), la «resolución de problemas» (formulación de nuevas respuestas que van más allá de la simple aplicación de reglas previamente aprendidas para lograr una meta, requiriéndose para ello el análisis de la información, su reconstitución y reorganización en nuevas ideas) y la «planificación» (identificar y organizar secuencialmente los pasos y elementos necesarios para lograr un objetivo). Así, las FE cognitivas muestran un patrón de desarrollo jerárquico, ya que con la edad se produce una progresiva diferenciación desde los componentes más elementales hasta otros más complejos (Garon, Smith y Bryson, 2014).

En cuanto a las FE *hot*, son muy escasos los estudios acerca de sus componentes (Welsh y Peterson, 2014). Para conocerlos se utilizan tareas y medidas relacionadas con la flexibilidad en la toma de decisiones que implican consecuencias emocionales, la demora de una gratificación o tareas con aspectos referidos a la teoría de la mente, aunque ambos tipos de medidas podrían ser similares. Consecuentemente, se carece de propuestas sobre sus componentes, aunque se relacionan diferencialmente con las denominadas «inteligencia emocional» (Goleman, 1995), «inteligencia emocional y social» (Bar-On, 2000) o «inteligencia personal» (Gardner, 1983), o el temperamento (Hongwanishkul, Happaney, Lee y Zelazo, 2005). Es evidente la necesidad de más investigación sobre el tema.

2. DESARROLLO DE LAS FE

Las FE, a nivel general, presentan un prolongado curso de desarrollo. Comienzan en la infancia temprana, hacia el final del primer año de vida, y continúan desarrollándose durante la adolescencia e incluso hasta la adultez temprana, alcanzando entonces su máximo nivel de desarrollo. Posteriormente, en torno a los 50 años, se inicia un declive de las FE que continúa durante los años siguientes. Así, puede decirse que el desarrollo de las FE durante el ciclo vital sigue una curva en forma de U invertida, tal y como refleja la Figura 1 (Best y Miller, 2010; Zelazo, 2005).

FIGURA 1
DESARROLLO DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS DURANTE EL CICLO VITAL. ADAPTADA DE ZELAZO (2005)



Sin embargo, atendiendo a los diferentes procesos que constituyen las FE, se encuentran diferencias en su patrón de desarrollo, alcanzando la madurez a edades diferentes. Las FE afectivas maduran antes que las cognitivas, pero dentro de cada una de ellas, a su vez, existen patrones madurativos distintos entre sus componentes (Best y Miller, 2010). Así, y en lo que a las FE cognitivas se refiere, algunas de ellas se desarrollan muy tempranamente, como la memoria de trabajo y la inhibición conductual, mientras que

otras no alcanzan su máximo desarrollo hasta la temprana adultez como, por ejemplo, el *monitoring* o la propia capacidad para supervisar la planificación, ejecución y logro de los objetivos (Diamond, 2006, 2013); cuestión que se relaciona con la implicación de diferentes áreas cerebrales (Huizinga, Dolan y van der Molen, 2006). Este aspecto se abordará más ampliamente en el apartado posterior dedicado al sustrato neuroanatómico de las FE.

Aunque las FE se desarrollan muy tempranamente, apenas existen tareas para su evaluación en dicho momento evolutivo. Generalmente, se utilizan tareas ya clásicas en la Psicología del Desarrollo, como son la tarea «A-no-B» (Piaget, 1937) o la tarea de «recuperación del objeto» (Diamond, 1988, 1990), pero que interpretan la conducta infantil desde nuevas perspectivas teóricas que permiten profundizar en el conocimiento y explicación del desarrollo de las FE.

En concreto, en la versión clásica de la tarea «A-no-B», el bebé observa cómo un objeto deseado es escondido en uno (A) de los dos posibles escondites (A o B) que difieren únicamente en su localización: a su derecha (A) o a su izquierda (B). Posteriormente, tras unos segundos, se le permite buscar el objeto, debiendo recordar el lugar donde fue escondido. La mayoría de los bebés de 7-8 meses lo encuentran exitosamente. El bebé es premiado concediéndole el objeto deseado, de modo que la conducta de buscar en dicho escondite (A) se refuerza y la tendencia a repetirla es fortalecida. Tras varios ensayos, el objeto es escondido en el segundo escondite (B). Los bebés de entre 7-8 meses y 12 meses de edad fallan al buscar el objeto, pues continúan buscando en el primer lugar (error «A-no-B»). No obstante, conforme crecen, entre los 8 y los 12 meses, el tiempo de demora (tiempo desde que el objeto es escondido hasta que el niño lo busca) necesario para producirse el error «A-no-B» va aumentando, de modo que cada mes pueden resistir demoras incrementadas en dos segundos sin cometer el error «A-no-B». Así, a los 9 meses pueden aguantar retrasos de 5 segundos; a los 10 meses, aguantan retrasos de 7-8 segundos y a los 12 meses, pueden resistir demoras de casi 10 segundos de duración. Más tarde, entre los 12 y los 18 meses, aproximadamente, el niño ya supera «parcialmente» el error «A-no-B» (siempre que el desplazamiento del objeto sea visible), de modo que busca el objeto en el lugar donde lo ha visto esconder (B), aunque en los ensayos previos lo haya encontrado siempre en el otro lugar (A).

Aunque Piaget (1937) atribuyó este error a la falta de comprensión de la permanencia del objeto por parte del niño más allá de sus acciones sobre él (el niño no puede representarse el objeto independientemente de las acciones que ha ejercido sobre él, de tal forma que vincula el objeto a su acción de encontrarlo en el lugar A, por lo que busca ahí, aunque lo vea esconder

en B), diferentes perspectivas teóricas más actuales ofrecen explicaciones alternativas. Diamond (1991) propone que el error «A-no-B» se debe a la dificultad del niño en usar la representación de la localización del objeto para anular o inhibir la respuesta predominante; es decir, el error es debido a un fallo del proceso de inhibición. En consecuencia, mientras que Piaget interpreta el error como una falta de capacidad, Diamond lo hace como un error en la ejecución. Diamond (1988, 1990, 1991) observó que los niños con frecuencia indican que conocen el lugar correcto en el que se encuentra el objeto escondido, pues así lo indica la orientación de su mirada y cuerpo —por tanto, capacidad de comprensión de la permanencia del objeto—, aunque continúan buscando el objeto en su primer escondite. La información activa en la memoria de trabajo no guía de manera efectiva la conducta motora, especialmente cuando existe una conducta predominante (reforzada previamente). Por tanto, aunque la información correcta se encuentra activa en la memoria de trabajo, el hábito motor es más fuerte y los niños perseveran en su conducta, es decir, repiten la conducta predominante a pesar de no ser apropiada, pues no existe un desarrollo adecuado de la función inhibitoria capaz de «anular» la respuesta predominante de buscar en el lugar A. Por consiguiente, la tarea «A-no-B» constituye una medida sensible al desarrollo de la memoria de trabajo (recordar dónde fue guardado por última vez el objeto) e inhibición de la respuesta predominante (tendencia a repetir la respuesta reforzada, es decir, buscar en A), así como a la coordinación de ambos procesos de cara a conseguir un objetivo (encontrar el objeto escondido).

Son estas mismas FE las que se evalúan a través de la tarea de «recuperación del objeto» (Diamond, 1990, 1991, 2001). Esta tarea consiste en introducir un juguete en una caja transparente abierta por uno de sus lados, debiendo el bebé coger dicho juguete. En los primeros ensayos, la caja se coloca con su lado abierto hacia arriba, de manera que sea este lado abierto el que queda a la altura de los ojos del bebé, pudiendo alcanzar el objeto con su mano a través del mismo lado por el que lo observa, es decir, mediante una trayectoria visuo-motora directa. La tarea se complica cuando la posición de la caja y del propio bebé varían, de modo que el bebé observa el juguete a través de uno de los lados cerrados de la caja, debiendo integrar su observación del juguete por un lado de la caja (lado cerrado) y su alcance por otro lado diferente de la caja (lado abierto). Ante esta situación, el bebé al principio tiende a alcanzar el juguete de manera directa (por el lado por el que se observa, lado cerrado), debiendo inhibir esta respuesta predominante a favor de una trayectoria de «rodeo» hasta el lado abierto. Entre los 6 y los 12 meses, el bebé progresa en la resolución de la tarea claramente

(Diamond, 1990). Así, primeramente, entre los 6 y los 8 meses intenta coger directamente el objeto por el lado (cerrado) por el que mira, aunque su mano choque contra la superficie de la caja e incluso aunque toque el lado lateral abierto. Posteriormente, el bebé descubre una solución creativa, aunque todavía poco «elegante», ya que al continuar necesitando alcanzar el objeto por el mismo lado por el que mira (trayectoria visuo-motora directa), inclina su cuerpo hacia el lado abierto de la caja y con su brazo contralateral (el ipsilateral queda atrapado bajo su propio cuerpo) coge el objeto. Conforme el niño crece, la necesidad de una trayectoria perceptivo-motriz directa desaparece, pudiendo alcanzar el objeto por el lado abierto mientras lo observa por el lado cerrado, aunque precise todavía inclinar su cuerpo para mirar por aquel, es decir, el recuerdo sobre la trayectoria visual obtenida al mirar por el lado abierto —memoria de trabajo—, así como la coordinación de aquella trayectoria con la actual, que mira por un lado cerrado, permiten alcanzar el objeto. Finalmente, a los 11-12 meses el niño ya no necesita mirar previamente por el lado abierto de la caja para alcanzar el objeto.

A pesar de que estas tareas, «A-no-B» y «recuperación del objeto», parecen presentar pocas semejanzas en su forma, su resolución exige mecanismos ejecutivos comunes (memoria de trabajo, inhibición de la respuesta predominante y la coordinación de ambas), por lo que los bebés demuestran mejoras en su ejecución durante el mismo periodo de tiempo, entre los 6 y los 12 meses (Diamond, 1988, 1990, 1991, 2001).

Después del año de edad, el control inhibitorio sigue progresando y aunque a los 3 años los niños pueden inhibir conductas instintivas, todavía siguen cometiendo ciertos errores. De los 3 a los 6 años se produce una mejora significativa, tal y como se observa en la ejecución de la tarea «Día-Noche» (Gerstadt, Hong y Diamond, 1994), donde los niños deben decir «día» ante las tarjetas que presentan el dibujo de una luna, y «noche» ante aquellas con el dibujo de un sol. Por tanto, para resolver adecuadamente la tarea, deben resistir la interferencia de los dibujos y controlar la respuesta dominante (p. ej., decir día ante las tarjetas con un sol). En esta tarea los niños de 3 años cometen frecuentes errores, no así los de 6 para quienes esta tarea resulta de fácil realización. A través del uso de otras tareas más complejas, se ha encontrado que, habitualmente, por encima de los 9 años los niños ya son capaces de monitorizar y regular sus acciones, logrando a los 11 años el nivel de inhibición que muestra el adulto (Carlson *et al.*, 2013; Moffitt *et al.*, 2011). Por lo tanto, el control inhibitorio se incrementa durante la infancia, tiene una importante mejora entre los 3 y 5-6 años (Diamond, 2006), continúa aproximadamente hasta los 11-12 años y hacia el final de la infancia o adolescencia temprana alcanza niveles adultos de ejecución, ya que la ejecución

a dicha edad no difiere de la de los 15 años ni de la de los 21 años (Huizinga *et al.*, 2006). Sin embargo, algunos estudios, utilizando la tarea «Stroop» (Stroop, 1935), donde los sujetos deben resistir la interferencia que crean los nombres de colores escritos en tinta de otro color para así decir el color de la tinta y no el nombre del color escrito, postulan que determinados aspectos del control inhibitorio no alcanzan los niveles adultos de ejecución hasta después de los 15 años (Fagot, Dirk, Ghisletta y de Ribaupierre, 2009). Estas discrepancias pueden deberse a la tarea usada para su evaluación, y consecuentemente, al proceso inhibitorio subyacente (Pritchard y Neumann, 2009), ya que, tal y como se indicó anteriormente, el concepto de inhibición es multidimensional, siendo varias las propuestas existentes acerca de la naturaleza y concreción de dichos subprocesos inhibitorios.

Respecto a la memoria de trabajo, después del primer año de vida muestra un desarrollo gradual durante toda infancia y adolescencia. Su mayor incremento se produce entre los 6 y 10 años y la adquisición del nivel de rendimiento adulto no antes de los 12 años (Barrouillet, Gavens, Vergauwe, Gaillard y Camons, 2009). Una tarea habitual para evaluar el desarrollo de la memoria de trabajo es la «tarea de búsqueda autoordenada» (Luciana y Nelson, 1998). En esta tarea se presentan diferentes cuadrados de colores, conteniendo cada uno de ellos en su interior un premio. El niño debe tocar los cuadrados y conseguir el mayor número de premios posibles. Para ello debe recordar qué cuadrados abrió previamente para no abrir ninguno que ya no tenga premio. La ejecución de esta tarea muestra diferencias significativas entre los niños de 4 y 8 años (Moriguchi y Hiraki, 2013).

Con relación a otros componentes de las FE, la flexibilidad cognitiva muestra un desarrollo importante entre los 3 y los 5 años, cuando se le facilita al niño cambiar de una regla a otra para clasificar objetos, como por ejemplo en la tarea de «Clasificación de cartas» —*DCCS; Dimensional Change Card Sort Task* (Zelazo, Frye y Rapus, 1996)—. En esta tarea los niños deben clasificar una serie de cartas atendiendo primeramente a una de sus dimensiones (por ejemplo, el color: *si el objeto es rojo, va aquí; si es azul, va allá*) y posteriormente, atendiendo a otra dimensión (la forma: *si es un barco, va aquí; si es un conejo, va allá*). Independientemente de sobre qué dimensión se solicite al niño ordenar primeramente las cartas (color o forma), los niños de 3 años, en la segunda fase del juego (ordenar atendiendo a la segunda dimensión), continúan ordenando las cartas en función de la primera dimensión, mostrando por tanto errores de perseveración y un patrón inflexible en su respuesta. En cambio, la mayor parte de los niños de 4 y 5 años ya son capaces de alternar las dos reglas y ordenar adecuadamente las tarjetas sobre las dos dimensiones solicitadas (Zelazo, 2006; Zelazo *et*

al., 1996). Esta capacidad para ser flexibles depende del número de reglas a atender y recordar durante la resolución de la tarea, pues si se añade una tercera dimensión sobre la que clasificar las tarjetas (por ejemplo, tamaño), la mayoría de los niños de 4 años y casi la mitad de los de 5 años muestran inflexibilidad y errores en esta tercera fase, pues continúan clasificando las tarjetas sobre la segunda dimensión (Zelazo, 2006). Posteriormente, el esfuerzo atencional exigido para pasar de una tarea a otra disminuye conforme aumenta la edad y hasta los 10-15 años, lo que hace que los niveles adultos de ejecución se alcancen en la adolescencia (Davidson, Amso, Anderson y Diamond, 2006; Huizinga *et al.*, 2006).

Todos estos resultados sugieren que la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad adoptan niveles adultos de ejecución entre los 11 y 15 años, si bien existen otros componentes ejecutivos, como la planificación, que los alcanzan entre los 11 y 21 años (Huizinga *et al.*, 2006; Welsh, Friedman y Spieker, 2006).

En suma, las FE cognitivas mejoran rápidamente durante los años preescolares y la infancia. Los progresos más importantes tienen lugar entre los 2 y los 5 años (Carlson, 2005; Diamond, 2006; Zelazo y Müller, 2012), siendo entre los 6 y 10 años la etapa más dinámica de su desarrollo (Welsh *et al.*, 2006). Posteriormente, en la última infancia y adolescencia y, en la mayoría de los casos, hasta la adultez temprana, continúan mejorando, produciéndose otros progresos apreciables en aspectos como la velocidad de procesamiento de la información, el uso de estrategias, el razonamiento, la planificación, la resolución de problemas o la coordinación de varios de estos procesos (Diamond, 2013).

En cuanto al desarrollo de los componentes socioafectivos de las FE, los resultados evidencian que su emergencia es más temprana que la de los componentes cognitivos, de acuerdo con el patrón madurativo de sus sustratos neuroanatómicos, y como ocurre con aquellos, mejoran durante la edad preescolar, periodo en el que el córtex prefrontal experimenta un crecimiento notable (Hongwanishkul *et al.*, 2005; Zelazo y Müller, 2012). En este sentido, numerosas habilidades que aparecen ya en la infancia temprana contribuyen al desarrollo de la teoría de la mente, considerada subcomponente de las FE *hot* o, al menos, estrechamente vinculada con ellas (Carlson, Moses y Breton, 2002). Por ejemplo, la capacidad de imitación, presente ya desde el nacimiento, constituye una práctica de interacción y comunicación social no verbal. Asimismo, en torno a los 3 meses los bebés desarrollan una comunicación no verbal que implica turnos bidireccionales con sus cuidadores mediante contactos visuales, movimientos bucales prelingüísticos, gestos manuales, etc. La atención visual conjunta, capacidad

para mirar al lugar donde alguien está mirando o seguir la dirección de la atención de otra persona hasta el objeto de su atención, está presente desde los 6 meses. De los 9 a los 12 meses los bebés pueden localizar un objeto en el espacio y alternar su mirada entre el objeto deseado y el adulto, para llamar la atención de este sobre aquel; pero, además, son capaces de evaluar la expresión facial del adulto para saber si pueden llegar a alcanzar el objeto o no (Mundy y Jarrold, 2010). En definitiva, estos datos demuestran que los bebés, desde muy temprano, comienzan a comprender la conducta de otra persona, los deseos e intenciones de otros, y esta decodificación del estado mental de otra persona, como es su intencionalidad, parece ser el origen del desarrollo de la teoría de la mente (Sabbagh, 2004).

A pesar de este desarrollo temprano, las investigaciones abordan las FE *hot*, esencialmente, a partir de los 3-5 años, siendo muy pocos los trabajos que las estudian en edades previas (Razza y Blair, 2009), dada la dificultad que conlleva la creación de tareas no verbales de evaluación para niños más pequeños. Las diferentes medidas utilizadas para evaluar el progreso y mejora de las FE afectivas incluyen medidas de «juego por dinero», «toma de decisiones arriesgadas», «estimaciones con feedback» y «gratificaciones demoradas», para a pesar de sus diferencias, evaluar la toma de decisiones flexible ante cuestiones que implican consecuencias emocionales (como ganancias o pérdidas importantes). Por ejemplo, una de las tareas utilizada es la *Children's Gambling Task* (Kerr y Zelazo, 2004), en la que el niño debe escoger entre: a) cartas que ofrecen más premio por ensayo pero que pueden ser perjudiciales a lo largo de los ensayos, dado que ocasionalmente pueden implicar pérdidas importantes, y b) cartas que ofrecen premios menores por ensayo, pero que siempre son ventajosas (siempre conllevan premios, nunca pérdidas). Los resultados muestran mejoras entre los 3 y 6 años. Más exactamente, las elecciones ventajosas aumentan con la edad, especialmente entre los 3 y 4 años. En los restantes grupos de edad, aunque continúa su aumento, no es significativo (Hongwanishkul *et al.*, 2005; Kerr y Zelazo, 2004). Otra medida sobre la toma de decisiones afectivas en niños es la tarea de «gratificación demorada», en la que deben elegir entre un premio inmediato, pero de bajo valor, o un premio demorado de mayor valor. Los resultados hallados son similares a los de la tarea anterior, pues hay un incremento significativo en la tendencia a elegir premios demorados entre los 3 y 4 años, siendo los niños de 4 años los que más los eligen (Prencipe y Zelazo, 2005). En la misma línea, Hongwanishkul *et al.* (2005) encuentran que los niños de 3 años eligen menos premios demorados que los de 4 y 5 años, no existiendo diferencias significativas entre estos dos últimos grupos. Pero la tarea más utilizada para evaluar las FE *hot* con preescolares es, sin duda,

la «tarea de la falsa creencia», en sus dos versiones: la «tarea de cambio de localización» (Wimmer y Perner, 1983) y la «tarea de contenido inesperado» (Perner, Leekam y Wimmer, 1987). En la primera, «tarea de cambio de localización», se narra al niño una historia en la que un personaje esconde un objeto en un determinado lugar que se cambia sin que este personaje lo sepa. El niño debe responder: a) dónde buscaría él el objeto escondido, y b) dónde buscará el objeto el personaje. En la «tarea de contenido inesperado», se presenta al niño una caja de caramelos, preguntándole qué cree que contiene en su interior. Tras su respuesta, se abre la caja y se muestra que hay lápices. Se cierra nuevamente la caja y se pregunta al niño: a) qué creyó que contenía la caja antes de ser abierta, y b) qué creará que contiene la caja otro niño que no ha visto su contenido. Entre los 2,5 años y los 5 años, se produce una progresión sistemática en la resolución de estas tareas, siendo a los 4 años cuando se resuelven correctamente. Esta edad se considera crítica en el desarrollo de la teoría de la mente, pues los niños empiezan a comprender las representaciones erróneas (creencias falsas) o las verdades que están en conflicto (Wellman, 2002). Aunque la teoría de la mente sigue desarrollándose más allá de los 5 años, los estudios que abordan estas edades son escasos y se centran en el desarrollo de las representaciones de segundo orden (comprensión de que las personas tienen creencias acerca de las creencias de otros, que pueden ser ciertas o no) y de tercer orden (comprensión de que las mentiras de un personaje hacia otro fueron inintencionadas, sin intención de hacer daño, es decir, comprensión de las «mentiras piadosas»). Generalmente, estos aspectos no se resuelven correctamente hasta los 11 años (Wellman, 2002).

Estos resultados relativos al desarrollo de las FE *hot* muestran su relación con los componentes *cool*. Por ejemplo, la resolución de la tarea de la falsa creencia en su versión de «tarea de cambio de localización» implica que el niño posee una adecuada capacidad de memoria de trabajo (almacenar la historia narrada verbalmente, recordar la localización primera del objeto y tener presente que el personaje no sabe que el objeto ha sido cambiado de sitio), además de la habilidad para inhibir la tendencia a responder en base a su propio conocimiento sobre la situación (Razza y Blair, 2009).

3. BASES NEUROANATÓMICAS DE LAS FE

La mediación neurológica de las FE es un aspecto esencial en nuestros días ya que la Psicología del Desarrollo Cognitivo estudia los cambios individuales en las capacidades cognitivas durante todo el ciclo vital y cómo ocurren dichos cambios, es decir, los procesos que los soportan y los hacen posibles (Breukelaar *et al.*, *in press*). En el caso de las FE hay evidencias que demuestran que su mejora durante la infancia está acompañada de importantes cambios neuroanatómicos y estructurales cerebrales, especialmente en el córtex prefrontal (CPF). De la misma manera, paralelamente al deterioro del CPF, se produce un declive de las FE. Todo ello apoya la idea de considerar dicha área como sustrato neuroanatómico «clave» de las FE, pero no exclusivo, pues se encuentra estrechamente interconectado con otras áreas —corticales y subcorticales— con las que trabaja conjuntamente (Moriguchi y Hiraki, 2013). Además, el CPF es una de las regiones cerebrales más extensas y que presenta un proceso de desarrollo más lento, tanto filogenético y ontogenéticamente. Este calendario más tardío en maduración y mayor expansión, con cambios madurativos anatómicos y bioquímicos que se prolongan hasta la adolescencia o incluso la adultez, referidos a procesos como la mielinización, desarrollo de conexiones interhemisféricas, cambios en la actividad eléctrica o en la densidad de la sustancia gris, entre otros, sugiere que su papel es complejo y las funciones que cumple incluyen muchas de las que distinguen a los humanos del resto de los animales, como son las FE, que también alcanzan su punto máximo de desarrollo en dicho momento evolutivo (Fuster, 2002).

El CPF, que es la parte más anterior del córtex frontal, no constituye una región homogénea —al igual que las FE no constituyen un concepto unidimensional— sino que comprende varias regiones neurofuncionalmente distintas, cada una de ellas compuesta por diferentes áreas con una citoarquitectura variada: a) córtex prefrontal «dorsolateral» (CPF-DI); b) córtex prefrontal «orbitofrontal» (CPF-O) o «ventromedial» (CPF-Vm), y c) córtex prefrontal «ventrolateral» (CPF-VI). Cada una de estas áreas están interconectadas entre sí, además de conectadas diferencialmente con otras áreas corticales y subcorticales, de modo que envían y reciben proyecciones desde todos los sistemas sensoriales, sistemas motrices y diversas estructuras subcorticales (Fuster, 2002; Johnson, 2002). Dos de estos circuitos parecen especialmente relevantes para las FE el circuito dorsolateral prefrontal y el circuito orbitofrontal. Las conexiones recíprocas entre el CPF-DI, el córtex temporal superior, el córtex parietal posterior, el córtex cingular anterior y posterior, el córtex premotor, córtex retrosplenial, y el neocerebelo, así como

sus conexiones con estructuras subcorticales, como los ganglios basales (región dorsolateral del núcleo caudado, área interna del globo pálido y área rostral de la sustancia negra) y el tálamo mediarían, especialmente, las FE *cool* (Dolcos y McCarthy, 2006; Hongwanishkul *et al.*, 2005; Zelazo y Müller, 2002). Por su parte, el CPF-O o CPF-Vm junto con las aferencias que recibe de todas las áreas sensoriales, además de la amígdala, corteza entorrinal y córtex cingular y las proyecciones que envía a la corteza temporal inferior, corteza entorrinal, córtex cingular, hipotálamo lateral, amígdala, área tegmental ventral, cabeza del núcleo caudado y al córtex motor sostienen, principalmente, las FE *hot* (Dolcos y McCarthy, 2006; Hongwanishkul *et al.*, 2005; Zelazo y Müller, 2002), constituyendo lo que algunos autores han denominado «cerebro social» (Johnson, Grossmann y Kadosh, 2009). Ambas redes, aunque diferenciales, se encuentran conectadas. El córtex cingular anterior (CCA), una región amplia en la cara interna o medial del córtex frontal correspondiente a las áreas 24 y 32 de Brodmann, media la relación entre el CPF-DI y el CPF-O, y por lo tanto, entre las FE *cool* y *hot* (Dolcos y McCarthy, 2006; Kelly, Scheres, Sonuga-Barke y Castellanos, 2007).

Esta serie de conexiones no se desarrollan simultáneamente, al igual que tampoco lo es el desarrollo de todos los componentes ejecutivos, existiendo una congruencia entre la maduración de las primeras y el desarrollo de las FE en las cuales se encuentran especialmente implicadas. Así, el circuito orbitofrontal se desarrolla previamente al dorsolateral, al igual que las FE afectivas lo hacen antes que las cognitivas.

Aunque no se conocen con exactitud todos los cambios neuroanatómicos y funcionales que tienen lugar en los circuitos del CPF, ni el proceso subyacente que hace que los mismos contribuyan al desarrollo de las distintas FE, los resultados de estudios sobre mielinización, conexiones interhemisféricas, densidad sináptica y actividad metabólica y eléctrica han contribuido de manera importante a avanzar en el campo, demostrando su asociación con la mejora en la ejecución de tareas en las que quedan implicadas las FE. Así, por ejemplo, mejoras en la resolución de las tareas «A-no-B» (Piaget, 1937) y de «recuperación del objeto» (Diamond, 1990, 1991) se asocia con un aumento de la actividad eléctrica prefrontal, comparativamente con el nivel base, además de con un adecuado nivel de dopamina en el CPF (Diamond, 2001, 2006).

Otro factor que parece que influye en la maduración cerebral es el juego entre la pérdida de la sustancia gris y el aumento de la sustancia blanca. En las regiones subcorticales (como por ejemplo los ganglios basales) la sustancia gris disminuye durante la infancia (reflejando su maduración). En cambio, la materia gris prefrontal disminuye de modo significativo a

partir de la pubertad, es decir, posteriormente al descenso que ocurre durante la infancia en las regiones subcorticales e incluso en otras estructuras corticales como las occipitales (Breukelaar *et al.*, *in press*). Apoyando esta maduración y desarrollo posterior del córtex frontal en comparación con el de las estructuras subcorticales, existen numerosos datos funcionales procedentes de técnicas de neuroimagen que evidencian que, cuando se ejecutan tareas cognitivas superiores, los niños activan más áreas subcorticales que los adultos, pues en los primeros los sistemas subcorticales se encuentran más maduros (pérdida de sustancia gris) que los corticales (Casey, Galvan y Hare, 2005). Conforme aumenta la edad y se produce la maduración de los sistemas corticales (concretamente del CPF), los niños pasan de una activación subcortical a una cortical.

Además, paralela a esta progresiva maduración del córtex frontal, la actividad cortical en las áreas relevantes para la ejecución de la tarea pasa de tener un patrón difuso a ser más localizada conforme aumenta el desarrollo (Bell y Wolfe, 2007; Casey *et al.*, 2005). Subyacentes a este cambio pueden hallarse distintos procesos no incompatibles: 1) la organización, desarrollo y consolidación de las redes neurales relevantes para la resolución de la tarea, así como incrementos en la magnitud de la activación en las regiones críticas; 2) la atenuación de las áreas corticales menos relevantes, tanto en número de regiones activadas como en la extensión del tejido activado en cada área (Johnson, 2002; Johnson *et al.*, 2009). Este cambio en la actividad cerebral (de difusa a local) es similar al que se produce en los cerebros adultos por efecto del aprendizaje, aunque presenta un patrón temporal más lento pues los cambios en la actividad cerebral infantil comprenden años más que horas o semanas.

Por su parte, el proceso de mielinización comienza ya antes del nacimiento, salvo en el CPF que se inicia en torno al tercer mes de vida postnatal, y continúa gradualmente durante varios años incluso hasta la edad adulta (Breukelaar *et al.*, *in press*). Aunque el volumen de la materia blanca se incrementa durante la adolescencia y adultez, particularmente en el CPF, los cambios más rápidos ocurren durante los dos primeros años de vida (Johnson, 2002). Este aumento de la sustancia blanca es la principal fuente del incremento del volumen cerebral, de gran interés dado que refleja la comunicación interregional del cerebro en desarrollo (Fuster, 2002). El aumento de la materia blanca del lóbulo frontal en niños y adolescentes se debe mayoritariamente a la mielinización de los axones cortico-corticales, que constituyen cerca del 95% de la conectividad de todo el neocórtex. Por lo tanto, el crecimiento cortical de la mielina sigue, aproximadamente, el mismo orden que las conexiones cortico-corticales, de manera que conforme estas van

produciéndose, va teniendo lugar su mielinización. En cuanto al orden en que se produce la mielinización de las áreas corticales, tiene lugar primero en las áreas sensoriales primarias y motoras primarias, y después, en las áreas de asociación, siendo entre ellas el córtex prefrontal la más tardía, particularmente su área dorsolateral (Breukelaar *et al.*, *in press*; Fuster, 2002).

Todo ello permite sostener, razonablemente, que el desarrollo cognitivo durante la infancia depende estrechamente del crecimiento de la mielinización cortical (Breukelaar *et al.*, *in press*). La sustancia blanca es importante en la ontogenia del procesamiento de la información dado que facilita la transmisión, velocidad y calidad de las señales eléctricas a lo largo de los axones, principal medio de comunicación neuronal. Tal y como afirman Mabbott, Noseworthy, Bouffet, Laughlin y Rockel (2006: 936):

La velocidad en el procesamiento de la información es el índice general que indica el ritmo al cual un individuo puede completar tareas cognitivas: los incrementos que se producen en la velocidad del procesamiento de la información relacionados con la edad son evidentes y se consideran un mecanismo del desarrollo cognitivo y del resultado inteligente.

En definitiva, el CPF es la estructura cortical mejor conectada, lo que la convierte en una región clave para la integración o asociación de la información y la regulación de la emoción, pensamiento y acción, cuestiones necesarias para llevar a cabo conductas más complejas. Dadas estas múltiples conexiones, no sólo el CPF sino incluso sus diferentes regiones deben ser atendidas como elementos dentro de circuitos fronto-subcorticales implicados en las FE cognitivas y afectivas.

4. ¿CÓMO MEJORAR LAS FE?

Tal y como ya se mencionó, las FE están afectadas en numerosas enfermedades mentales y trastornos, como por ejemplo la depresión, esquizofrenia, trastorno obsesivo-compulsivo, TDAH, TEA, etc. Estos desórdenes cada vez están siendo más comunes (Moffitt *et al.*, 2011), por lo que cada vez son más las personas que manifiestan dificultades ejecutivas. Sin embargo, las FE son altamente sensibles a las influencias ambientales, lo que implica la posibilidad de ser modificables y por tanto, susceptibles de mejora a través de una intervención adecuada. En este sentido, cualquier actividad o programa destinado a la optimización o rehabilitación de las FE deben de asumir una serie de principios generales (Muñoz-Céspedes y Tirapu-Ustároz, 2004):

1. Aplicar una estrategia de resolución de problemas IDEAL (I: identificar, D: definir, E: elegir, A: aplicar, L: ver logro).
2. Intervenir sobre las variables cognitivas relacionadas con un buen funcionamiento ejecutivo (memoria de trabajo, atención dividida, habilidades pragmáticas, motivación).
3. Usar técnicas de modificación de conducta para incidir sobre comportamientos relacionadas con las dificultades en el funcionamiento ejecutivo (especialmente distracción, impulsividad, desinhibición y perseveración).
4. Emplear técnicas de refuerzo diferencial (preferiblemente coste de respuesta).
5. Considerar las variables de situación (interés de la actividad, presencia de distractores externos, velocidad de presentación de los estímulos, etc.).
6. Contener estrategias específicas de generalización.

Específicamente, la intervención sobre FE supone mejorar la capacidad para programar la conducta y orientarla hacia la consecución de los objetivos pretendidos, pudiendo emplearse una gran variedad de actividades cuyo objetivo debe ser siempre la optimización, restauración de la función o la compensación de la misma. En este sentido, son numerosos los autores (p.e., Gummow, Miller y Dustman, 1983; Wilson, 1995) que señalan una serie de recomendaciones a la hora de implementar estos programas de rehabilitación neuropsicológica. Parten de la necesidad de tener una teoría del funcionamiento cognitivo que permita entender el déficit y diseñar un programa que actúe directamente sobre este. Se señala que la evaluación debe ajustarse y dar información útil para la intervención, y debe ser realizada por una persona diferente a la que hace el entrenamiento. Este debe de ser individual, perfectamente adaptado a los déficits de la persona y aprovechando su potencial, independientemente de que se haga en contexto de grupo. Debe intervenir sobre todas las áreas afectadas de forma serial y organizándolas en un orden jerárquico (comenzando por los aspectos más nucleares que exijan del sujeto unas demandas mínimas de su capacidad, pero que aseguren que se va a tener éxito en las mismas). También se debe ajustar el nivel de dificultad de tal modo que el sujeto nunca debe acabar en una sesión en la que tenga más errores que aciertos. Además, se debe emplear material que motive al sujeto. Al mismo tiempo, el programa elegido debe adaptarse a las necesidades individuales de cada sujeto, facilitar la generalización del aprendizaje y ha de ser útil para su vida cotidiana. Finalmente, y como norma general, siempre hay que informar al sujeto sobre

su rendimiento y recompensar tanto los logros obtenidos como el esfuerzo realizado.

Señalábamos que las FE son altamente sensibles a las influencias ambientales. No obstante, aunque las áreas cerebrales que soportan las FE son sensibles a las influencias del entorno durante todo el ciclo vital, lo son especialmente durante los primeros años de vida, momento de máximo desarrollo de las FE (Bull, Andrews, Wiebe, Sheffield y Nelson, 2011). Es entonces cuando pueden obtenerse los mayores beneficios de las intervenciones con menores costes. Además, potenciar un desarrollo adecuado de las FE en los primeros años de vida es importante dado que problemas ejecutivos en la infancia temprana predicen problemas posteriores incluso de mayor gravedad y extensión. Los déficits ejecutivos que aparecen tempranamente a menudo no llegan a desaparecer por sí solos, sino que se incrementan a lo largo del tiempo (Moffitt *et al.*, 2011).

Sin embargo, a pesar de todo ello, son muy escasos los trabajos que analizan programas de intervención en niños de estas edades (Wass, Scerif y Johnson, 2012). Dentro de dicha escasez, destacamos los trabajos de Diamond (2013), Diamond y Lee (2011) y Diamond y Ling (2016) analizando aquellas intervenciones dirigidas a la mejora de las FE que han resultado ser eficaces: entrenamiento computarizado; juegos no informatizados; música; teatro; actividad física y deporte de distinta intensidad (especialmente artes marciales); yoga; *mindfulness* y actividades complementarias al currículum escolar (por ejemplo, *Promoting Alternative Thinking Strategies, Chicago School Readiness Project*); o bien, programas de estudio, especialmente insertados en el propio *currículum* escolar cuando se trata de poblaciones infantiles y adolescentes, como por ejemplo *Tools of the Mind* o Currículum Montessori.

Estos autores (Diamond, 2013; Diamond y Lee, 2011; Diamond y Ling, 2016) señalan además que toda intervención en FE debe cumplir determinados requisitos que aseguren su eficacia:

1. La intervención debe desarrollarse en un contexto significativo motivacionalmente. A pesar de que el papel exacto de la motivación en estas intervenciones todavía no está claro, parece que el aprendizaje, y probablemente el grado de plasticidad cerebral, se mejora cuando los participantes están interesados en algo. Así, el elemento más importante para el éxito de un programa es que implique actividades que entusiasmen al individuo. Si ello es así, además este le dedicará tiempo y trabajará con intensidad. Un profesional motivado y entusiasta en aquello que hace puede transmitir y generar este interés a los participantes.

2. Las actividades y tareas a desarrollar deben implicar desafíos adaptativos. Las tareas tienen que ser adaptables a fin de que sigan siendo un reto, que haya algo que aprender. Además, el grado de desafío interactúa con la motivación. Así, los cambios continuos aumentando el desafío y reto aseguran que la motivación del participante se mantiene en un nivel adecuado.
3. Se requiere de una gran cantidad de repetición y práctica. La importancia de la práctica para la adquisición de habilidades en general es ampliamente conocida y se sitúa dentro de los programas de entrenamiento de procesos o estimulación cognitiva directa o dirigida (estimulación de áreas cognitivas específicas). En estos programas se requiere que cada área del proceso cognitivo esté fundamentado en un modelo teórico, las tareas deben administrarse repetidamente para facilitar el crecimiento o la regeneración neuronal al fortalecer las vías neurales que subyacen a dichas conductas (Powell, 1981) y las metas y objetivos deben organizarse jerárquicamente de modo que facilite una administración sistemática. Sin embargo, todavía no existe consenso acerca de qué se considera una práctica repetitiva que pueda implicar resultados óptimos. La cantidad de práctica y su distribución temporal óptima parece depender de numerosas cuestiones: la actividad concreta de la que se trate, componente ejecutivo a optimizar, edad y grado de afectación del individuo, etc. En relación con este último aspecto, la literatura coincide al afirmar que aquellos participantes que presentan menor nivel ejecutivo al comienzo de la intervención, son los que más se benefician de la misma, mostrando un mayor progreso. Además, es de sobra conocido que, una vez finalizada la intervención o la práctica, aunque los beneficios puedan mantenerse durante meses e incluso años, finalmente, disminuyen a cotas inferiores a las logradas cuando estaba en marcha la intervención.

Por otro lado, un factor de importancia transcendental en la intervención de las FE es el desempeñado por las emociones y su implicación en la toma de decisiones. Los estudios realizados avalando la eficacia de este tipo de intervenciones parecen indicar que, para la mejora de las FE, además de centrarse exclusivamente en sus componentes cognitivos —tal y como se hacía inicialmente— puede ser incluso más eficaz abordar el desarrollo emocional y social (es decir, sus componente afectivos) dado que estos eliminan o reducen aspectos que pueden impedir el desarrollo de los primeros, como por ejemplo la soledad, el estrés o el sentimiento de falta de autoeficacia (Diamond, 2013).

Las intervenciones para la mejora de las FE fundamentadas en la evidencia se basan por tanto en concebir un adecuado funcionamiento ejecutivo de acuerdo al correcto funcionamiento de los sistemas de los que depende: eficiente sistema atencional, buena memoria operativa, adecuada motivación y unas emociones que nos guíen adecuadamente en nuestra toma de decisiones. No obstante, la intervención sobre cada uno de estos sistemas no garantiza el éxito del programa, probablemente porque el funcionamiento ejecutivo global no es igual a la suma de las funciones de sus sistemas.

En resumen, dado que cada vez son más las evidencias que apoyan la posibilidad de llevar a cabo una intervención eficaz en las FE, contribuyendo con ello a la capacidad del individuo para llevar una vida independiente socialmente aceptada, la intervención sobre las mismas debe constituir un objetivo principal de las políticas psicosocioeducativas de todo país. Bien sabemos que las personas con un buen desarrollo ejecutivo generalmente disfrutan de una mayor calidad de vida y tienden incluso a vivir más tiempo (Hall, Crossley y D'Arcy, 2010). Así, todo país que desee un estado de bienestar para sus ciudadanos debería incluir en sus políticas intervenciones dirigidas a la mejora de las FE. La inversión bien merece la pena, dado que las FE se relacionan, entre otras cuestiones, con el éxito escolar, laboral y la adaptación personal y social; lo que contribuye a la economía y progreso de un país. En consonancia con ello, sería deseable un mayor respaldo a investigaciones futuras que permitan avanzar en este ámbito.

5. CONCLUSIONES

1. A pesar de la ausencia de una definición consensuada acerca de las FE (Willoughby y Blair, 2016), estas pueden considerarse un constructo multidimensional, compuesto por multitud de procesos cognitivos y afectivos que permiten coordinar nuestros pensamientos, acciones y emociones para alcanzar objetivos previamente determinados. Actúan en situaciones complejas o novedosas, resultando útiles cuando nos permiten resolver problemas eficientemente y adaptarnos adecuadamente al ambiente.

2. Las FE están implicadas en numerosos aspectos de la vida diaria. Contribuyen al desarrollo cognitivo, emocional, social y personal del individuo, pudiendo predecir el éxito académico, laboral, social, personal y, en general, el éxito en la vida.

3. Su desarrollo es muy temprano (desde finales del primer año de vida), produciéndose importantes ganancias durante los años preescolares,

especialmente de los 3 a los 5-6 años. Las FE continúan desarrollándose después, hasta la adolescencia o inicio de la edad adulta. A partir de los 50, aproximadamente, se inicia un declive que continua posteriormente. Este patrón de desarrollo hace que el desarrollo de las FE durante el ciclo vital siga una curva en forma de U invertida.

4. El desarrollo de las FE es paralelo a la maduración de las conexiones neuronales que las sustentan, siendo el circuito dorsolateral prefrontal y el circuito orbitofrontal esenciales para ello. De este modo, a pesar del papel relevante que adquiere el cortex prefrontal en el desarrollo de las FE, no puede olvidarse la multitud de áreas con las que se encuentra estrechamente conectado, considerándose una intensa red de conexiones y no una única área en aislado.

5. Estas conexiones neuronales aparecen afectadas en numerosos trastornos y psicopatologías cuyo fenotipo se acompaña de déficits ejecutivos. Dada la implicación que tienen las FE en la vida diaria de las personas, la calidad de vida de estos pacientes se ve mermada de modo importante.

6. Consecuentemente, es necesario diseñar e implementar programas de intervención que resulten eficaces para la mejora de las FE. Para ello, es necesario atender a las necesidades y características particulares de cada persona, pues ello contribuirá a lograr su motivación e implicación en el mismo; pero también deben cumplirse ciertos principios que, según la literatura, caracterizan las intervenciones eficaces, como por ejemplo, la práctica intensiva (si bien, existen discrepancias respecto a qué parámetros son los que definen una práctica de este tipo: duración y distribución de las sesiones, intensidad de las mismas, etc.).

7. Es especialmente relevante que esta intervención se lleve a cabo en los primeros años de vida, durante los periodos sensibles de desarrollo de las FE, cuando el cerebro se encuentra especialmente receptivo a la estimulación ambiental.

8. La evaluación y posterior intervención de las FE para su promoción debe constituir un objetivo primordial en cualquier política pública y educativa, pues ello implica promover el desarrollo pleno e integral de las personas.

REFERENCIAS

- Anderson, P. (2002). Assessment and development of executive function during childhood. *Child Neuropsychology*, 8(2), 71-82.
- Baddeley, A. D. y Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485-493.
- Baggetta, P. y Alexander, P. A. (2016). Conceptualization and Operationalization of Executive Function. *Mind, Brain y Education*, 10(1), 10-33.
- Barkley, R. A. (1997). Behavioural inhibition, sustained attention, and executive-functions: Constructing a unifying theory of ADHD. *Psychological Bulletin*, 121(1), 65-94.
- Bar-On, R. (2000). Emotional and social intelligence: Insights from the Emotional-Quotient Inventory (EQ-i). En R. Bar-On y J. D. A. Parker (Eds.), *Handbook of emotional intelligence: Theory, development, assessment and application at home, school and in the workplace* (pp. 363-388). San Francisco, CA: JosseyBass.
- Barrouillet, P., Gavens, N., Vergauwe, E., Gaillard, V. y Camos, V. (2009). Working memory span development: A time-based resource-sharing model account. *Developmental Psychology*, 45(2), 477-490.
- Bell, M. A. y Wolfe, C. D. (2007). Brain reorganization from infancy to early childhood: Evidence from EEG power and coherence during working memory tasks. *Developmental Neuropsychology*, 31(1), 21-38.
- Best, J. R. y Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development*, 81(6), 1641-1660. doi: 10.1111/j.1467-8624.2010.01499.x.
- Breukelaar, I. A., Antees, C., Grieve, S. M., Foster, S. L., Gomes, L., Williams, L. M... Korgaonkar, M. S. (in press). Cognitive control network anatomy correlates with neurocognitive behavior: A longitudinal study. *Human Brain Mapping*.
- Bull, R., Andrews, E. K., Wiebe, S. A., Sheffield, T. D. y Nelson, J. M. (2011). Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: sources of variation in emergent mathematics achievement. *Developmental Science*, 14, 679-692. doi: 10.1111/j.14677687.2010.01012.x
- Carlson, S. M. (2005). Developmentally sensitive measures of executive function in preschool children. *Developmental Neuropsychology*, 28(2), 595-616.
- Carlson, S. M., Moses, L. J. y Breton, C. (2002). How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contributions of inhibitory control and working memory. *Infant and Child Development*, 11(2), 73-92.
- Carlson, S. M., Zelazo, P. D. y Faja, S. (2013). Executive function. En P. D. Zelazo (Ed.), *The Oxford handbook of developmental psychology, Vol. 1: Body and mind* (pp. 706-743). New York: Oxford University Press.
- Casey, B. J., Galvan, A. y Hare, T. A. (2005). Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Current Opinion in Neurobiology*, 15, 239-244.
- Collins, A. y Koechlin, E. (2012). Reasoning, Learning, and Creativity: Frontal Lobe Function and Human Decision-Making. *PLoS Biology*, 10(3), e1001293. doi:10.1371/journal.pbio.1001293
- Craig, F., Margari, F., Legrottaglie, A. R., Palumbi, R., Giambattista, C. y Margari, L. (2016). A review of executive function deficits in autism spectrum disorder

- and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuropsychiatric Disease Treatment*, 12, 1191-1202. doi: 10.2147/NDT.S104620
- Davidson, M. C., Amso, D., Anderson, L. C. y Diamond, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4-13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition and task switching. *Neuropsychologia*, 44, 2037-2078.
- Dempster, F. N. y Corkill, A. J. (1999). Interference and inhibition in cognition and behavior: unifying themes for education psychology. *Educational Psychology Review*, 11(2), 1-88.
- Diamond, A. (1988). Abilities and neural mechanisms underlying AB performance. *Child Development*, 59(2), 523-527.
- (1990). The development and neural bases of memory functions, as indexed by the A-not-B and delayed response tasks, in human infants and infant monkeys. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 267-317.
- (1991). Neuropsychological insights into the meaning of object concept development. En S. Carey y R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and knowledge* (pp. 67-110). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- (2001). A model system for studying the role of dopamine in prefrontal cortex during early development in humans: early and continuously treated phenylketonuria. En C. Nelson y M. Luciana (Eds.), *Handbook of Developmental Cognitive Neuroscience* (pp. 433-472). Cambridge, MA: MIT Press.
- (2006). The early development of executive functions. En E. Bialystok y F. I. M. Craik (Eds.), *Lifespan Cognition: Mechanisms of Change* (pp. 70-95). New York, NY: Oxford University Press.
- (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750
- (2014). Want to Optimize Executive Functions and Academic Outcomes?: Simple, Just Nourish the Human Spirit. *Minnesota Symposia on Child Psychology*, 37, 205-232.
- Diamond, A. y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*, 333, 959-964.
- Diamond, A. y Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 3448.
- Dolcos, F. y McCarthy, G. (2006). Brain Systems Mediating Cognitive Interference by Emotional Distraction. *The Journal of Neuroscience*, 26(7), 2072-2079.
- Fagot, D., Dirk, J., Ghisletta, P. y de Ribaupierre, A. (2009). Adults' Versus Children's Performance on the Stroop Task: Insights from Ex-Gaussian Analysis. *Swiss Journal of Psychology*, 68(1), 17-24.
- Friedman, N. P. y Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control function: a latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133(1), 101-135.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, D. E., DeFries, J. C., Corley, R. P. y Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of Experimental Psychology General*, 137(2), 201-225.

- Fuster, J. M. (1999). Cognitive functions of the frontal lobe. En B. L. Miller y J. L. Cummings (Eds.), *The human frontal lobes: Functions and disorders* (pp. 187-195). New York, NY: The Guilford Press.
- (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31(3-5), 373-385.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The theory of Multiple intelligences*. New York, NY: Basic Books.
- Garon, N., Smith, I. M. y Bryson, S. E. (2014). A novel executive function battery for preschoolers: Sensitivity to age differences. *Child Neuropsychology*, 20(6), 713-736. doi: 10.1080/09297049.2013.857650.
- Gerstadt, C. L., Hong, Y. J. y Diamond, A. (1994). The relationship between cognition and action: performance of children 3 1/2-7 years old on a Stroop-like day-night test. *Cognition*, 53(2), 129-153.
- Goleman, D. P. (1995). *Emotional Intelligence: Why It Can Matter More Than IQ for Character, Health and Lifelong Achievement*. New York, NY: Bantam Books.
- Gummow, L., Miller, P. y Dustman, R. E. (1983). Attention and brain injury: a case for cognitive rehabilitation of attentional deficits. *Clinical Psychology Review*, 3, 255-274.
- Hall, P., Crossley, M. y D'Arcy, C. (2010). Executive function and survival in the context of chronic illness. *Annals of Behavioral Medicine*, 39(2), 119-127.
- Hongwanishkul, D., Happaney, K. R., Lee, W. S. C. y Zelazo, P. D. (2005). Assessment of hot and cool executive function in young children: Age-related changes and individual differences. *Developmental Neuropsychology*, 28, 617-644.
- Huizinga, M., Dolan, C. V. y van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036.
- Johnson, M. H. (2002). Neural mechanisms of cognitive development in infancy. En J. McClelland y R. F. Thompson (Eds.), *International encyclopedia of the social and behavioral sciences* (pp. 2103-2108). Oxford: Elsevier Science.
- Johnson, M. H., Grossmann, T. y Kadosh, K. C. (2009). Mapping Functional Brain Development: Building a Social Brain Through Interactive Specialization. *Developmental Psychology*, 45(1), 151-159.
- Kelly, A. M. C., Scheres, A., Sonuga-Barke, E. S. J. y Castellanos, F. X. (2007). Functional neuroimaging of reward and motivational pathways in ADHD. En M. Bellgrove, M. Fitzgerald y M. Gill (Eds.), *Handbook of Attention Deficit Hyperactivity Disorder* (pp. 209-235). Hoboken, NJ: Wiley.
- Kerr, A. y Zelazo, P. D. (2004). Development of «hot» executive function: the children's gambling task. *Brain Cognition*, 55(1), 148-157.
- Lehto, J. H., Juujarvi, P., Kooistra, L. y Pulkkinen, L. (2003). Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*, 21(1), 59-80.
- Lezak, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17(2), 281-297.
- Luciana, M. y Nelson, C. A. (1998). The functional emergence of prefrontally-guided memory systems in four-to eight-year-old children. *Neuropsychologia*, 36, 272-293.

- Lunt, L., Bramham, J., Morris, R. G., Bullock, P. R., Selway, R. P., Xenitidis, K. y David, A. S. (2012). Prefrontal cortex dysfunction and 'Jumping to Conclusions': bias or deficit?. *Journal of Neuropsychology*, 6(1), 65-78. doi: 10.1111/j.17486653.2011.02005.x.
- Luria, A. R. (1973). *El cerebro en acción*. Barcelona: Martínez Roca.
- Mabbott, D. J., Noseworthy, M., Bouffet, E., Laughlin, S. y Rockel, C. (2006). White-matter growth as a mechanism of cognitive development in children. *Neuroimage*, 33(3), 936-946.
- Miyake A. y Friedman N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21, 8-14. doi: 10.1177/0963721411429458
- Miyake A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. y Wager, T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contribution to complex 'Frontal Lobe' tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Moffitt T. E., Arseneault L., Belsky D., Dickson N., Hancox R. J., Harrington H. y Caspi, A. (2011). A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108, 2693-2698. doi: 10.1073/pnas.1010076108
- Moriguchi, Y. y Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: a review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 867. doi: 10.3389/fnhum.2013.00867
- Moriguchi, Y., Chevalier, N. y Zelazo, P. D. (2016). Editorial: Development of Executive Function during Childhood. *Frontiers in Psychology*, 7. doi:10.3389/fpsyg.2016.00006
- Mulder, H. y Cragg, L. (2014). Editorial: Executive Functions and Academic Achievement: Current Research and Future Directions. *Infant and Child Development*, 23(1), 1-3. doi: 10.1002/icd.1836
- Mundy, P. y Jarrold, W. (2010). Infant Joint Attention, Neural Networks and Social-Cognition. *Neural Networks*, 23(8-9), 985-997. doi: 10.1016/j.neunet.2010.08.009
- Muñoz-Céspedes, J. M. y Tirapu-Ustárriz, J. (2004). Rehabilitación de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 38, 656-663.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220-246.
- Pennington, B. F. y Ozonoff, S. (1996). Executive Functions and Developmental Psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37(1), 51-87.
- Perner, J., Leekam, S. y Wimmer, H. (1987). Three-year-olds' difficulty with false belief: The case for a conceptual deficit. *British Journal of Developmental Psychology*, 5(2), 125-37.
- Piaget, J. (1937). *La construction du réel chez l'enfant*. Neuchâtel: Delachaux y Niestlé.
- Powell, G. E. (1981). *Brain Function Therapy*. Hants: Gower-Aldershot.
- Prencipe, A. y Zelazo, P. D. (2005). Development of affective decision-making for self and other: Evidence for the integration of first- and third-person perspectives. *Psychological Science*, 16(7), 501-505.

- Pritchard, V. E. y Neumann, E. (2009). Avoiding the potential pitfalls of using negative priming tasks in developmental studies: Assessing inhibitory control in children, adolescents and adults. *Developmental Psychology*, 45(1), 272-283.
- Qehaja-Osmani, F. (2013). Executive Functions and Life Success. *IFAC Proceedings-Volumes*, 46(8), 247-249. doi:10.3182/20130606-3-XK-4037.00039
- Razza, R. A. y Blair, C. (2009). Associations among false-belief understanding, executive functions, and social competence: A longitudinal analysis. *Journal of Applied Developmental Psychology*, doi:10.1016/j.appdev.2008.12.020.
- Sabbagh, M. A. (2004). Understanding orbitofrontal contributions to theory-of-mind reasoning: Implications for autism. *Brain and Cognition*, 55(1), 209-219.
- Sergeant, J. A., Geurts, H. M. y Oosterlaan, J. (2002). How specific is a deficit of executive functioning for Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder? *Behavioural Brain Research*, 130, 3-28.
- Smith, E. E. y Jonides, J. (1999). Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science*, 283(5408), 1657-1661.
- Stautz, K., Pechey, R., Couturier, D. L., Deary, I. J. y Marteau, T. M. (2016). Do Executive Function and Impulsivity Predict Adolescent Health Behaviour after Accounting for Intelligence? Findings from the ALSPAC Cohort. *PLoS One*, 11(8), e0160512. doi: 10.1371/journal.pone.0160512
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-661.
- Stuss, D. T. y Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York, NY: Raven Press.
- Wass, S. V., Scerif, G. y Johnson, M. H. (2012). Training attentional control and working memory-Is younger, better? *Developmental Review*, 32, 360-387. doi:10.1016/j.dr.2012.07.001
- Wellman, H. M. (2002). Understanding the psychological world: Developing a theory of mind. En U. Goswami (Ed.), *Blackwell Handbook of childhood cognitive development* (pp. 167-187). Oxford, UK: Blackwell
- Welsh, M. C., Friedman, S. L. y Spieker, S. J. (2006). Executive functions in developing children: Current conceptualizations and questions for the future. En K. McCartney y D. Phillips (Eds.), *Blackwell Handbook of Early Childhood Development* (pp. 167-187). Oxford: Blackwell.
- Welsh, M. C. y Peterson, E. (2014). Issues in the conceptualization and assessment of hot executive functions in childhood. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 20, 1-5. doi: 10.1017/S1355617713001379
- Willoughby, M. T. y Blair, C. B. (2016). Measuring executive function in early childhood: A case for formative measurement. *Psychological Assessment*, 28(3), 319-330. doi: 10.1037/pas0000152.
- Wilson, E. A. (1995). Management and remediation of memory problems in brain-injured adults. En A. D. Baddeley, E. A. Wilson, y F. N. Watts (Eds.), *Handbook of memory disorders* (pp. 459-487). Londres: Wiley.
- Wimmer, H., y Perner, J. (1983). Beliefs about beliefs: Representation and constraining function of wrong beliefs in young children's understanding of deception. *Cognition*, 13(1), 103-128.

- Zelazo, P. D. (2005). *The development of executive function across the lifespan*. *About-kids Health*. Hospital for Sick Children, Toronto. Recuperado de <http://www.about-kidshealth.ca/ofhc/news/SREF/4292.asp>
- (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): a method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1, 297-301.
- Zelazo, P. D. y Carlson, S. M. (2012). Hot and cool executive function in childhood and adolescence: Development and plasticity. *Child Development Perspectives*, 6(4), 354-360. doi: 10.1111/j.1750-8606.2012.00246.x
- Zelazo, P. D., Frye, D. y Rapus, T. (1996). An age-related dissociation between knowing rules and using them. *Cognitive Development*, 11, 37-63.
- Zelazo, P. D. y Müller, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. En U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford: Blackwell.