

Desarrollo evolutivo del funcionamiento ejecutivo y su relación con el aprendizaje escolar

*Evolutionary development of executive function and its relationship
with school learning*

Celina Graciela Korzeniowski¹
CONICET
Universidad del Aconcagua

Resumen

Diversas investigaciones han puesto de manifiesto cómo el desarrollo del funcionamiento ejecutivo promueve el rendimiento escolar, pero muy pocas han estudiado los efectos de la escolarización en las capacidades ejecutivas. En este trabajo se analiza la relación entre funcionamiento ejecutivo y aprendizaje escolar, integrando aportes de las neurociencias con la educación. Los objetivos propuestos son: 1) examinar las concepciones actuales sobre el funcionamiento ejecutivo; 2) analizar el desarrollo evolutivo de estas funciones, puntualizando en los períodos sensibles; 3) explorar la relación entre el aprendizaje escolar y el desarrollo ejecutivo. Se concluye que la lenta adquisición de las funciones ejecutivas, crea varios períodos sensibles a través de los cuales pueden ser estimuladas y promovidas, por medio de las experiencias que implica el aprendizaje escolar.

Abstract

Several research works have highlighted the development of executive function as fostering school performance. However, only a few have assessed the effects of schooling on executive capacities. The relationship between executive function and learning at school is analyzed here, incorporating the contributions of neurosciences to education. The main goals are:

Fecha recepción: 14/10/10 – Fecha aceptación: 06/04/11

Correspondencia: Graciela Korzeniowski

Universidad del Aconcagua

e-mail: ckorzeniowski@mendoza-conicet.gob.ar

1) To assess the present conceptions of executive function; 2) To assess the evolutionary development of these functions, emphasising the sensitive periods; 3) To explore the link between school learning and executive development. We conclude that the slow acquisition of executive function produces sensitive periods when they can be stimulated and promoted by means of experiences within school learning.

Palabras clave: Funciones ejecutivas, Aprendizaje escolar, Desarrollo evolutivo, Educación.

Key words: Executive Function, School Learning, Evolutionary Development, Education

Introducción

Las funciones ejecutivas constituyen un concepto complejo dentro de la literatura neuropsicológica. Su estudio supone integrar los aportes de la psicología con las neurociencias.

Las investigaciones actuales con neuroimágenes se han focalizado en identificar los componentes esenciales del funcionamiento ejecutivo y su correspondiente sustrato neuroanatómico, con el fin de llegar a una integración conceptual. Este aspecto tiene una gran relevancia teórica y metodológica, el cual debe ser analizado en cualquier estudio que pretenda abordar la temática.

Por otra parte, el empleo de las neuroimágenes ha permitido conocer con mayor precisión su desarrollo evolutivo, identificando cambios en la morfología y fisiología de las áreas prefrontales.

El desarrollo de las funciones ejecutivas se extiende desde el primer año de vida hasta la adolescencia tardía, y debe considerárselo como un proceso de múltiples estados, con diferentes funciones madurando en diferentes momentos (Cassandra & Reynolds, 2005). La multiplicidad de estados hace referencia a la existencia de diversos períodos sensibles (Armstrong et al., 2006). Éstos son ventanas de tiempo en las cuales la plasticidad cerebral está incrementada, posibilitando que el funcionamiento ejecutivo sea promovido por la experiencia. Una revisión de la literatura (Cassandra & Reynolds, 2005; Portellano Pérez, 2005) sobre el tema, marca la existencia de 3 períodos sensibles, uno entre los 6 y 8 años, otro entre los 10 y 12 años y el último, entre los 15 y los 19 años.

Estos períodos coinciden con la etapa de escolarización, por lo que resulta interesante analizar la relación entre el desarrollo del funcionamiento ejecutivo y el aprendizaje escolar. Numerosos estudios (Clair-Thompson & Gathercole, 2006; McClelland et al., 2007) han puesto de manifiesto que las capacidades ejecutivas promueven un buen rendimiento académico, pero muy pocos han estudiado el impacto de las experiencias de escolarización en el desarrollo ejecutivo. Este trabajo pretende abordar esta problemática, siendo sus objetivos: 1) examinar las concepciones actuales sobre el funcionamiento ejecutivo; 2) analizar el desarrollo evolutivo de estas funciones, puntualizando en los períodos sensibles; 3) explorar la relación entre las experiencias de aprendizaje escolar y el desarrollo ejecutivo.

***Modelos teóricos actuales sobre el funcionamiento ejecutivo:
el aporte de las neurociencias.***

Las funciones ejecutivas son actividades mentales complejas que se ponen en marcha en situaciones en las que el sujeto debe realizar una acción finalística, no rutinaria o poco aprendida, que exige inhibir respuestas habituales, requiere planificación de la conducta y toma de decisiones (Sánchez Carpintero & Narbona, 2004). Describen un set de habilidades cognitivas que controlan y regulan los comportamientos necesarios para alcanzar metas. Son funciones de alto orden que mantienen una relación jerárquica con las capacidades cognitivas básicas como la atención y la memoria, ejerciendo un control y supervisión sobre su funcionamiento para adecuarlo al logro de objetivos, seleccionando acciones y pensamientos que trascienden e integran temporalmente la información (Marino, 2010).

Este proceso de control se apoya en observaciones neuroanatómicas sobre la organización jerárquica de la corteza humana, donde existe una zona de integración localizada en las áreas prefrontales, que recibe aferencias del resto del sistema nervioso y envía información de control sobre la corteza posterior y subcorteza (Fuster, 2001). Esto ha motivado la identificación de las funciones ejecutivas con la actividad prefrontal, sin embargo es importante reconocer las conexiones recíprocas de esta zona con áreas corticales y subcorticales.

Históricamente, el estudio de las funciones ejecutivas se ha relacionado con su sustrato neural. Las investigaciones pioneras en la temática comen-

zaron a partir de la evaluación neuropsicológica de pacientes con lesiones frontales, como el conocido caso de Phineas Gage. Estos pacientes presentaban problemas en el control y la regulación del comportamiento. En su evaluación se utilizaron tests como el Wisconsin Card Sorting Test, la Torre de Londres, el Stroop, los cuales fueron las primeras herramientas para estudiar la organización y el rol de las funciones ejecutivas. Como resultado de estas investigaciones se elaboraron diversos modelos teóricos, los cuales se conocen como “modelos clásicos”, entre ellos se pueden consignar los desarrollos de Luria (1974) y Norman y Shallice (1986). Siguiendo a Marino (2010) y Tirapu-Ustarróz et al. (2002) se describen las características centrales de estos modelos.

El neuropsicólogo ruso Alexander Luria (1974) fue el primero en caracterizar las funciones ejecutivas, aunque no utilizó específicamente este término. En sus estudios sobre las unidades funcionales del cerebro, destacó el importante rol del lóbulo frontal y muy especialmente de las zonas prefrontales del córtex, en la programación, control y verificación de la actividad mental. Integrando los aportes de Vygostki sobre el desarrollo de las funciones psicológicas superiores, señaló la participación estrecha del lenguaje en este proceso de regulación de la actividad mental. Su trabajo de síntesis teórica y recopilación de datos empíricos, brindó un conjunto de conocimientos sobre los cuales se elaboraron nuevas investigaciones. Este es el caso de Lezak (1982) quien acuñó por primera vez el término funciones ejecutivas para diferenciar a esta actividad mental compleja, de las funciones cognitivas básicas como la memoria y la atención. Esta autora conceptualizó las funciones ejecutivas como un proceso que comienza con la formulación de objetivos, la planificación de la conducta para satisfacerlos y luego la ejecución efectiva de la misma. Su aporte es destacar el aspecto finalístico enfatizando que estas funciones permiten a la persona realizar actividades eficaces, constructivas, creativas y productivas.

Otros antecedentes importantes desde la perspectiva de la psicología cognitiva, son los trabajos de Baddeley y Hitch (1974) y Goldman-Rakic (1984) sobre la memoria de trabajo, y los aportes de Norman y Shallice (1986) sobre el Sistema Atencional Supervisor (SAS).

Baddeley y Hitch (1974) conceptualizaron la memoria de trabajo como un sistema que mantiene y manipula temporalmente la información y la fragmentaron en tres componentes: el ejecutivo central, el bucle fonológico y

la agenda visuoespacial. El ejecutivo central es un sistema atencional que controla y dirige a los otros dos sistemas subsidiarios. Goldam-Rakic (1984) propone una nueva comprensión de la memoria de trabajo que se basa en la arquitectura funcional del córtex prefrontal. La autora plantea la existencia de una red neural independiente para cada subsistema de la memoria trabajo, en donde el procesamiento del ejecutivo central sería el resultado de la interacción de estas redes que operan paralelamente pero de manera interconectada, para dar lugar a una conducta compleja (Tirapu-Ustarróz et. al, 2002).

Paralelamente a esta descripción del ejecutivo central, Norman y Shallice (1986) presentaron un modelo teórico de la atención, en el cual sostienen que todo comportamiento humano es mediatizado por esquemas mentales, que permiten especificar los inputs sensoriales y regular las respuestas. El SAS sería un esquema mediador de alto nivel que se pondría en juego frente a tareas novedosas o altamente complejas, donde no existe una solución conocida y es necesario inhibir respuestas habituales, planificar y tomar decisiones. Las fallas en el SAS se manifiestan en conductas perseverativas, rigidez, impulsividad y distracción (Tirapu-Ustarróz et al., 2002).

Finalmente, es necesario destacar el trabajo de Fuster (1989) sobre el córtex prefrontal, a través del cual incorporó la noción de estructuración temporal en el funcionamiento ejecutivo (Marino, 2010). Esta estructuración se lleva a cabo mediante la coordinación de tres funciones: una función retrospectiva de memoria de trabajo, una función prospectiva de planificación, y una función de control y supresión de las interferencias. Según este autor, cuando estos procesos trabajan en forma simultánea se asegura una correcta integración de los planes de acción a lo largo del tiempo (Fuster, 2001).

Esta diversidad de modelos teóricos que generó un monto significativo de conocimientos, dio lugar a una gran variedad de definiciones y clasificaciones del término funcionamiento ejecutivo. Actualmente, bajo este constructo se describen una pluralidad de habilidades como: establecimiento de metas, planificación, ejecución eficiente, focalización de la atención, concentración, generación de estrategias, monitoreo, feedback, resolución de problemas, pensamiento abstracto, formulación de hipótesis, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo, control emocional, etc. Se han realizado intentos de agrupación bajo diferentes criterios de clasificación. Algunos autores hablan de funciones frías y cálidas (Hongwanishkul et al., 2005; Metcalfe & Mischel, 1999; Zelazo & Müller, 2002), otros de dinámicas y estratégicas (Huettel et al., 2004),

y otros las clasifican según sus bases neuroanatómicas (Bechara et al., 2000; Robbins & Arnsten, 2009).

La falta de unificación de estas clasificaciones en una base teórica compartida ha dado lugar a la pluralidad semántica del término (Marino, 2010), lo que se constituye en un verdadero obstáculo para su evaluación. Esta problemática es la meta de las investigaciones actuales, las cuales pretenden reducir esta pluralidad identificando los componentes básicos o esenciales del funcionamiento ejecutivo con miras a alcanzar una integración conceptual.

En la presente década ha habido un rápido progreso en el logro de este propósito debido principalmente a la interrelación de dos senderos de investigación (Aron, 2008). El primero hace referencia al desarrollo de paradigmas de la psicología experimental que proveen medidas más precisas de las funciones ejecutivas, que los “tests clásicos”. El otro sendero, lo constituye el avance en las técnicas de neuroimágenes que permiten identificar los correlatos neurales del funcionamiento ejecutivo.

Los modelos teóricos propuestos por Aron (2008), Koechlin y Summerfield (2007) y Rueda, Posner y Rothbart (2005) son algunos de los trabajos más recientes en la temática.

El modelo ejecutivo del procesamiento de la información de Koechlin y Summerfield (2007) postula que las funciones ejecutivas pueden ser subdivididas en un proceso de control jerárquicamente ordenado. Estos autores fraccionan el control cognitivo en sensorio motor, contextual, episódico y estratificado, cuyo sustrato es una red de regiones cerebrales que se extiende a lo largo del axis rostro caudal del córtex prefrontal dorso lateral y el córtex premotor. El control estratificado estaría en la cúspide de la jerarquía de los procesos de control cognitivo, ubicándose en la parte más rostral del axis mencionado. Este control permite que una tarea o comportamiento sea temporalmente interrumpida y mantenida en un estado pendiente, mientras que otra está siendo realizada, y/o revertir el proceso a la tarea pendiente. En síntesis, se trata de un *modelo en cascada* que permite comprender el fraccionamiento y la integración funcional del córtex prefrontal dorsolateral (PFC), lo que posibilita describir los distintos bloques que componen el edificio de las funciones ejecutivas. Si bien estos autores señalan al control cognitivo como componente esencial, consideran importante determinar cómo la arquitectura cognitiva del PFC lateral interactúa con la zona orbitofrontal del mismo.

En esta línea de investigación se encuentran los trabajos de Rueda, Pos-

ner y Rothbart (2005), sobre la autorregulación cognitiva y emocional. Ellos pretenden dilucidar las diferentes redes neurales involucradas en este proceso y su relación con la atención ejecutiva. Estos autores observan que el área dorsal del cíngulo anterior está más relacionada con los procesos de autorregulación cognitiva, mientras que la zona ventral del cíngulo estaría más relacionada con la autorregulación emocional. Ambas redes conformarían una red neural más amplia que sustenta el complejo proceso de autorregulación. Además, observan que las redes involucradas en la atención ejecutiva, el giro cingulado anterior, se activan en tareas que requieren autorregulación.

La integración de estos aportes permite pensar el sustrato neuroanatómico de las funciones ejecutivas como una red de regiones cerebrales específicas, interconectadas por vías que transmiten información. Aron (2008) plantea la necesidad de identificar los nodos críticos de esta red como un modo de poder comprender la interrelación de las distintos componentes ejecutivos. Este autor utiliza paradigmas experimentales para definir operacionalmente estos componentes y los compara con imágenes cerebrales. Este método le ha posibilitado identificar algunos nodos de esta red, los cuales asigna a funciones ejecutivas como la inhibición, el monitoreo y la resolución de conflictos. Luego, valiéndose de la teoría del procesamiento de la información propone una explicación sobre la interconexión de las distintas áreas construyendo de este modo, una imagen neural del control cognitivo.

En síntesis, los trabajos presentados muestran una imagen compleja del sustrato neuroanatómico del funcionamiento ejecutivo. Se trata de una red neural amplia formada por diferentes regiones cerebrales funcionalmente interconectadas. El valor de estos resultados no se agota en la identificación de este sustrato neuroanatómico. La rigurosidad en la definición operacional de las funciones ejecutivas a través del uso de paradigmas experimentales, está posibilitando la depuración de los modelos teóricos, postulando al control cognitivo o la autorregulación, como un concepto clave de estas funciones.

Desarrollo evolutivo de las funciones ejecutivas

El desarrollo de las funciones ejecutivas debe considerarse como un proceso de múltiples estados, con diferentes funciones madurando en diferentes momentos (Cassandra & Reynolds, 2005). Estudios neuroanatómicos, neu-

ropsicológicos y neuroquímicos de los lóbulos frontales han permitido comprender este proceso.

Las regiones frontales presentan un desarrollo tardío en contraste con la maduración temprana de otras regiones corticales. Luego del nacimiento, el metabolismo es mayor en las áreas sensitivas y motoras, mientras que se observa un menor grado de activación en las áreas asociativas de la corteza cerebral. Portellano Pérez (2005) sostiene que este hecho corresponde a una lógica adaptativa, ya que es necesario que el niño adquiera los resortes sensoriomotores suficientes que posteriormente, le permitirán llevar a cabo procesos cognitivos más elaborados.

En el recién nacido el metabolismo del área frontal es muy bajo y sólo comienza a incrementarse progresivamente a partir del segundo año de vida. Este incremento se realiza de un modo discontinuo, observándose tres picos intensos de activación entre los 4-8 años, los 10-12 años y posteriormente, entre los 16-19 años (Portellano Pérez, 2005). Paralelamente, se produce un incremento en los procesos de mielinización y sinaptogénesis.

Estos cambios graduales en la morfología y fisiología de las áreas frontales, se asocian con las ganancias infantiles en las competencias ejecutivas, las cuales también presentan picos en su desarrollo. Una revisión de los períodos sensibles en la literatura permite afirmar que el período de mayor crecimiento ocurre entre los 6 y 8 años de edad (Pineda, 2000). También, se observa un incremento, aunque más moderado, entre los 9 y 12 años y algunos autores (Cassandra & Reynolds, 2005) consignan un último período entre los 15 y 19 años.

En la niñez temprana, emergen la inhibición de la conducta y rudimentarias formas de resolución de problemas. El paradigma de la permanencia y recuperación del objeto se considera un indicador de dichos logros (Isquith et al., 2004). Sin embargo, estas conductas de autocontrol son frágiles, variables y dependientes de estímulos externos.

Entre los 3 y 5 años de edad se incrementa paulatinamente el control consciente sobre el comportamiento (Marcovitch & Zelazo, 2009) y puede observarse la elaboración de planes simples, la resolución de conflictos de moderada dificultad y las primeras formas de automonitoreo de la conducta (Capilla et al., 2004).

Los niños pequeños con esfuerzo pueden hacer un plan y organizar sus acciones si disponen de la orientación de un adulto, construyendo así un pro-

ceso de heterorregulación (Carrasco & Fernández, 1998). El adulto actúa como modelo, como guía y crea formatos de interacción que se ajustan a la forma de actuar del niño, brindándole claves que le permitan controlar sus impulsos, regular sus emociones, resolver conflictos y organizar su conducta (Carrasco & Fernández, 1998). Bajo la guía del adulto, el niño va más allá de su capacidad actual. Al principio, sin comprensión, pero si esta experiencia se sitúa dentro de la *zona de desarrollo proximal*, en algún momento formará parte de su repertorio individual. La zona de desarrollo proximal es la distancia entre el desarrollo real del niño y su desarrollo potencial (Vygotski, 1991), e implica que lo que hoy el niño realiza con ayuda, mañana lo realizará por sí solo. Así, paulatinamente irá internalizando las guías externas y comenzará a desarrollar sus habilidades ejecutivas.

La evolución de la función reguladora del lenguaje interno, la maduración progresiva de las zonas prefrontales, crea entre los 6 y 8 años, un período sensible en el desarrollo de la adquisición de las funciones ejecutivas (Pineda, 2000). En este lapso, las habilidades de planificación y organización se desarrollan rápidamente, los niños manifiestan conductas estratégicas y habilidades de razonamiento más organizadas y eficientes (Colombo & Lipina, 2005). Comienzan a dirigir su comportamiento en forma autónoma, mostrando una mayor independencia de las instrucciones adultas, aunque aún presentan cierto grado de descontrol e impulsividad (Davidson et al., 2006).

Entre los 12 y 14 años de edad, algunas funciones ejecutivas como el control inhibitorio alcanzan su techo en el desarrollo, pero otras como la flexibilidad cognitiva, la resolución de problemas y la memoria de trabajo continúan evolucionando (Davidson et al., 2006). Aún más, presentan un nuevo período de intenso desarrollo entre los 15 y 19 años de edad (Cassandra & Reynolds, 2005).

El lento desarrollo de las funciones ejecutivas puede pensarse como una desventaja, pero por el contrario es un factor facilitador para la cognición, ya que crea diversas ventanas de tiempo en las cuales la plasticidad cerebral está incrementada y la experiencia tiene el máximo impacto en el desarrollo del cerebro. Esto hace referencia a la existencia de diversos períodos sensibles (Armstrong et al., 2006) en los cuales el desarrollo del funcionamiento ejecutivo puede ser promovido y estimulado a través de adecuadas experiencias. Por eso, pensar en su desarrollo implica analizar la compleja interacción entre la maduración del sistema nervioso y la estimulación ambiental.

Los contextos en los cuales el niño se desarrolla presentan numerosos factores socioculturales que pueden potenciar o empobrecer su evolución cognitiva. Siguiendo a Vygostki (1991), se puede pensar que los adultos significativos del entorno del niño serán quienes modelarán el impacto de estos factores. Vale decir que en primer término el niño construye sus habilidades en el plano social, en la interacción con otros, y luego interioriza aquellos instrumentos que facilitan su desarrollo. Entonces, el aprendizaje precede y conduce el desarrollo (Carrasco & Fernández, 1998). Si la experiencia de aprendizaje se ubica dentro de la zona de desarrollo proximal despertará una serie de procesos evolutivos internos capaces de operar sólo cuando el niño está en interacción con personas de su entorno y en cooperación con algún semejante. Una vez que la experiencia se ha internalizado, estos procesos se convierten en logros evolutivos independientes del niño (Ison, 2009). La internalización es entonces, el mecanismo básico del aprendizaje por medio del cual el niño reconstruye internamente la experiencia interpersonal y transforma los mecanismos de regulación externos en medios de autorregulación. El desarrollo es en esencia el resultado de la interacción dialéctica entre los factores internos y los elementos externos, entre el niño y la cultura en que está inmerso (Carrasco & Fernández, 1998).

Por lo tanto, analizar las continuas interacciones entre adultos y niños es un ámbito de importancia, porque en ellas se crea un terreno fértil para generar experiencias de aprendizaje que estimulen el desarrollo del funcionamiento ejecutivo. Uno de los contextos de aprendizaje donde el niño puede valerse de interacciones enriquecedoras es la escuela.

Funciones ejecutivas y aprendizaje escolar

El contexto educativo brinda experiencias nuevas que pueden promover el ejercicio de las funciones ejecutivas. A su vez, estas funciones pueden potenciar los procesos de aprendizaje escolar, creándose así un círculo virtuoso. Por eso, resulta importante analizar la influencia mutua entre ambos procesos.

Numerosas investigaciones se han focalizado en estudiar cómo estas funciones de alto orden que posibilitan el control de la cognición y el comportamiento orientado a metas, influyen en los procesos de aprendizaje que exige la escuela.

En investigaciones con preescolares, se ha observado que el funcionamiento ejecutivo es un importante predictor de las habilidades matemáticas y literarias (McClelland et al., 2007; Swanson, 2006). También, se ha observado que el control inhibitorio juega un papel significativo en el aprendizaje escolar en general, en tanto se lo ha correlacionado significativamente con diversas áreas curriculares (Clair-Thompson & Gathercole, 2006).

Mazzocco y Tover (2007) observaron que la inhibición y la memoria de trabajo facilitan el rendimiento en matemáticas, aunque esta relación varía con la edad siendo más significativa en los primeros años escolares. Por otra parte, Cruz y Tomasini (2005) estudiaron el impacto de los procesos de autorregulación en la comprensión lectora y observaron que durante esta tarea los niños generan un propósito, piensan, repasan su plan, lo supervisan y se automotivan para ejecutarlo. En concordancia, con estos resultados una investigación en escolares argentinos encontró una relación significativa entre el funcionamiento ejecutivo y las habilidades metalingüísticas (Canet Juric et al., 2009).

También, se ha identificado a las funciones ejecutivas como las encargadas de autorregular el proceso de la escritura. En un estudio con escolares de 3° y 4° grado, Hooper et al. (2002) observaron que la planificación, la flexibilidad cognitiva, el control inhibitorio y la memoria de trabajo juegan un rol significativo en tareas de narración. En concordancia, Altemeier et al. (2006) estudiaron la implicancia de las funciones ejecutivas en la integración de las habilidades de lectura y escritura. Específicamente, estos autores observaron que el control inhibitorio contribuye a la tarea de toma de notas, mientras que la fluidez verbal y la planificación son procesos significativos en la elaboración de un reporte escrito.

Finalmente, se ha analizado el impacto de las disfunciones ejecutivas en el fracaso escolar y los trastornos de aprendizaje. Generalmente, el fracaso escolar ha sido asociado a un pobre desempeño del control inhibitorio, la memoria de trabajo, la resolución de problemas y las habilidades de organización (Gardner, 2009). También, se han encontrado asociaciones entre la disminución del desempeño ejecutivo y la presencia de dificultades para la adquisición de la lectoescritura y la resolución de problemas aritméticos (Sikora et al., 2002).

En nuestro país investigaciones pioneras han permitido detectar disfunciones ejecutivas en niños que crecen en condiciones de riesgo por pobreza

(Arán Filippetti, 2009; Arán Filippetti & Musso, 2007; Colombo & Lipina, 2005; Ison, 2009, 2010; Ison, Espósito et al., 2007; Ison, Morelato et al., 2005; Musso, 2010; Richaud, 2007; Segretin et al., 2007). Estos trabajos han señalado una disminución significativa en las habilidades de planificación, control inhibitorio, control atencional, resolución de problemas, habilidades lingüísticas, atención, memoria a corto plazo, memoria operativa, habilidades sociocognitivas en los niños en riesgo. La evaluación precisa y abarcativa de estas disfunciones ha permitido desarrollar programas de intervención integrados al currículo escolar, los cuales han mostrado un fortalecimiento del apego, control inhibitorio, control cognitivo, habilidades sociales, planificación y metacognición, lo cual se ha asociado con la utilización de estrategias funcionales de afrontamiento al estrés en los niños en riesgo (Richaud, 2007). También, se han observado mejoras en las habilidades de memoria de trabajo, procesamiento visuoespacial, atención y planificación en preescolares en riesgo que recibieron un programa de entrenamiento cognitivo (Colombo & Lipina, 2005; Segretin et. al, 2007). En la provincia de Mendoza, nuestro equipo de trabajo dirigido por la Dra. Mirta Ison, viene desarrollando desde el año 1997 hasta la fecha investigaciones sobre los procesos atencionales, las funciones ejecutivas y las habilidades sociocognitivas en niños con y sin riesgo por pobreza. Bajo este marco de investigación se han desarrollado diversos programas de estimulación los cuales se han asociado a mejoras significativas en las habilidades de atención focalizada y sostenida, habilidades visuoespaciales, memoria visual no verbal, memoria de trabajo y habilidades cognitivas para la resolución de problemas interpersonales, en escolares de 7 a 12 años de edad, observándose que éstas habilidades muestran una mayor recuperación si su estimulación comienza a edades tempranas (Ison, 2009, 2010; Ison, Espósito et al., 2007; Ison, Morelato et al., 2005). En conjunto, estos datos ponen en evidencia que el fortalecimiento de los recursos cognitivos, como las funciones ejecutivas, y otros recursos socioemocionales, favorece el desarrollo integral del niño incrementando sus factores protectores frente a ambientes desfavorables. La continuidad de estas intervenciones, es la clave para mantener y potenciar los logros alcanzados (Ison et al., 2007; Richaud, 2007).

En síntesis, estas investigaciones ponen en evidencia que un buen desempeño de las capacidades ejecutivas, es un predictor del rendimiento escolar en los niños. Por lo tanto, la temprana estimulación y promoción del funciona-

miento ejecutivo a través de programas de intervención, puede ser un modo de favorecer el aprendizaje escolar y reducir su fracaso.

En contrapartida a estos numerosos estudios, muy pocos se han focalizado en estudiar cómo las experiencias de aprendizaje promovidas por la escolarización pueden contribuir al desarrollo de estas funciones.

En un trabajo reciente (Burrage et al., 2008) se examinaron los efectos de la escolarización en el desarrollo de las funciones ejecutivas en niños de 4 y 5 años de edad. Se propuso esclarecer cómo las experiencias de preescolar y jardín afectan al desarrollo de dos funciones ejecutivas: la memoria de trabajo y la capacidad de control inhibitorio. Los autores observaron que dichas experiencias tienen un impacto diferente en las funciones estudiadas, lo que brinda apoyo a la noción de que estas funciones son procesos diferentes que guardan una cierta independencia entre sí, aún en niños de 4 y 5 años de edad. En segundo término, observaron que el desarrollo de la memoria de trabajo fue influenciado por los efectos de la escolarización temprana, mientras que no observaron el mismo efecto en el control inhibitorio.

Los resultados obtenidos por estos autores, marcan una línea de estudio interesante, examinar los factores mediadores por los cuales la experiencia de escolarización promueve el desarrollo del funcionamiento ejecutivo. Es aquí donde se abre un espacio para retomar los planteos de Vygotski (1991) sobre el desarrollo social del pensamiento.

El ingreso a la escuela plantea nuevos estímulos para el desarrollo del funcionamiento ejecutivo. Adaptarse a este contexto y lograr los aprendizajes académicos, le exige al niño resolver conflictos, organizar la conducta en torno a objetivos, planes y normas de trabajo. En los primeros años, el escolar sólo alcanzará estas metas bajo la guía directiva de sus docentes, pero gradualmente irá internalizando hábitos, rutinas y estrategias cognitivas que le permitirán dirigir su comportamiento y su aprendizaje en forma más autónoma.

El docente será el que asista al niño en esta transición, creando formatos de interacción que se ajusten a sus particularidades. Los expertos en educación utilizan el término andamiaje para explicar esta interacción. Siguiendo a Brown y Palincar (1989), se define el andamiaje como una metáfora que captura la idea de un soporte ajustable y transitorio que capacita el niño a resolver un problema que no lograría sin recibir ayuda. El docente no sólo utiliza este tipo de interacciones para transmitir conocimientos, también las

emplea para enseñar al niño estrategias cognitivas que le permitan procesar la información de modo eficiente. Así, le brinda modelos de cómo organizar, sintetizar e integrar los conocimientos, le da pautas para resolver problemas, detectar errores, modificar sus producciones y monitorear sus aprendizajes.

Las interacciones descritas muestran cómo el niño desarrolla sus habilidades cognitivas primero en el plano social, para luego internalizarlas como parte de su repertorio psicológico. La mediación ofrecida por el docente es entonces, un recurso disponible en un contexto natural en el cual el niño crece. Recurso que puede ser potenciado y enriquecido para promover el desarrollo del funcionamiento ejecutivo.

Conclusión

Comprender la relación entre el funcionamiento ejecutivo y el aprendizaje escolar, requiere integrar los aportes de la neuropsicología con la educación.

Las investigaciones actuales en neuropsicología están abocadas a lograr una concepción integral de las funciones ejecutivas, reconociendo sus componentes esenciales. Datos recientes parecen postular al control cognitivo como un elemento clave de este proceso, identificándose su sustrato neural con una red de regiones cerebrales interconectadas. Se plantea la necesidad de depurar los modelos teóricos para llegar a acuerdos científicos que permitan aunar criterios en el estudio y evaluación de las funciones ejecutivas.

Este no es un aspecto menor a considerar en el abordaje de la interrelación entre funcionamiento ejecutivo y rendimiento escolar. Porque la pluralidad semántica asociada al término ejecutivo, exige revisar críticamente los modelos teóricos que sustentan las investigaciones y los métodos de evaluación utilizados.

Otro aspecto importante para comprender esta interrelación, es el lento desarrollo de las funciones ejecutivas. Este aspecto es un factor facilitador ya que crea diversas ventanas de tiempo en las cuales la plasticidad cerebral está incrementada y la experiencia tiene el máximo impacto en el desarrollo cognitivo. Existen diversos períodos sensibles en los cuales el funcionamiento ejecutivo puede ser promovido y estimulado.

Es allí donde las experiencias de aprendizaje escolar pueden jugar un papel significativo. Diversos estudios han puesto de manifiesto como el

desarrollo de las funciones ejecutivas promueven el rendimiento escolar, pero muy pocos han estudiado los efectos de la escolarización y aún menos, los factores mediadores de esta experiencia sobre el desarrollo de las funciones ejecutivas.

Pensar el rol del docente como un mediador del desarrollo cognitivo del niño plantea varios interrogantes: ¿Puede el docente promover el desarrollo del funcionamiento ejecutivo a través de interacciones colaborativas?, ¿cómo modelará esta construcción con su estilo educativo y su personalidad? El desafío no se agota en responder a estas preguntas, implica diseñar experiencias educativas enriquecedoras factibles de ser insertadas dentro del currículo escolar. Lograr este propósito es un modo de diseñar intervenciones en los contextos naturales donde el niño se desarrolla, siendo los adultos significativos los encargados de aplicar estrategias. Esto redundaría en un beneficio mutuo, el niño resultaría enriquecido por las interacciones colaborativas y los adultos por las herramientas aprendidas.

Desarrollar este tipo de intervenciones no es una tarea sencilla, en tanto exige adecuar las técnicas y métodos de evaluación neuropsicológica a la realidad escolar. Sin embargo, responder a estas exigencias puede ser un camino a través del cual la neuropsicología aporte validez ecológica a sus evaluaciones y diseños de intervención.

Bibliografía

- ALTEMEIER, L., JONES, J., ABBOTT, R. Y BERNINGER, V. (2006). Executive Functions in Becoming Writing Readers and Reading Writers: Note Taking and Report Writing in Third and Fifth Graders. *Developmental Neuropsychology*, 29(1), 161–173.
- ARÁN FILIPPETTI, V. (2009). Relación entre la planificación, la impulsividad cognitiva y las habilidades intelectuales en niños en riesgo y sin riesgo por pobreza. En M. C. Richaud & J. E. Moreno (Comp.), *Investigación en ciencias del comportamiento. Avances Iberoamericanos* (pp. 33-35). Buenos Aires, Argentina: Ediciones CIIPME-CONICET.
- ARÁN FILIPPETTI, V. & MUSSO, M. (2007). Screening neuropsicológico en una población de niños bajo riesgo por pobreza. En M. C. Richaud & M. S. Ison (Comp.), *Avances en investigación en ciencias del comportamiento en Argentina* (pp. 179-205). Mendoza, Argentina: Ediciones Universidad del Aconcagua.

- ARMSTRONG, V., BRUNET, P., HE, C., NISHIMURA, M. & POOLE, H. (2006). What Is so Critical? A Commentary on the Reexamination of Critical Periods. *Developmental Psychobiology*, 47, 326-331.
- ARON, A. R. (2008). Progress in executive functions research. From tasks to functions to regions to networks. *Current directions in psychological science*, 17, 124-129.
- BADDELEY, A. D. & HITCH, G. J. (1974). Working memory. En G. A. Bower (Ed.), *The psychology of learning and cognition*. New York, Estados Unidos: Academic Press.
- BECHARA, A., DAMASIO, H., & DAMASIO, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral cortex*, 10, 295-307.
- BROWN, A. & PALINCSAR, A. (1989). Guided, cooperative learning and individual knowledge acquisition. En L. Resnick (Ed.), *Knowing, Learning and Instruction: Essays in honor of Robert Glaser* (pp. 393-451). Hillsdale, Nueva Jersey, Estados Unidos: Erlbaum.
- BURRAGE, M., PONITZ, C., MCCREADY, E., SHAH, P., SIMS, B., JEWKES, A. & MORRISON, F. (2008). Age and schooling related effects on executive functions in young children: A natural experiment. *Child Neuropsychology*, 14, 510-524.
- CANET JURIC, L., GARCÍA CONI, A., ANDRÉS, M. L. & URQUIJO, S. (2009). El desarrollo de las funciones ejecutivas y las habilidades metalingüísticas desde preescolar hasta tercer año de escolaridad primaria. En M. C. Richaud & J. E. Moreno (Comp.), *Investigación en ciencias del comportamiento. Avances Ibero-americanos* (pp. 769-786). Buenos Aires, Argentina: Ediciones CIIPME-CONICET.
- CAPILLA, A., ROMERO, D., MAESTÚ, F., CAMPO, P., FERNÁNDEZ, S., GONZÁLEZ, J., FERNÁNDEZ, A. & ORTIZ, T. (2004). Emergencia y desarrollo cerebral de las funciones ejecutivas. *Acta Española de Psiquiatría*, 32 (2), 377-386.
- CARRASCO, M. R. & FERNÁNDEZ, J. A. (1998). Modelo constructivista-contextual del aprendizaje: Vygotski y Bruner. En M. V. Trianes Torres & J. A. Gallardo Cruz (Eds.), *Psicología de la Educación y del Desarrollo* (pp. 410-420). Madrid, España: Pirámide.
- CASSANDRA, B. & REYNOLDS, C. (2005). A Model of the Development of Frontal Lobe Functioning: Findings From a Meta-Analysis. *Applied Neuropsychology*, 12 (4), 190-201.
- CLAIR-THOMPSON, H. L. & GATHERCOLE, S. E. (2006). Executive functions and achievements in school: Shifting, updating, inhibition, and working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59 (4), 745-759.

- COLOMBO, J. A. & LIPINA, S. (2005). Hacia un programa público de estimulación cognitiva infantil. Buenos Aires, Argentina: Paidós.
- CRUZ, J. S. & TOMASINI, G. A. (2005). Uso de estrategias de autorregulación en la comprensión de textos en niños otomíes de quinto grado. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 10, 879-902.
- DAVIDSON, M., AMSOA, D., ANDERSON, L. C. & DIAMOND, A. (2006). Development of cognitive control and executive functions from 4 to 13 years: Evidence from manipulations of memory, inhibition, and task switching. *Neuropsychology*, 44, 2037-2078.
- FUSTER, J. M. (1989). *The prefrontal cortex: anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe*. New York, Estados Unidos: Raven Press.
- FUSTER, J. M. (2001). The prefrontal cortex - An update: Time of the essence. *Neuron*, 30, 319-333.
- GARDNER, J.K. (2009). Conceptualizing the Relations between Executive Functions and Self-Regulated Learning. *Journal of Psychology*, 143 (4), 405-426.
- GOLDMAN-RAKIC, M. D. (1984). The frontal lobe: uncharted provinces of the brain. *Trends in neuroscience*, 7, 425-429.
- HONGWANISHKUL, D., HAPPANEY, K. R., LEE, W. C. & ZELAZO, P. D. (2005). Assessment of Hot and Cool Executive Function in Young Children: Age-Related Changes and Individual Differences. *Developmental neuropsychology*, 28 (2), 617-644.
- HOOPER, S. R., SWARTZ, C., WAKELY, M. B., DE KRUIF, R. E. & MONTGOMERY, J. (2002). Executive functions in elementary school children with and without problems in written expression. *Journal of Learning Disabilities*, 35, 57-68.
- HUETTEL, S., MARTIN, J., JURKOWSKI, A. & MC CARTHYET, G. (2004). Dynamic and strategic aspects of executive processing. *Brain Research*, 1000, 78-84.
- ISON, M. S. (2009). Abordaje psicoeducativo para estimular la atención y las habilidades interpersonales en escolares argentinos. *Revista de la Facultad de Psicología – Universidad de Lima*, 12, 29-51.
- ISON, M. S. (2010). Propuesta de intervención para estimular funciones socio-cognitivas en escolares argentinos en condiciones de vulnerabilidad social. En E. Saforcada, M. Mañas & E. Aldarondo (Comp.), *Neurociencias, salud y bienestar comunitario* (pp. 111-127). San Luis, Argentina: Misceláneas.
- ISON, M. S., ESPÓSITO, A., CARRADA, M., MORELATO, G., MADDIO, S., GRECO, C. & KORZENIOWSKI, C. (2007). Programa de intervención para estimular atención sostenida y habilidades cognitivas en niños con disfunción atencional. En M. C. Richaud & M. S. Ison (Comp.), *Avances en investigación en*

- ciencias del comportamiento en Argentina (pp. 115-141). Mendoza, Argentina: Ediciones Universidad del Aconcagua.
- ISON, M. S., MORELATO, G., CASALS, C., MADDIO, S., CARRADA, M., ESPÓSITO, A., GRECO, C. & ARRIGONI, F. (2005). Desarrollo de las estrategias atencionales y habilidades socio-cognitivas en niños de edad escolar. En J. Vivas (Comp.), *Las ciencias del comportamiento en los albores del siglo XXI* (pp. 83-97). Mar del Plata, Argentina: Editorial Universidad Nacional de Mar del Plata.
- ISQUITH, P., GIOIA, A. & ESPY, K. (2004). Executive function in preschool children: Examination through everyday behavior. *Developmental Neuropsychology*, 26 (1), 403-422.
- KOECHLIN, E. & SUMMERFIELD, C. (2007). An information theoretical approach to prefrontal executive function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 229-235.
- LEZAK, M. D. (1982). The problem of assessing executive functions. *International Journal of Psychology*, 17, 281-297.
- LURIA, A. R. (1974). *El cerebro en acción*. Barcelona, España: Fontanella.
- MARCOVITCH, S. & ZELAZO, P. (2009). A hierarchical competing systems model of the emergence and early development of executive function. *Developmental Science*, 12 (1), 1-18.
- MARINO, J. C. (2010). Actualización en tests neuropsicológicos de funciones ejecutivas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 2, 34-45.
- MAZZOCCO, M. & TOVER, S. (2007). A longitudinal assessment of executive function skill and their association with math performance. *Child Neuropsychology*, 13, 18-45.
- MCCLELLAND, M., CAMERON, C., CONNOR, C., MCDONALD, F., CARRIE L., JEWKES, A. & MORRISON, F. (2007). Links between behavioral regulation and preschoolers' literacy, vocabulary, and math skills. *Developmental Psychology*, 43 (4), 947-959.
- METCALFE, J., & MISCHEL, W. (1999). A hot/cool-system analysis of delay of gratification: Dynamics of willpower. *Psychological Review*, 106, 3-19.
- MUSSO, M. (2010). Funciones ejecutivas: un estudio de los efectos de la pobreza sobre el desempeño ejecutivo. *Interdisciplinaria*, 27 (1), 95-110.
- NORMAN, D. A. & SHALLICE, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control behavior. En R. J. Davidson, G. E. Schwartz, y D. Shapiro (Eds.), *Consciousness and self-regulation*. New York, Estados Unidos: Plenum Press.
- PINEDA, D. A. (2000). La función ejecutiva y sus trastornos. *Revista de Neurología*, 30 (8), 764-768.
- PORTELLANO PÉREZ, J. A. (2005). *Cómo desarrollar la inteligencia: Entrenamiento neuropsicológico de la atención y las funciones ejecutivas*. Madrid, España: Somos.

- RICHAUD, M. C. (2007). Fortalecimiento de recursos cognitivos, afectivos, sociales y lingüísticos en niñez en riesgo ambiental por pobreza: un programa de intervención. En M. C. Richaud & M. S. Ison (Comp.), *Avances en investigación en ciencias del comportamiento en Argentina* (pp. 145-176). Mendoza, Argentina: Ediciones Universidad del Aconcagua.
- ROBBINS, T. W. & ARNSTEN, A. F. (2009). The neuropsychopharmacology of fronto-executive function: monoaminergic modulation. *Journal of Neuroscience*, 32, 267-287.
- RUEDA, R., POSNER, M. & ROTHBART, K. (2005). The Development of Executive Attention: Contributions to the Emergence of Self-Regulation. *Developmental Neuropsychology*, 28 (2), 573-594.
- SÁNCHEZ CARPINTERO, R. & NARBONA, J. (2004). El sistema ejecutivo y las lesiones frontales en el niño. *Revista de Neurología*, 39 (2), 188-191.
- SEGRETIN, M. S., LIPINA, S. J. & COLOMBO, J. A. (2007). Intervenciones para niños en riesgo social: análisis de predicción de mejora cognitiva. En M. C. Richaud & M. S. Ison (Comp.), *Avances en investigación en ciencias del comportamiento en Argentina* (pp. 341-363). Mendoza, Argentina: Ediciones Universidad del Aconcagua.
- SIKORA, D. M., HALEY, P., EDWARDS, J. & BUTLER, R. W. (2002). Tower of London test performance in children with poor arithmetic skills. *Developmental Neuropsychology*, 21, 243-254.
- SWANSON, H. L. (2006). Cross-sectional and incremental changes in working memory and mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 98 (2), 265-281.
- TIRAPU-USTARROZ, J., MUÑOZ-CESPEDES, J. M. & PELEGRIN-VALERO, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Revista de Neurología*, 34 (7), 673-685.
- VYGOSTKI, L. (1991). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona, España: Crítica.
- ZELAZO, P. D. & MÜLLER, U. (2002). Executive function in typical and atypical development. In U. Goswami (Ed.), *Handbook of childhood cognitive development* (pp. 445-469). Oxford, Inglaterra: Blackwell.

Nota

1. Este artículo corresponde al proyecto PICTO 000-179 subsidiado conjuntamente por la ANPCyT y la Universidad del Aconcagua, dirigido por la Dra. Mirta Susana Ison.