

SEXTO INFORME ESTADO DE LA EDUCACION

Implicaciones de la inclusión de las funciones ejecutivas en el nuevo programa de preescolar: contextualización a la luz de la evidencia actual

Tracy Sánchez Pacheco
Jaime Fornaguera Trías
Odir Rodríguez Villagra
Johanna Sibaja Molina
Centro de Investigación en Neurociencias, UCR

2016



Nota: Las cifras de las ponencias pueden no coincidir con las consignadas por el Sexto Informe Estado de la Educación (2017) en el tema respectivo, debido a revisiones posteriores. En caso de encontrarse diferencia entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

LAS FUNCIONES EJECUTIVAS DENTRO DEL NUEVO PROGRAMA	1
UN MARCO DE REFERENCIA PARA LAS FUNCIONES EJECUTIVAS	12
APORTE DESDE UN MARCO DE REFERENCIA NEUROCIENTÍFICO	5
LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN CONTEXTOS PREESCOLARES	8
CONSIDERACIONES FINALES	11
REFERENCIAS	13

La nueva propuesta curricular para preescolar del Ministerio de Educación Pública en Costa Rica, plantea un abordaje integral en el que se incluyen diversidad de áreas de aprendizaje valiosas para el desarrollo de los niños y las niñas, entre ellas: alfabetización emergente, matemática, ciencia, tecnologías de la información y la comunicación, destrezas sociales, comprensión de reglas, artes, el juego, entre otras (Rodino, 2014). Esto permite aprovechar los distintos escenarios que la institución educativa provee, en aras de favorecer aspectos del conocimiento de sí mismo, el desarrollo de la autonomía, las interacciones sociales, las posibilidades de acción del cuerpo, la coordinación visomotora, las funciones ejecutivas, las habilidades lingüísticas para la vida, la conciencia fonológica y el disfrute de la literatura infantil (MEP, 2014).

Considerando que la incorporación de evidencia científica es uno de los pilares en los que se procura sustentar la nueva propuesta curricular, es nuestro particular interés aportar información sobre un tópico pertinente al nuevo programa, a saber: las funciones ejecutivas.

Las Funciones Ejecutivas dentro del nuevo programa

A partir de lo planteado en el III Informe del Estado de la Educación (PEN, 2011), el nuevo programa de preescolar hace referencia al tema de las funciones ejecutivas, considerando su pertinencia en los procesos de formación en la educación inicial. Las funciones ejecutivas nos permiten coordinar acciones y pensamientos orientados al logro de una meta, particularmente en situaciones novedosas (Hendry, Jones, y Charman, 2016). Estas habilidades se han relacionado con mejores indicadores de salud física, una mayor probabilidad de contar con estabilidad financiera y una menor probabilidad de cometer conductas delictivas (Moffitt et al., 2011). Asimismo, dificultades en estas habilidades se han vinculado con condiciones como déficit atencional y autismo (Rommelse, Geurts, Franke, Buitelaar, y Hartman, 2011).

El concepto de funciones ejecutivas es mencionado en el marco de referencia del programa de preescolar, sin embargo, su guía metodológica no cuenta con una definición operacional de éste. Si bien, se destaca su relevancia en los procesos de desarrollo cabe preguntarse: ¿hasta qué punto las actividades generales llevadas a cabo en el aula favorecerán el desarrollo o potenciación de las funciones ejecutivas? o bien ¿cómo podría fomentarse el desarrollo de las funciones ejecutivas dentro del currículo?

Hallazgos provenientes de propuestas experimentales en las que se busca mejorar funciones ejecutivas como la memoria de trabajo, proporcionan información valiosa respecto a las interrogantes planteadas. Algunos de los estudios buscan valorar si los programas dirigidos a la mejora de las funciones ejecutivas tienen un efecto sobre las habilidades meta, y en caso de ser así, estimar el tiempo durante el cual dichos cambios permanecen. Además, se evalúa la capacidad de transferencia, es decir, si la mejora en las habilidades entrenadas se mantiene en otras tareas no contempladas en el entrenamiento. Al respecto, Melby-Lervåg, Redick y Hulme (2016) analizan 87 estudios en los

que se desarrollan programas de entrenamiento de la memoria de trabajo. Los programas difieren en duración y número de sesiones, pero utilizan la misma estrategia de intervención, que consiste en resolver repetidamente tareas que tradicionalmente se utilizan para medir la memoria de trabajo. El estudio concluye que en efecto es posible observar mejoras en la memoria de trabajo, pero estas no se mantienen semanas después de finalizada la intervención. Además, dichas mejoras temporales parecen transferirse solamente a tareas que miden la misma habilidad (i.e., transferencias cercanas), pero no muestran tener efecto sobre otras tareas que, aunque no miden directamente la memoria de trabajo, si requieren de ella (i.e., transferencia lejana). Por otro lado, se ha señalado que la evidencia sobre la transferencia de estos cambios a las habilidades requeridas en la vida diaria aún es escasa (Melby-Lervåg et al., 2016; Diamond, 2013; von Bastian y Oberauer, 2013).

Así, la poca consistencia que muestran los planes de mejora cuidadosamente estructurados, nos hace sugerir que asumir un abordaje transversal de las funciones ejecutivas dentro del currículo preescolar, y no contar con actividades intencionadas para ello o bien no tener especificaciones de cómo trabajarlas, tiene pocas posibilidades de potenciar considerablemente el desarrollo de estas funciones. Por tanto, tal y como se señala en Rodino (2014), es necesario contar con un currículo explícito, con propósitos, objetivos y enfoques claros.

Basado en lo anterior, este trabajo pretende contribuir con el establecimiento de un marco de referencia para sustentar futuras aproximaciones empíricas que aborden el tema de las funciones ejecutivas dentro del ambiente preescolar. Con el fin de comprender la complejidad que conlleva el desarrollo de las funciones ejecutivas se describe el correlato neurobiológico que les subyace y se ofrecen algunos hallazgos desde las neurociencias que han contribuido a la redirección de esfuerzos hacia la búsqueda de una atención de calidad en la educación inicial (i.e., plasticidad, epigenética, periodos sensibles de desarrollo). Asimismo, se comparte evidencia que deja claro por qué el tema de las funciones ejecutivas cobra relevancia tanto en ambientes de aprendizaje como también en la vida cotidiana de niños y niñas.

Un marco de referencia para las Funciones Ejecutivas

El término funciones ejecutivas se ha empleado para englobar una serie de procesos cognitivos vinculados generalmente con una región cerebral conocida como la corteza prefrontal (CPF), y que se orientan al control de la acción (Best, Miller, y Jones, 2009). Algunos autores han propuesto diferenciar entre aspectos meramente cognitivos, denominados como la dimensión “fría” de las funciones ejecutivas, y aspectos de tipo afectivo, llamada dimensión “caliente” de las funciones ejecutivas (Metcafe y Mischel, 1999; Zelazo y Müller, 2002; Hendry et al., 2016). Las funciones ejecutivas frías están más relacionadas con la resolución de problemas abstractos y descontextualizados tales como la aplicación de reglas, mientras que las funciones ejecutivas calientes han sido relacionadas con la resolución de problemas pero que involucren regulación del afecto y la motivación, por ejemplo, el suprimir una

respuesta cargada emocionalmente hacia un objeto deseado (Zelazo, Qu y Müller, 2005).

En la actualidad se encuentran distintas propuestas teóricas sobre las funciones ejecutivas, cuyos modelos teóricos tratan de explicar cuáles son los componentes que las definen como constructo, o bien si estas habilidades responden a un constructo unitario o son componentes independientes (Miyake et al., 2000). Si bien las dimensiones de “frío y caliente” cuentan con mayor consenso en la literatura, el término de funciones ejecutivas alberga una amplia heterogeneidad en su definición y respecto a los procesos cognitivos que las componen.

Para efectos del presente trabajo asumimos la propuesta de Miyake y colaboradores (2000), dado que cuenta con abundante evidencia empírica en muestras de adultos jóvenes, escolares y preescolares (Davidson, Amso, Anderson, y Diamond, 2006; Huizinga, Dolan y van der Molen, 2006; Lehto, Juujärvi, Kooistra, y Pulkkinen, 2003). En su trabajo, Miyake y colaboradores (2000) proponen como funciones ejecutivas el desplazamiento de la atención entre tareas (en adelante *alternancia*), la inhibición de respuestas dominantes (en adelante *inhibición*; Baddeley, 1996; Logan, 1985; Smith y Jonides, 1999) y la actualización y monitoreo de las representaciones en memoria de trabajo¹ (en adelante *actualización*; Miyake et al., 2000).

La *alternancia* en primera instancia, refleja la habilidad que tiene una persona para desplazar rápidamente la atención de un criterio, regla o tarea a otra, a la hora de dar una respuesta (Ionescu, 2012). Por ejemplo, si se nos solicita comenzar a restar luego de haber realizado una serie de tres sumas (e.g., $2 + 5 = ?$, $3 + 3 = ?$, $7 + 3 = ?$, $6 - 4 = ?$), tendremos que cambiar el conjunto de reglas que aplicamos en la primera tarea para aplicar el conjunto de reglas que implica la segunda, desplazando así nuestra atención de una tarea a la otra. Si comparamos el tiempo de respuesta que nos toma realizar sólo un tipo de operaciones (e.g., $2 + 5 = ?$, $3 + 3 = ?$, $7 + 3 = ?$), con el tiempo de respuesta requerido para resolver una secuencia combinada con ambos tipos de operaciones (e.g., $2 + 5 = ?$, $6 - 3 = ?$, $4 + 3 = ?$), en este último se presentarán mayores tiempos de respuesta.

La diferencia entre los tiempos de respuesta en secuencias de una misma operación (i.e., $TR_{repetición}$) y los tiempos de respuesta de secuencias combinadas (i.e., $TR_{alternancia}$) reflejan el llamado *costo de alternancia* (i.e., $TR_{alternancia} - TR_{repetición} = \text{costo de alternancia}$). Se ha sugerido que el costo de alternancia se debe a que nuestro sistema cognitivo tarda más tiempo en recuperar una tarea diferente a la que se está ejecutando en ese momento. Se sugiere que las personas con un menor costo de alternancia reflejan mayor *flexibilidad cognitiva* (Meiran, 2010).

¹ Otros modelos de funciones ejecutivas no hacen distinción entre el concepto de actualización de las representaciones en memoria de trabajo y el de memoria de trabajo en general (e.g., Goldstein et al., 2014). Para los objetivos de esta revisión presentaremos hallazgos que involucran ambos componentes de la memoria de trabajo pues muchos estudios indican que es muy difícil diferenciarlos (e.g., Schmiedek, Hildebrandt, Lovdén, Wilhelm y Linderberger, 2009).

Por su parte, *la inhibición* se ha relacionado con la habilidad de inhibir respuestas dominantes pero inapropiadas (Miyake et. al. 2000), eliminar información que dejó de ser relevante, o bloquear el acceso de información irrelevante (Hasher, Zacks y May, 1999). Una de las tareas comúnmente utilizadas en la literatura que estudia la habilidad de inhibir respuestas dominantes durante la niñez es la tarea Stroop Sol-luna (Rodríguez Villagra, 2013). En esta, se le presenta al niño una lámina en la que aparece una serie de imágenes (i.e., lunas y soles) distribuidas aleatoriamente (ver figura 1). En la primera fase, cuando se señala cada una de las figuras, el niño debe decir “luna” o “sol” según corresponda. En la segunda fase, se evalúa el efecto de interferencia, al solicitarle al niño que cuando se señale la luna diga “sol” y cuando se señale un sol diga “luna” (ver figura 1B).

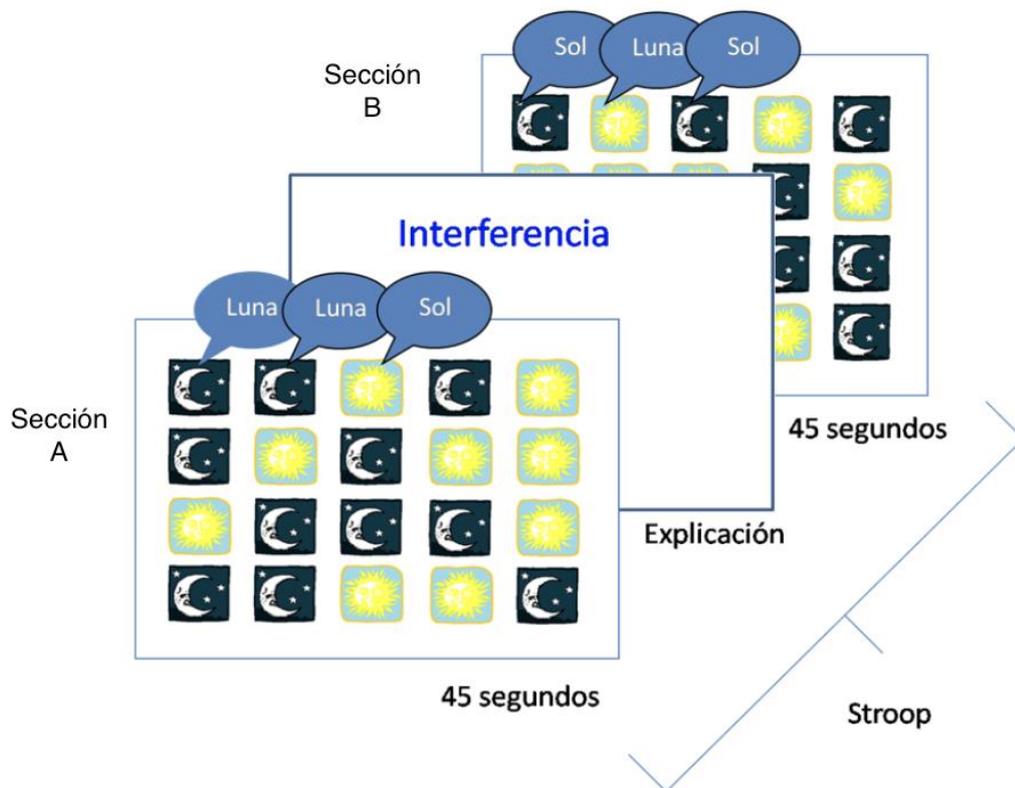


Figura 1. Representación esquemática del Stroop sol-luna. Los participantes son evaluados en dos fases de 45 segundos. Primero una fase para estimar el rendimiento del participante, luego una fase de explicación en la que al participante se le indica que en la fase siguiente debe decir “sol” cuando se señala a una luna y que debe decir “luna” cuando al participante se le señala un sol. Fuente: Rodríguez- Villagra (2013).

El efecto de interferencia radica en que la respuesta dominante (automática), en este caso decir el nombre de la figura señalada, compite con la instrucción de llamar a las figuras por el nombre contrario, por tanto, se espera un aumento en el tiempo de respuesta y la cantidad de errores en la nominación de los estímulos.

La tercera función ejecutiva que se propone, es la denominada *actualización y monitoreo en la memoria de trabajo* (Miyake et al., 2000). En general, la memoria de trabajo refiere a la capacidad de mantener y manipular información de manera simultánea (Oberauer, Süß, Wilhelm, y Sander, 2007). Esta capacidad involucra varios procesos, entre los cuales destaca la actualización. Esta última involucra la recuperación, transformación y sustitución de la información (Ecker, Lewandowsky, Oberauer y Chee, 2010), cualidades que caracterizan a la actualización como un componente ejecutivo.

Un ejercicio que nos permite ilustrar esta función ejecutiva es cuando intentamos calcular mentalmente el resultado de la operación $13 \times 3 + 5$. Una estrategia para resolver este ejercicio involucra *recuperar* únicamente la multiplicación (i.e., 13×3) y resolverla (i.e., transformación), sustituir la multiplicación por su resultado (i.e., 39) y finalmente sumarle 5 unidades al resultado de dicha multiplicación. Como lo ilustra el ejemplo es necesario actualizar la información en memoria de trabajo y sustituir (i.e., olvidar) la información que dejó de ser relevante. Múltiples estudios han demostrado que dicha función ejecutiva está relacionada con la inteligencia (Friedman et al., 2006; Miyake et al., 2000) y con la comprensión de lectura (Palladino, Cornoldi, De Beni y Pazzaglia, 2001).

Hasta ahora hemos caracterizado individualmente a cada una de las funciones ejecutivas contempladas en el modelo de Miyake et al. (2000); no obstante, estos procesos se interrelacionan y complementan durante la realización de actividades cognitivas complejas. De esta manera, conocer la forma en la que están relacionadas, así como su trayectoria de desarrollo, permitiría comprender mejor el aporte de cada una a la dinámica de los procesos cognitivos.

Al respecto, se ha propuesto que un factor común (Miyake et al., 2000) relacionado con procesos inhibitorios (Hall y Fong, 2015) o la habilidad de mantener y manejar objetivos orientados a la resolución de las tareas cognitivas es el factor común que les subyace (Miyake y Friedman, 2012). No obstante, esto no significa que las tres funciones sean en esencia el mismo tipo de proceso, ya que cada una está compuesta en parte por un tipo de procesamiento independiente a este factor común (Miyake et al., 2000; Miyake y Friedman, 2012). Específicamente, se ha encontrado evidencia de relaciones diferenciales entre las funciones previamente descritas y otras habilidades cognitivas. Por ejemplo, la actualización es el mejor predictor de habilidades de razonamiento en contextos académicos, mientras que los procesos ejecutivos inhibición y alternancia no se encuentran relacionados con medidas de inteligencia y razonamiento (Friedman, Miyake, Corley, Young, DeFries, Hewitt, 2006).

Un aspecto fundamental en el estudio de las funciones ejecutivas es su trayectoria de desarrollo a través del ciclo vital. Estudios que incluyeron niños y niñas de 4 a 13 años de edad (Davidson et al., 2006) y 8 a 13 años (Lehto et al., 2006) encontraron que es posible diferenciar entre las funciones ejecutivas inhibición, alternancia y memoria de trabajo. No obstante, un estudio que

empleó tareas de estas tres funciones ejecutivas en participantes con edades de 7, 11, 15 y 21 años mostró que únicamente en los primeros grupos de edad se evidenciaban factores que reflejaban memoria de trabajo y alternancia (Huizinga et al., 2006). Además, este mismo estudio indicó diferentes trayectorias de desarrollo para estos factores. Particularmente, los resultados del estudio de Huizinga et al. (2006) sugirieron que la alternancia se desarrolla hasta la adolescencia, mientras que la memoria de trabajo continúa desarrollándose hasta la adultez temprana.

Otras investigaciones apuntan a que durante los primeros años del desarrollo es más notable la existencia de un factor común de las funciones ejecutivas (Brydges, Fox, Reid, y Anderson, 2014), y que su diferenciación se hace más evidente en niños mayores y personas adultas (Miyake y Friedman, 2016). Las discusiones sobre este tipo de hallazgos contradictorios lo que han sugerido es que existe un empleo de tareas poco apropiadas para niños y niñas en edades preescolares, dado que estudios y teorías apoyadas en otras metodologías de evaluación (e.g., estudios observacionales, “teacher ratings”, etc...) sugieren que diversas funciones ejecutivas surgen desde los 5 años de edad (Naglieri y Goldstein, 2014). Esta situación deja una variedad de oportunidades de investigación y desarrollo de estrategias de evaluación en preescolares.

El ahondar en el estudio sobre las características de las funciones ejecutivas a lo largo del ciclo vital, ofrece un marco teórico robusto que permite comprender mejor los mecanismos que subyacen a su funcionamiento y a la vez generar herramientas para su evaluación, tanto a nivel conductual como a nivel de funcionamiento del sistema nervioso central. Con respecto a este último caso, ha sido posible establecer las principales zonas cerebrales y los procesos de maduración biológica asociados al repunte en desempeño de tareas que miden las funciones ejecutivas. En el siguiente apartado, detallaremos de forma somera los hallazgos asociados a este proceso de maduración del sistema nervioso central.

Aporte desde un marco de referencia neurocientífico.

A nivel internacional existe un gran interés por incorporar la evidencia neurocientífica a la práctica dentro del aula (Diamond, Barnett, Thomas, y Munro, 2007) con el objetivo de proporcionar mejores procesos educativos y de atención integral de niños y niñas desde su infancia temprana. Este interés no es ajeno a Costa Rica, tal y como se evidencia en el Programa de Estudio de Educación Preescolar 2014, en el que se hace referencia a la evidencia neurocientífica como uno de los fundamentos conceptuales del currículo.

A continuación, describimos someramente el correlato neurobiológico de las funciones ejecutivas, haciendo hincapié en los conceptos de plasticidad y de epigenética como elementos para comprender la relación entre el ambiente y la genética, interacción que actualmente suscita interés en el campo de la educación en general y de la educación inicial en particular.

A. Una perspectiva desde el neurodesarrollo

El neurodesarrollo o desarrollo del sistema nervioso, se da mediante la interacción de procesos sincronizados que inician durante el período de gestación y continúan durante la adultez (Leenrot y Greid, 2006). Las transformaciones necesarias para el desarrollo de este sistema implican cambios anatómicos y funcionales (Best y Miller, 2010; Flores-Lázaro et al, 2014) que varían según la edad y región cerebral, ya que algunas áreas maduran más temprano y con mayor velocidad que otras (Leenrot y Greid, 2006). Este patrón de maduración facilita que el aprendizaje y la práctica modulen la aparición paulatina de cambios flexibles en las secciones del encéfalo encargadas de dirigir comportamientos voluntarios (Tsujimoto, 2008), organizando así el sistema nervioso en función de la experiencia.

En las siguientes subsecciones nos daremos a la tarea de puntualizar algunos de los mecanismos que regulan y/o facilitan estos procesos de maduración, describiendo brevemente el concepto de periodos sensibles del desarrollo y detallando algunos de los mecanismos de plasticidad y epigenética que facilitan el mantenimiento de los cambios de sistema nervioso sustentados en la experiencia, esto con el fin de brindar a las(os) lectoras(res) un marco conceptual que permita comprender con mayor claridad el curso de desarrollo de las funciones ejecutivas y el impacto que la experiencia en edades tempranas puede ejercer en la expresión de éstas.

B. Periodos sensibles en lugar de periodos críticos

Los periodos críticos del desarrollo hacen referencia a ventanas temporales en las que de no exponerse a estímulos específicos podría impedirse el procesamiento de cierto tipo de información (Michel y Tyler, 2005). Por ejemplo, si se obstruye la visión de un ojo durante las primeras semanas de vida se deteriorará la capacidad de ese órgano para procesar información visual, pudiendo incluso provocar ceguera si la restricción se mantiene constante (Hübner y Wiesel, 1970).

Por décadas se intentó identificar periodos críticos asociados al desarrollo de habilidades como la escucha (Kral, 2013), la adquisición de lenguaje (Newport, 1990), el aprendizaje de una segunda lengua (Snow y Hoefnagel-Höhle, 1978.) y el desarrollo de comportamientos sociales complejos (Makinodan, Rosen, Ito, y Corfas, 2012). Sin embargo, ninguno de estos esfuerzos permitió identificar un solo período en el tiempo que determinara por completo el desarrollo de estos procesos.

Actualmente, la investigación en el área reconoce que existen *periodos sensibles* del desarrollo, que si bien no determinarán por completo las habilidades que se tenga en un área específica, sí representarán un período de crecimiento en el que la necesidad de que un evento ocurra es mayor (Michel y Tyler, 2005). Con esta información pretendemos llamar la atención de cuidadores y pedagogas(os), recalcando la importancia que tiene su interacción con las niñas y niños en formación durante la etapa preescolar, ya que en ese periodo se abren múltiples ventanas de desarrollo que resultan especialmente sensibles para la estructuración de procesos complejos como la interacción social (Aston-Jones y Edward, 2010), autoregulación emocional (Raver, 2004) y

precursores de la adquisición de lecto-escritura entre otros (Segers, Damhuis, van de Sande y Verhoeven, 2016) procesos que serán retomados en la sección “*Las funciones ejecutivas en contextos preescolares*”. Para ilustrar esta idea parafraseamos al filósofo John Bruer cuando dijo en una entrevista en el año 2007, quien afirma que lo que ocurre en etapas tempranas del desarrollo es importante y tiene un impacto probabilístico y no determinista sobre la persona, otras cosas que ocurren durante la vida son capaces de modificar o modular lo que ocurrió en esas etapas tempranas.

C. Plasticidad y Epigenética

La plasticidad hace referencia a la capacidad que tiene el sistema nervioso para adaptarse a los cambios del ambiente interno o externo (McEwen, 2009). Esta habilidad facilita que los individuos puedan modificar físicamente su sistema en función de su experiencia, tomando en cuenta tanto los estímulos que provee el ambiente como los estados internos del organismo (e.i. grado de estrés, estado nutricional, nivel azúcar en sangre; Chakravarthy y Curtin, 2011).

Para comprender en detalle de qué forma el sistema puede modificarse a través de las vivencias es necesario recordar los principios básicos de regulación del sistema nervioso. Éste sistema está compuesto por diferentes tipos de células, siendo una de las más estudiadas las células neuronales. Éstas células se comunican entre sí gracias a los puntos de conexión que existen entre neurona y neurona conocidos como *sinapsis* (Carlson, 2006). Precisamente, es en estos puntos de conexión en donde se generan de cambios asociados al aprendizaje derivado de la experiencia. En particular, se ha demostrado que la exposición repetida a un estímulo o experiencia facilita la comunicación entre neuronas si éstas se han activado conjuntamente al procesar ese evento (Malenka y Nicoll, 1999).

La comunicación sináptica se puede facilitar a través de diversos mecanismos, uno de estos es la *potenciación a largo plazo*, proceso que en su fase tardía cambia físicamente la forma y el alcance de las neuronas a través de mecanismos epigenéticos (Domjan, 2014). La epigenética hace referencia al estudio de modificaciones en la expresión de genes que no obedecen a una alteración de la secuencia del ADN y que son potencialmente heredables (Holliday, 2006). Es decir, estudia cómo cambios ambientales pueden aumentar o disminuir, la expresión de un gen particular sin modificar la estructura básica del material genético. En el caso específico de la plasticidad neuronal, la potenciación a largo plazo desencadena un proceso epigenético que permite que se aumente la expresión de genes que codifican el tipo proteínas que se requieren para modificar la estructura de las neuronas, facilitando con este proceso la materia prima necesaria para aumentar la prolongación neuronal (Lynch, 2004).

Por supuesto, el desarrollo de las funciones ejecutivas también está sujeto a modificaciones del sistema sustentadas en la experiencia. En la siguiente sección se sintetizarán algunos de los aspectos principales de la maduración del sistema nervioso que se han asociado con el repunte en el desempeño de funciones ejecutivas que se presenta durante el preescolar.

D. Las funciones ejecutivas en el cerebro infantil

El mejoramiento en el control del pensamiento y la acción que los niños y las niñas exhiben conforme incrementan la edad ha sido relacionado con el funcionamiento de la CPF. De manera que conocer los mecanismos cerebrales implicados en el desarrollo de esta área cortical es un paso fundamental para comprender su funcionamiento y desarrollo.

Aunque ninguna región cerebral trabaja de manera aislada, existen una serie de hallazgos asociados con la maduración de los lóbulos frontales que son centrales para entender la relación entre la CPF y las funciones ejecutivas (Gogtay et al. 2004). La maduración de los lóbulos frontales se da en dirección postero-anterior desde la corteza motora primaria hasta la CPF (Gogtay et al. 2004). En general, las áreas anatómicas-funcionales de los lóbulos frontales se encuentran relacionadas con el movimiento voluntario –la corteza de motora primaria–, con el almacenaje de comportamiento motor basado en experiencias previas –corteza premotora– y con el lenguaje expresivo –el opérculo frontal (Carlson, 2006). Particularmente, la CPF ha sido relacionada con el control y la coordinación de la secuencia de los patrones motores señalados anteriormente (Carlson, 2006; Gogtay et al. 2004).

Por otra parte, la llamada función ejecutiva caliente está asociada con el funcionamiento o activación de la corteza prefrontal ventromedial (CPF-VM) y está relacionada con la resolución de problemas que involucran la regulación del afecto y la motivación (Zelazo y Müller, 2002). Datos de estudios de neuroimagen y evidencia de daños en la CPF-VM han demostrado una asociación con el deterioro del desempeño en las pruebas de cambio de objetivo y extinción. Específicamente, se ha sugerido que la CPF-VM y la corteza orbito-frontal son necesarias para la representación flexible del valor reforzante de un estímulo (Rolls, 2004) y para el procesamiento de asociaciones aprendidas entre reacciones afectivas en escenarios específicos, los cuales juegan un papel muy importante y crucial en la toma de decisiones (Damasio, 1994).

Conforme avanza la edad, los niños y las niñas mejoran el desempeño en tareas que involucran el funcionamiento ejecutivo, la atención y la coordinación motora (Huttenlocker y Dabholkar, 1997). Ese mejor desempeño coincide con el hecho de que a los tres años y medio se da el punto máximo de sináptogenesis. Este último se refiere al establecimiento de nuevas conexiones entre neuronas y constituye uno de los mecanismos principales de maduración de la CPF (Gogtay et al. 2004). El proceso de maduración se mantiene hasta la adultez temprana (Tsujimoto, S. 2008).

La maduración de la CPF ha sido vinculada con la especialización en el control del pensamiento y la acción (Tsujimoto, S. 2008). Particularmente, la porción lateral de CPF juega un papel crítico en funciones ejecutivas, como la memoria de trabajo y la inhibición (Best y Miller, 2010; Miller y Cohen, 2001). Esta especialización coincide con varios estudios en los que se demuestra que entre los cinco y seis años de edad es más difícil establecer diferencias entre las distintas funciones ejecutivas pero que entre los ocho y nueve años de edad diferentes modalidades de memoria de trabajo e inhibición reclutan diferentes sistemas neuronales (Tsujimoto, S. 2008). Parece entonces que tal y como ocurre en otras regiones cerebrales (Edin et al, 2007) en la CPF hay un refinamiento de la conectividad neuronal que se inicia aproximadamente a los 4 años y que mejora a medida que se alcanzan los 7 años de edad (Tsujimoto et al, 2004).

Las funciones ejecutivas en contextos preescolares

Si bien, antes de iniciar la educación preescolar se muestran más comportamientos que suponen un nivel más básico de las funciones ejecutivas, en esas edades se presenta un mayor número de errores en la ejecución de tareas que las evalúan (Diamond, 2002). De modo que, es esperable que los primeros meses de educación preescolar representen para algunos niños y niñas un desafío respecto a las exigencias que se les plantean para el cumplimiento de los objetivos del currículo (McClelland, Cameron, Wanless, Murray, Saracho, y Spodek, 2007).

Los cambios a nivel de neurodesarrollo y comportamiento en edades preescolares conducen al despliegue de comportamientos cada vez más complejos y especializados (Diamond, 2013). De ahí que las niñas y los niños muestren una mayor capacidad para: a) identificar y regular emociones (McRae et al., 2012); b) ignorar estímulos atractivos pero irrelevantes para la situación en cuestión (Becker, Miao, Duncan, y McClelland, 2014); c) recordar instrucciones cada vez más complejas y precisas e incorporar sugerencias nuevas a lo propuesto por él o la docente (Amso, Haas, McShane, y Badre, 2014); y d) tomar diferentes perspectivas ante una misma situación o problema y en caso que se requiera implementar soluciones alternas (Diamond, 2013).

Desempeño académico en general

Las funciones ejecutivas además de contribuir con un incremento en la complejidad del comportamiento, han demostrado ser buenos predictores del desempeño académico a lo largo del desarrollo (Best, Miller, y Naglieri, 2011; Carlson, Zelazo, y Faja, 2013; Van der Sluis, de Jong, y Van der Leij, 2007), asociándose por ejemplo con el rendimiento de futuras habilidades de lectura (Nevo y Breznitz, 2011) y de resolución de problemas matemáticos (Swanson y Kim, 2007).

En un estudio longitudinal, realizado en nuestro país, encontramos que la capacidad de memoria de trabajo, evaluada durante el periodo preescolar, predice las notas de un grupo de estudiantes durante su primer grado escolar (Sibaja-Molina et al., en revisión). Para el periodo en el que se realizó el

estudio (i.e., 2008-2013) los componentes para la calificación de cada asignatura se desglosaban en: trabajo cotidiano (50%), trabajo extraclase (10%), pruebas (30%), concepto (5%) y asistencia (5%). Tomando en cuenta estos componentes, nuestros hallazgos sugieren que el valor predictivo de la capacidad de memoria de trabajo no sólo está relacionado con habilidades y conocimientos netamente académicos, sino que también se asocia con la buena adaptación de los niños y las niñas a la vida escolar (ver el recuadro 1).

Lectoescritura

Actualmente existe un sólido cúmulo de evidencia que relaciona a las funciones ejecutivas con las destrezas, el conocimiento y las actitudes que se desarrollan en torno a la lectura en sus primeras etapas de adquisición (i.e., alfabetización temprana; Foy y Mann, 2013; Shaul y Schwartz, 2014). Blair y Razza (2007) miden estas habilidades con tareas en las que preescolares deben reconocer el sonido de los segmentos de palabras, reconocer formas básicas y juzgar la cantidad de objetos presentes en una imagen. En este estudio, quienes tienen un mejor control ejecutivo reconocen con mayor facilidad las secciones de las palabras y logran reconocer más rápidamente figuras geométricas.

Estas habilidades emergentes son indispensables, especialmente si se toma en cuenta que la lectura mediará en gran medida la futura adquisición de muchos de los conocimientos en ambientes formales de aprendizaje. Por ello, un gran número de investigaciones se han dedicado a comprender cuáles habilidades están involucradas en el proceso de lecto-escritura, y sobre todo, cuáles variables pueden explicar las diferencias individuales que se presentan a lo largo de la adquisición de este proceso. Al respecto, se ha encontrado que las funciones ejecutivas logran predecir la habilidad para decodificar correctamente las letras en la edad preescolar (Segers et al., 2016), para la comprensión de lectura en la primaria (Nouwens, Groen, y Verhoeven, 2016), y para recordar lo leído en la adultez (Foroughi, Barragán, y Boehm-Davis, 2016). Respecto a esta relación, Segers et al. (2016) encontraron que puntuaciones altas en tareas de inhibición en edad preescolar se relacionan con un mejor desempeño en medidas de conciencia fonológica, la cual ha sido vinculada con la capacidad para la decodificación en el primer grado y con la comprensión lectora en el segundo grado escolar.

Desarrollo socioemocional

En el preescolar, niños y niñas comienzan a complejizar su comprensión de la interacción entre individuos, siendo capaces de predecir las emociones, los pensamientos, las creencias, los deseos y motivaciones de las otras personas (i.e., teoría de la mente; Wellman, Cross y Watson, 2001). Diferencias individuales en memoria de trabajo y control inhibitorio han sido asociadas con la teoría de la mente (Carlson y Moses, 2001; Keenan, Olson y Marini, 1998) y se ha sugerido que éstas funciones ejecutivas podrían facilitar o retrasar la emergencia de los diferentes componentes de la teoría de la mente (Bartsch y Estes, 1996). Asimismo, las funciones ejecutivas son uno de los mejores predictores de ajuste social, sugiriendo que quienes comprenden mejor los

estados mentales y emocionales de los otros, presentan un menor número de comportamientos agresivos y muestran con mayor facilidad la perspectiva requerida para el razonamiento empático (Capage y Watson, 2001; Riggs, Jahromi, Razza, Dillworth-Bart, y Mueller, 2006; Carlson, Moses, y Breton, 2002).

Este conjunto de datos indica que las funciones ejecutivas tienen un papel trascendental en el desarrollo, que abarca desde habilidades académicas muy específicas, hasta destrezas que inciden en la futura interacción de niños y niñas con su entorno.

Consideraciones finales

A lo largo de este trabajo, hemos desarrollado una serie de ideas que enfatizan por qué los primeros años de vida son tan relevantes y complejos. También hemos descrito el valor de factores ambientales y heredados en la configuración de las diferencias individuales que se observan. Así pues, esa información permite comprender la urgencia de establecer propuestas educativas que tomen en cuenta estos factores, para disminuir las brechas sociales que son evidentes en nuestro país desde edades tempranas (PEN, 2015); y que subsumen a muchos niños y niñas en condiciones de vulnerabilidad facilitándoles oportunidades de aprendizaje que contribuyan a ejercitar habilidades de control cognitivo como las funciones ejecutivas.

El nuevo programa de educación preescolar (MEP, 2014) representa un excelente primer esfuerzo en aras de incluir las funciones ejecutivas como un eje transversal de la educación preescolar. Sin embargo, con el fin de que éstas representen un contenido significativo dentro de los planeamientos, es necesario generar insumos que faciliten su incorporación de manera específica, que orienten sobre la forma de incorporar elementos en mediación pedagógica que propicien el ejercicio diario de las funciones ejecutivas a lo largo de los tres módulos de contenido que componen al nuevo programa.

Para acercarnos a este propósito, es necesario impulsar propuestas de evaluación curricular donde se logre operacionalizar el abordaje de las funciones ejecutivas, permitiendo generar evidencia sobre el tipo de actividades cotidianas en el preescolar que potencien su desarrollo. Ya en experiencias internacionales, se han desarrollado currículos (e.g., Tools of the Mind) que han mostrado cómo la implementación de un planeamiento deliberado e intencional orientado a promover las funciones ejecutivas tiene impactos positivos en el desarrollo cognitivo, emocional y social de niños y niñas en edad preescolar (Barnett, et al., 2008; Assel, Landry, Swank, y Gunnewig, 2007; Domitrovich, Cortes, y Greenberg, 2007; Diamond, Barnett, Thomas, y Munro, 2007).

La operacionalización mencionada previamente representa un primer paso para la implementación de procesos de evaluación sistemáticos y permanentes que permitan conocer los alcances del nuevo Programa de Estudio de Educación Preescolar. En el contexto de las funciones ejecutivas es necesario el desarrollo de investigaciones que evalúen el papel de las

funciones ejecutivas en el desempeño académico en el contexto escolar que además incluyan aspectos socioemocionales.

Ya desde edades preescolares se reflejan diferencias individuales que marcan puntos de partida distintos dentro de un mismo salón de clase. La dirección hacia la cual avanzar dependerá de la información disponible sobre los procesos de aprendizaje y desarrollo. Por ello, es imperativo realizar observaciones en el aula y sistematizar la información obtenida para contar con evidencia que nos permita, una vez que implementemos una práctica determinada, medir el impacto en nuestros contextos educativos. Desarrollar procesos de calidad es sin duda desafiante, sin embargo, es una inversión necesaria para generar oportunidades equitativas dentro de una sociedad desigual (Raudenbush, y Eschmann, 2015).

Referencias

- Amso, D. et al. 2014. Working memory updating and the development of rule-guided behavior. *Cognition*. 133 (1): Octubre, 201-210.
- Ardila, A. et al. 2005. The influence of the parents' educational level on the development of executive functions. *Developmental neuropsychology*. 28 (1): 539-560.
- Assel, M. et al. 2007. An evaluation of curriculum, setting, and mentoring on the performance of children enrolled in pre-kindergarten. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*. 20 (5): Julio, 463-494.
- Astington, J. et al. 2010. The development of theory of mind in early childhood. *Social Cognition in Infancy*. 5: Agosto, 16-24.
- Baddeley, A. D. 1996. Exploring the central executive. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A: 5-28.
- Barnett, W. S., Jung, K., Yarosz, D. J., Thomas, J., Hornbeck, A., Stechuk, R., & Burns, S. (2008). Educational effects of the Tools of the Mind curriculum: A randomized trial. *Early childhood research quarterly*, 23(3), 299-313.
- Barnett, W. S. et al. 2008. Educational effects of the Tools of the Mind curriculum: A randomized trial. *Early childhood research quarterly*. 23 (3): 299-313.
- Bartsch, K., y Estes, D. 1996. Individual differences in children's developing theory of mind and implications for metacognition. *Learning and Individual Differences*. 8 (4): Enero, 281-304.
- Bartzokis, G. et al. 2001. Age-related changes in frontal and temporal lobe volumes in men: a magnetic resonance imaging study. *Arch Gen Psychiatry*. 58 (5): Mayo, 461-5.
- Becker, D. R. et al. 2014. Behavioral self-regulation and executive function both predict visuomotor skills and early academic achievement. *Early Childhood Research Quarterly*. 29 (4): 411-424.
- Best, J. R. et al. 2009. Executive functions after age 5: Changes and correlates. *Developmental Review*. 29 (3): Septiembre, 180-200.
- Best, J. R. et al. 2011. Relations between executive function and academic achievement from ages 5 to 17 in a large, representative national sample. *Learning and individual differences*. 21 (4): Agosto, 327-336.
- Best, J. R., y Miller, P. H. 2010. A developmental perspective on executive function. *Child development*, 81 (6): Noviembre, 1641-1660.
- Blair, C., y Razza, R. P. 2007. Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child development*. 78 (2): Marzo - Abril, 647-663.
- Bourgeois, J. P. et al. 1994. Synaptogenesis in the prefrontal cortex of rhesus monkeys. *Cereb Cortex*. 4: Enero-Febrero, 78-96.
- Bruer J. (2007). Entrevista en Congreso Early Education and Human Brain Development, Chile 5 y 9 de Marzo 2007.
- Brydges, C. R., Fox, A. M. Reid, C. L., y Anderson, M. 2014. The differentiation of executive functions in middle and late childhood: a longitudinal latent-variable analysis. *Intelligence*, 47: 34-43.

- Capage, L., y Watson, A. C. 2001. Individual differences in theory of mind, aggressive behavior, and social skills in young children. *Early Education and Development*. 12 (4): 613-628.
- Carlson, N.R. 2006. *Physiology of behavior (8th Ed.)*. Pearson.
- Carlson, S. M. et al. 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): Mayo, 73-92.
- Carlson, S. M. et al. 2013. Executive function. Zelazo, P. D. *The Oxford handbook of developmental psychology, Vol 1: Body and Mind*. New York: Oxford University Press, 1, 706-743.
- Carlson, S. M., y Moses, L. J. 2001. Individual differences in inhibitory control and children's theory of mind. *Child Dev*. 72 (4): Julio – Agosto, 1032-1053.
- Casey, B. J. et al. 2005. Changes in cerebral functional organization during cognitive development. *Current Opinion in Neurobiology*. 15 (2): Abril, 239–244.
- Center on the developing child. (2014). Enhancing and Practicing Executive Function Skills with Children from Infancy to Adolescence. Recuperado de: <http://46y5eh11fhgw3ve3ytpwxt9r.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/05/Enhancing-and-Practicing-Executive-Function-Skills-with-Children-from-Infancy-to-Adolescence-1.pdf>.
- Chakravarthy et al. 2011. Stress-gradient plasticity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 108(38): Setiembre, 15716-15720.
- Damasio, A. R. (1994). *Descartes' error*. New Cork: Putnam.
- Davidson, M. C. et al. 2006. Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychologia*. 44 (11): Marzo, 2037-2078.
- Dekker, S. et al. 2012. Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology*. 3 (429): Octubre, 1-8.
- Diamond, A. 2002. Normal development of prefrontal cortex from birth to young adulthood: Cognitive functions, anatomy, and biochemistry. *Principles of frontal lobe function*: 466-503.
- Diamond, A. 2013. Executive functions. *Annual review of psychology*. 64: Junio, 135-168
- Diamond, A. et al. 2007. Preschool program improves cognitive control. *Science*. 318 (5855): Noviembre, 1387-1388.
- Diamond, A., y Lee, K. (2011). Interventions shown to aid executive function development in children 4 to 12 years old. *Science*. 333 (6045): Agosto, 959-964.
- Domitrovich, C. E. et al. 2007. Improving young children's social and emotional competence: A randomized trial of the preschool "PATHS" curriculum. *Journal of Primary Prevention*. 28 (2): Marzo, 67–91.
- Domjan, M., 2014. *The principles of learning and behavior*. Nelson Education.
- Ecker, U. K., Lewandowsky, S., Oberauer, K. y Chee, A. E. 2010. The components of working memory updating: An experimental decomposition and individual differences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36(1): 170-189.

- Fitzpatrick, C. et al. 2014. Do preschool executive function skills explain the school readiness gap between advantaged and disadvantaged children? *Learning and Instruction*. 30: Abril, 25-31.
- Flores-Lázaro, J. C. et al. 2014. Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología*. 30 (2): Mayo- Agosto, 463-473
- Foroughi, C. K. et al. 2016. Interrupted reading and working memory capacity. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*. En prensa.
- Foy, J. G., y Mann, V. A. 2013. Executive function and early reading skills. *Reading and Writing*. 26 (3): Marzo, 453-472.
- Friedman, N. et al. 2006. Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*. 17 (2): Febrero, 172-9.
- Friedman, N. y Miyake, A. 2016. Unity and diversity of executive functions: Individual differences as a window on cognitive structure. *Cortex*. En prensa.
- Giedd, J. N. et al. 1999. Brain development during childhood and adolescence: a longitudinal MRI study. *Nat Neurosci*. 2 (10): Octubre, 861–3.
- Gogtay, N. et al. 2004. Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of sciences of the United States of America*. 101(21): Mayo, 8174-8179.
- Goldstein, S. et al. 2014. Introduction: A history of executive functioning as a theoretical and clinical construct. Goldstein, S. y Naglieri, J. A. *Handbook of executive functioning*. Nueva York: Springer, 1, 3-12.
- Hall, P. A., y Fong, G. T. 2015. Temporal self-regulation theory: A neurobiologically informed model for physical activity behavior. *Front Hum Neurosci*. 9: Marzo, 117.
- Hasher, L. et al. 1999. Inhibitory control, circadian arousal, and age. Gopher, D., y Koriat, A. *Attention & Performance, XVII, Cognitive Regulation of Performance: Interaction of Theory and Application*. Cambridge: MIT Press, 1, 653-675.
- Hendry, A. et al. 2016. Executive function in the first three years of life: Precursors, predictors and patterns. *Developmental Review*. 42: Diciembre, 1-33.
- Holliday, R. 2006. Epigenetics: a historical overview. *Epigenetics*. 1(2): Abril, 76-80.
- Howard-Jones, P. 2014. Neuroscience and education: myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*. 15: Octubre, 817–824.
- Hübel, D. H., y Wiesel, I. N. 1970. The period of susceptibility to the physiological effects of unilateral eye closure in kittens. *J. Physiol*. 206 (2): Febrero, 419-436
- Huizinga, M. et al. 2006. Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*. 44 (11). Marzo, 2017-2036.
- Huttenlocher, P.R. 1990. Morphometric study of human cerebral cortex development. *Neuropsychologia*. 28(6): Setiembre, 517-527.
- Huttenlocher, P.R & Dabholkar, A.S. 1997. Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *The Journal of Comparative Neurology*. 387 (2): Octubre, 167–178.
- Imholz, S. et al. (2012). Teacher observations on the implementation of the tools of the mind curriculum in the classroom: Analysis of interviews conducted over a one-year period. *Creative Education*. 3(02): Abril, 185-192.

- Ionescu, T. 2012. Exploring the nature of cognitive flexibility. *New Ideas in Psychology*. 30: Agosto, 190–200.
- Keenan, T. Olson, D. R. y Marini, Z. 1998. Working memory and children's developing understanding of mind. *Australian Journal of Psychology*, 50: 76-86.
- Klingberg, T. 2014. Childhood cognitive development as a skill. *Trends in Cognitive Sciences*. 18 (11): Noviembre, 573-579
- Kral, A .2013. Auditory critical periods: a review from system's perspective. *Neuroscience*. 247: *Setiembre*, 117-133.
- Kroon T. et al. 2013. Investigating mechanisms underlying neurodevelopmental phenotypes of autistic and intellectual disability disorders: a perspective. *Frontiers in Systems Neuroscience*. 7 (75): Octubre 1-14.
- Lehto, J. E. et al. 2003. Dimensions of executive functioning: Evidence from children. *British Journal of Developmental Psychology*. 21 (1). Marzo, 59-80.
- Lenroot, R.K & Giedd, J.N. 2006. Brain development in children and adolescents: Insights from anatomical magnetic resonance imaging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 30:718–729.
- Logan, G. D. 1985. Executive control of thought and action. *Acta Psychologica*, 60: 193-210.
- Lynch, M.A.2004. Long-term potentiation and memory. *Physiological reviews*. 84(1): Enero, 87-136.
- Makinodan, M. et al. 2012. A critical period for social experience–dependent oligodendrocyte maturation and myelination. *Science*. 337(6100): 1357-1360.
- Malenka, R.C. and Nicoll, R.A., 1999. Long-term potentiation--a decade of progress?. *Science*. 285(5435): Enero, 1870-1874.
- Matsuzawa, J. et al. 2001. Age-related volumetric changes of brain gray and white matter in healthy infants and children. *Cereb. Cortex*. 11 (4): Abril, 335–342.
- McClelland, M. M. et al. 2007. Executive function, behavioral self-regulation, and social-emotional competence. Saracho, O. N. y Spodek, B. *Contemporary perspectives on social learning in early childhood education*. Carolina del Norte: Information Publishing Age, 1, 113-137.
- McEwen, B.S. 2009. Stress and neuronal plasticity. *Stress science: Neuroendocrinology*. 455-458.
- McRae, K. et al. 2012. The development of emotion regulation: an fMRI study of cognitive reappraisal in children, adolescents and young adults. *Social cognitive and affective neuroscience*. 7 (1): Enero, 11-22.
- Meiran, N. 2010. Task switching: mechanisms underlying rigid vs. Flexible self-control. Hassin, R. Ochsner, K. y Trope, Y. *Self control in society, mind, and brain*. New York: Oxford University Press, 202-220.
- Melby-Lervåg, M. et al. 2016. Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of “far transfer”: Evidence from a meta-analytic review. *Perspectives on Psychological Science*. 11 (4): Julio, 512-534.
- Metcafe, J. et al. 1999. A hot/cool-system analysis of delay gratification: Dynamics of willpower. *Psychological Review*. 106 (1): Enero, 3-19.

- Michel, G. F., y Tyler, A. N. 2005. Critical Period: A History of the transition from questions of when, to what, to how. *Dev Psychobiol.* 46 (3): Abril. 156–162.
- Miller, E. K. et al. 2001. An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annu Rev Neurosci.* 24: Enero, 167–202.
- Ministerio de Educación Pública (MEP). (2014). Programa de estudio educación preescolar (ciclo materno infantil. Grupo Interactivo II. Ciclo Transición). San José: Ministerio de Educación Pública.
- Miyake, A. et al. 2000. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology.* 41 (1): Agosto, 49-100.
- Miyake, A. et al. 2012. The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Curr Dir Psychol Sci.* 21 (1): Febrero, 8-14.
- Moffitt, T. E. et al. 2011. A gradient of childhood self-control predicts health, wealth, and public safety. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 108 (7): Febrero, 2693-2698.
- Naglieri, J. A. y Goldstein, S. (2014). Assessment of executive function using rating scales: Psychometric considerations. En S. Goldstein y J.A. Naglieri, J.A. (Eds). *Handbook of Executive Functioning.* Springer: New York.
- Nevo, E. et al. 2011. Assessment of working memory components at 6 years of age as predictors of reading achievements a year later. *Journal of Experimental Child Psychology.* 109 (1): Mayo, 73–90.
- Newport, E.L. 1990. Maturation constraints on language learning. *Cognitive science.* 14(1): Enero, 11-28.
- Nouwens, S. et al. 2016. How storage and executive functions contribute to children's reading comprehension. *Learning and Individual Differences.* 47: Abril, 96-102.
- Oberauer, K. et al. 2007. Individual differences in working memory capacity and reasoning ability. Conway, A. R., Jarrold, C. E., Kane, M. J., Miyake, A., & Towse, J. N. *Variation in working memory.* Inglaterra: Oxford University Press, 1, 49-75.
- Palladino, P. et al. 2001. Working memory and updating processes in reading comprehension. *Memory and Cognition.* 29 (2): Marzo, 344-54.
- PEN. 2011. Estado de la Educación. Capítulo 2: Educación Preescolar en Costa Rica. San José: Programa Estado de la Nación.
- PEN. 2015. Estado de la Educación. San José, Programa Estado de la Nación.
- Raudenbush, S. W., y Eschmann, R. D. 2015. Does schooling increase or reduce social inequality? *Annual Review of Sociology.* 41: Agosto, 443-470.
- Raver, C.C. 2004. Placing emotional self-regulation in sociocultural and socioeconomic contexts. *Child development.* 75(2): Marzo, 346-353.
- Riggs, N. R. et al. 2006. Executive function and the promotion of social-emotional competence. *Journal of Applied Developmental Psychology.* 27 (4): Julio – Agosto, 300-309.
- Rodino, A. 2014. El currículo de la educación preescolar. Ponencia preparada para el Quinto Informe Estado de la Educación. San José: PEN.

- Rodriguez Villagra, O. 2013. Inteligencia maquiavélica: un estudio exploratorio en niños de 4 a 8 años de edad. Tesis para optar por el grado de Maestría en Ciencias Cognoscitivas. Universidad de Costa Rica.
- Rommelse, N. et al. 2011. A review on cognitive and brain endophenotypes that may be common in autism spectrum disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder and facilitate the search for pleiotropic genes. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. 35(6): Mayo, 1363–1396.
- Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, 55, 11-29.
- Sarsour, K. et al. 2011. Family socioeconomic status and child executive functions: the roles of language, home environment, and single parenthood. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 17 (01): Noviembre, 120-132.
- Schmiedek, F., Hildebrandt, A., Lovdén, M., Wilhelm, O. y Linderberger, U. 2009. Complex span versus updating tasks of working memory: the gap is not that deep. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 35: 1089-1096.
- Segers, E. et al. 2016. Role of executive functioning and home environment in early reading development. *Learning and Individual Differences*. 49: Julio, 251-259.
- Shaul, S., y Schwartz, M. 2014. The role of the executive functions in school readiness among preschool-age children. *Reading And Writing: An Interdisciplinary Journal*. 27 (4): Abril, 749-768.
- Sibaja-Molina, J., Sánchez-Pacheco, Padilla-Mora, M., Alfaro-Rodríguez, R., Fornaguera-Trías, Rodríguez-Vilagra, O. A. En revisión. Memoria de trabajo, inteligencia fluida y su relación con el rendimiento académico en primer grado de escolaridad.
- Smith E. E., y Jonides, J. 1999. Storage and executive processes in the frontal lobes. *Science Compass*. 283: Marzo, 1657-1661.
- Snow, C.E. et al. 1978. The critical period for language acquisition: Evidence from second language learning. *Child development*. 1: Diciembre, 1114-1128.
- Stoneham et al. 2010. Rules of engagement: factors that regulate activity-dependent synaptic plasticity during neural network development. *The Biological Bulletin*. 219(2): Octubre, 81-99.
- Swanson, L., y Kim, K. 2007. Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence*. 35 (2): Marzo – Abril, 151–168.
- Tsujimoto S. et al. 2004. Prefrontal cortical activation associated with working memory in adults and preschool children: an event-related optical topography study. *Cereb Cortex*. 14: Abril, 703–12.
- Tsujimoto, S. 2008. The prefrontal cortex: Functional neural development during early childhood. *Neuroscientist*. 14 (4): Mayo, 345–358.
- Van der Sluis, S. et al. 2007. Executive functioning in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic. *Intelligence*. 35 (5): Septiembre – Octubre, 427-449.
- Volpe, J. J. 2000. Overview: Normal and abnormal human brain development. *Developmental Disabilities Research Reviews*. 6 (1): Marzo, 1-5.

- von Bastian, C. E. et al. 2013. Effects and mechanisms of working memory training: A review. *Psychological Research*. 78 (6): Noviembre, 803-820.
- Wellman, H. M. et al. 2001. Meta-analysis of theory-of-mind development: the truth about false belief. *Child development*. 72 (3): Junio, 655-684.
- Zelazo, P. et al. 2005. Hot and cool aspects of executive function: relations in early development. Schneider, W., Schumann-Hengsteler, R., & Sodian, B. *Young Children's cognitive development: interrelationships among executive functioning, working memory, verbal ability and theory of mind*. London: Lawrence Erlbaum Associates, 1, 71-93.
- Zelazo, P., & Müller, U. 2002. Executive function in typical and atypical development. Goswami, U. *Handbook of childhood cognitive development*. Malden: Blackwell Publishing. 1: Noviembre, 445-469.

El papel de la Capacidad de Memoria de Trabajo y la Inteligencia Fluida en las Calificaciones Escolares.

Johanna Sibaja-Molina, Tracy Sánchez-Pacheco, Michael Padilla-Mora, Rosemary Alfaro-Rodríguez, Jaime Fornaguera-Trías y Odir Antonio Rodríguez-Villagra

Universidad de Costa Rica

Introducción

La capacidad de memoria de trabajo, entendida como la cantidad máxima promedio de representaciones mentales que una persona puede mantener y manipular simultáneamente, ha sido relacionada con la habilidad de interactuar en contextos sociales (Thornton & Conway, 2013), y con procesos de aprendizaje académico (Alloway & Alloway, 2010). La inteligencia fluida por su lado, se ha relacionado con la formación de conceptos, la prueba de hipótesis, la transformación de información (Kvist & Gustafsson, 2008) en contextos complejos y novedosos en los que la experiencia previa y conocimientos adquiridos son de poca utilidad (Chuderski, 2013). Estos hallazgos nos permitieron considerarlas como indicadores tempranos de las calificaciones de las niñas y los niños durante su primer grado de escolaridad.

En un estudio longitudinal examinamos si la capacidad de memoria de trabajo y la inteligencia fluida, evaluadas durante el periodo preescolar, predicen el promedio de las calificaciones de las y los estudiantes en las materias básicas en su primer año escolar.

Metodología

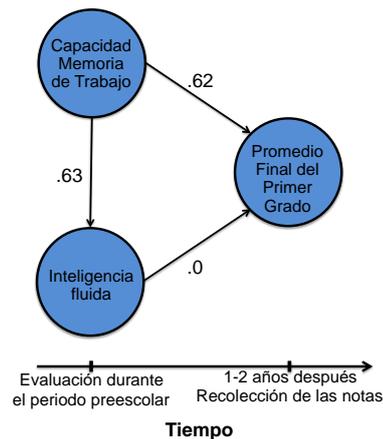
Participantes. La investigación incluyó medidas de capacidad de memoria de trabajo e inteligencia fluida de 132 participantes (65 niños y 67 niñas). Al momento de la evaluación los niños tenían una edad promedio de 5.93 años ($DT = 0.5$ años) y las niñas tenían una edad promedio de 5.87 años ($DT = 0.52$). Los estudiantes pertenecían a tres centros de educación preescolar públicos, ubicados en los cantones de la provincia de San José (Costa Rica), a saber: Vázquez de Coronado, Tibás, Montes de Oca y San José. Las y los estudiantes fueron reclutado(a)s con la colaboración de las docentes de los grupos preescolares y contaban con consentimiento informado de la persona cuidadora, hablaban español como lengua materna, presentaban condiciones de desarrollo típico y no tenían historial de problemas de aprendizaje. Aproximadamente dos años posterior a su evaluación, se obtuvo el promedio anual de las notas de las niñas y los niños en su primer grado.

Instrumentos. El estudio incluyó pruebas de capacidad de memoria de trabajo, a saber, dígitos hacia atrás (Wechsler & Stone, 1987) y la tarea llamada señalamiento auto-ordenado (Archibald & Kerns, 1999). Las tareas de dígitos hacia atrás consiste en escuchar y recordar una secuencia de números (e.g., 4, 1, 9, 3) y luego reportarla en orden inverso (e.g., 3, 9, 1, 4). La tarea señalamiento auto-ordenado se divide en dos secciones: fase A y fase B. La primera fase está compuesta por 6 láminas, cada una con 6 figuras que representan juguetes. Cada lámina incluye las mismas figuras pero distribuidas de distinta manera en el espacio. La tarea de la o del participante consiste en señalar una figura diferente en cada lámina, ya que de lo contrario se califica como un error. Para la evaluación de la inteligencia fluida se eligió la Escala 1 Factor g para niños de 4 a 8 años. Esta escala incluye cuatro subpruebas que evalúan habilidades de sustitución de símbolos, la clasificación de objetos, la solución de laberintos y la detección de semejanzas entre diferentes objetos.

Análisis de estadístico. Los datos fueron analizados en el marco del modelamiento de ecuaciones estructurales y se evaluaron dos hipótesis. La primera hipótesis propuso que la capacidad de memoria de trabajo predice la inteligencia fluida y el promedio de las calificaciones en el primer grado de escolaridad. La segunda hipótesis sostuvo que puntuaciones en la prueba de inteligencia fluida predicen las calificaciones obtenidas en el primer grado escolar.

Resultados

La Figura 1 es una representación gráfica de algunos de los resultados arrojados por el modelo de ecuaciones estructurales. Los círculos representan los constructos indicados en el texto, las flechas indican el efecto de un constructo sobre otro y los números asociados a cada flecha muestran la magnitud (i.e., tamaño) de dicho efecto. El análisis de datos muestra que la capacidad de memoria de trabajo, evaluada durante la edad preescolar, predice tanto las notas escolares como las puntuaciones en la prueba de inteligencia fluida. No obstante, las puntuaciones en esta última variable no predicen las calificaciones de las y los estudiantes en las materias básicas en su primer año escolar.



Conclusiones

Nuestro hallazgo principal indica que la capacidad de memoria de trabajo, pero no la inteligencia fluida, es un excelente predictor de las calificaciones escolares. Estos resultados nos permiten suponer que dicha relación podría sustentarse en procesos de selección, mantenimiento y actualización de la información en memoria de trabajo (Primi, et al., 2010), que facilitan los procesos de consolidación de la información en memoria a largo plazo (Unsworth, Brewer, & Spillers, 2012). Los criterios de evaluación que componen las calificaciones escolares (i.e., trabajo cotidiano, trabajo extraclase, pruebas, concepto y asistencia), creemos que tenemos suficiente evidencia para proponer que la capacidad de memoria de trabajo es importante para un buen ajuste a las demandas que se ven sometidos las y los estudiantes en sus respectivos contextos educativos.

Referencias

- Alloway, T. P., & Alloway, R. G. (2010). Investigating the predictive roles of working memory and IQ in academic attainment. *Journal of Experimental Child Psychology, 106*(1), 20-29. doi:10.1016/j.jecp.2009.11.003
- Archibald, S. J., & Kerns, K. A. (1999). Identification and description of new test of executive functioning in Children. *Child Neuropsychology, 5*(2), 115-129. doi: 10.1076/chin.5.2.115.3167
- Chuderski, A. (2013). When are fluid intelligence and working memory isomorphic and when are they not? *Intelligence, 41*(4), 244-262. doi:10.1016/j.intell.2013.04.003
- Kvist, A. V., & Gustafsson, J. E. (2008). The relation between fluid intelligence and the general factor as a function of cultural background: A test of Cattell's investment theory. *Intelligence, 36*(5), 422-436. doi:10.1016/j.intell.2007.08.004
- Primi, R., Ferrão, M. E., & Almeida, L. S. (2010). Fluid intelligence as a predictor of learning: A longitudinal multilevel approach applied to math. *Learning and Individual Differences, 20*(5), 446-451. doi:10.1016/j.lindif.2010.05.001
- Thornton, M., & Conway, A. (2013). Working memory for social information: Chunking or domain-specific buffer? *NeuroImage, 70*, 233-239. doi:10.1016/j.neuroimage.2012.12.063
- Unsworth, N., Brewer, G., & Spillers, G. (2012). Variation in cognitive failures: An individual differences investigation of everyday attention and memory failures. *Journal of Memory and Language, 67*(1), 1-16. doi:10.1016/j.jml.2011.12.005
- Wechsler, D., & Stone, C. P. (1987). *Wechsler Memory Scale - Revised*. New York: The Psychological Corporation. doi: 10.1016/j.lindif.2012.10.007

Las Funciones Ejecutivas en el contexto del aula preescolar

1. La práctica repetida en contextos cotidianos es la clave: Los currículos que han mostrado mejoras retan a las funciones ejecutivas a lo largo de todo el día, incluyéndolas en todas las actividades no sólo en un módulo. Mejorar la funciones ejecutivas es un proceso que se ve potenciado al contemplar la inclusión de aspectos del desarrollo social, emocional y físico (Diamond, 2013; Diamond, Barnett, Thomas, & Munro, 2007; Diamond & Lee, 2011).

2. La mediación pedagógica es fundamental para la organización del pensamiento: Las intervenciones que han presentado mayor éxito en el aumento del rendimiento en tareas de funciones ejecutivas en edad preescolar enfatizan el rol de las y los maestros como guías de aprendizaje, instándoles a prestar cuidado especial en los procesos de interacción que toman lugar durante las actividades (Barnett, Jung, Yarosz, Thomas, Hornbeck, Stechuk & Burns, 2008; Imholz & Petrosino, 2012). Como facilitadoras(es) es necesario preguntarse : ¿De qué forma podemos mediar las actividades para que el niño aprenda a organizar su pensamiento de una manera más clara?

3. Evidenciando las prácticas que promueven la autoregulación cognitiva: Textos dirigidos a brindar herramientas para mediar los procesos de aprendizaje en preescolares (Center for the Developing Child, 2015) recomiendan centrarse en actividades que faciliten la auto-regulación de las y los niños. Como por ejemplo: permitirles realizar planes detallados de las actividades que van a hacer durante el día identificando los objetivos de cada paso, instarles a monitorear su desempeño en voz alta y recordarse a sí mismos los pasos que fueron propuestos inicialmente cuando se enfrenten a dificultades, iniciar círculos de cuenta cuentos en los que las y los pequeños se encarguen de ensamblar una sola historia en colaboración con sus compañeros de grupo.
