

Propuesta de un modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales

Javier Tirapu-Ustárroz, Patricia Cordero-Andrés, Pilar Luna-Lario, Pilar Hernández-Goñi

Introducción. Desde que Lezak acuñara el término de funciones ejecutivas como las capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente, éstas han adquirido progresivo protagonismo en la investigación neuropsicológica. Diversos modelos han sido planteados para explicar su naturaleza, pero no existe consenso respecto a si nos encontramos ante un constructo unitario o un sistema de procesamiento multimodal con componentes independientes, pero interconectados. Para conocer la estructura de este constructo se han utilizado estudios de lesión, neuroimagen y, recientemente, el análisis factorial, que se plantea como una metodología prometedora para ampliar nuestro conocimiento sobre un concepto tan genérico como las funciones ejecutivas.

Desarrollo. El propósito de este estudio es realizar una revisión sistemática de modelos factoriales de atención y control ejecutivo en adultos, entre los años 1991-2016, utilizando las bases de datos PubMed, OvidSP y PsycINFO. En total, se revisaron 33 artículos. A partir de la bibliografía, se realiza una propuesta integradora de los procesos ejecutivos.

Conclusiones. Aunque no disponemos de un único modelo que pueda explicar la complejidad de las funciones ejecutivas, sí parece existir acuerdo respecto a su multidimensionalidad. En análisis factoriales, actualización, inhibición y alternancia gozan de fuerte evidencia, si bien hay trabajos que plantean factores novedosos. Nuestra propuesta integradora trata de combinar los procesos ejecutivos hallados en la bibliografía con sus correspondientes correlatos neuroanatómicos, defendiendo que la metodología ideal debería utilizar información procedente de estudios de lesión, técnicas de neuroimagen y modelos psicométricos-computacionales.

Palabras clave. Análisis factoriales. Atención. Flexibilidad cognitiva. Fluidez verbal. Funciones ejecutivas. Inhibición. Memoria de trabajo. Multitarea. Planificación. Toma de decisiones.

Introducción

Las funciones ejecutivas se han definido como procesos que asocian ideas, movimientos y acciones, y los orientan a la resolución de problemas, pero Muriel Lezak utiliza el término por primera vez en 1982 [1] refiriéndose a capacidades mentales esenciales para llevar a cabo una conducta eficaz, creativa y aceptada socialmente, con cuatro componentes: formulación de metas (capacidad de generar y seleccionar estados deseables en el futuro), planificación (selección de acciones, elementos y secuencias necesarios para alcanzar un objetivo), desarrollo (habilidad para iniciar, detener, mantener y cambiar entre acciones planificadas) y ejecución (capacidad para monitorizar y corregir actividades). La alteración de estas capacidades puede comportar problemas de iniciación, modificación, control o interrupción de la acción, y derivar en una disminución de conducta espontánea y un aumento de perseveración e impulsividad.

Las funciones ejecutivas se consideran un conjunto de habilidades implicadas en la generación,

supervisión, regulación, ejecución y reajuste de conductas adecuadas para alcanzar objetivos complejos, especialmente los novedosos para el individuo y que precisan una solución creativa [2]. En este sentido, en nuestra vida cotidiana afrontamos situaciones para las que no tenemos un plan de acción predeterminado, por lo que no resulta exagerada la afirmación de Lezak cuando sostiene que las funciones ejecutivas son el eje central que guía las conductas adaptativas y socialmente aceptadas y aceptables. Es destacado el papel que han tenido en la investigación neuropsicológica, y son múltiples los modelos que intentan clarificar los procesos implicados en las funciones ejecutivas y su relación con diferentes regiones cerebrales, preferentemente de la corteza prefrontal.

En el contexto de la diversidad funcional de la corteza frontal se enmarca uno de los debates cruciales sobre la naturaleza de las funciones ejecutivas: si constituyen un constructo unitario o un sistema multimodal de procesamiento múltiple con distintos componentes independientes, aunque interrelacionados. La visión de las funciones ejecuti-

Servicio de Psiquiatría; Hospital Universitario Marqués de Valdecilla; Santander, Cantabria (P. Cordero-Andrés). Fundación Argibide (J. Tirapu-Ustárroz). Servicio de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Terapia Ocupacional del Servicio de Rehabilitación Neurológica; Complejo Hospitalario de Navarra; Fundación Argibide (P. Luna-Lario, P. Hernández-Goñi); Pamplona, Navarra, España.

Correspondencia:

Dr. Javier Tirapu Ustárroz.
Fundación Argibide. Iturrrama, 7.
E-31007 Pamplona (Navarra).

E-mail:

javitirapu@ono.com

Aceptado tras revisión externa:
18.10.16.

Nota:

El anexo citado en el artículo aparece como material complementario en su versión electrónica (www.neurologia.com).

Cómo citar este artículo:

Tirapu-Ustárroz J, Cordero-Andrés P, Luna-Lario P, Hernández-Goñi P. Propuesta de un modelo de funciones ejecutivas basado en análisis factoriales. Rev Neurol 2017; 64: 75-84.

© 2017 Revista de Neurología

vas como un sistema inespecífico y adaptable asume que no existen, *a priori*, regiones especializadas en funciones particulares, sino que distintas áreas de la corteza prefrontal responden coordinadamente cuando el sistema debe resolver nuevos retos. Así, las funciones ejecutivas se solapan con el concepto de inteligencia fluida o la capacidad para adaptar de manera óptima nuestros recursos cognitivos en función de las demandas cambiantes del entorno. Los modelos actuales tienden a inclinarse hacia la segunda hipótesis [2,3], si bien aún existe controversia respecto a si son mecanismos unitarios funcionalmente inespecíficos, pero altamente adaptables, o procesos relativamente modulares jerarquizados y especializados [4,5]. En este trabajo asumimos la idea de que las funciones ejecutivas no pueden ser entendidas como un constructo unitario, sino como un conjunto de procesos múltiples con distintos componentes independientes, pero con íntimas relaciones entre sí. No obstante, somos conscientes de que este planteamiento crea un problema epistemológico si consideramos que el cerebro es un sistema de alta complejidad (posee elementos especializados y sus conexiones no se deben al azar) con propiedades emergentes (los procesos más complejos no se pueden explicar por la simple suma de los procesos de nivel inferior) y cuya principal función es hacer predicciones para actuar de manera flexible en entornos cambiantes para lograr la adaptación, la supervivencia y la calidad de dicha supervivencia. El planteamiento del emergentismo de Searle, aplicado a este tema, llevaría a cuestionarnos que las funciones ejecutivas, concebidas como la 'suma de un conjunto de procesos de nivel inferior', pueden caer en el error de que las denominadas funciones ejecutivas sean una realidad con propiedades emergentes que surgen de la suma de los procesos de nivel inferior, pero que no pueden explicarse por la simple suma de ellos, sino que al unirlos emergen nuevos procesos [6,7].

En los últimos años se ha empleado el análisis factorial para identificar los componentes del funcionamiento ejecutivo, al considerarse una herramienta útil que permite conocer la estructura de los procesos cognitivos que subyacen al rendimiento observado en la ejecución de pruebas consideradas 'ejecutivas'. No obstante, a pesar de esta utilidad prometedora, no está exento de limitaciones que reducen el poder de generalización de las conclusiones: la heterogeneidad en las muestras de población y pruebas de evaluación neuropsicológica hace difícil la comparación de resultados entre trabajos o la idea de que hallar bajas correlaciones entre pruebas no necesariamente es reflejo de independencia

de los procesos subyacentes, sino que podría deberse a los diferentes conceptos de funciones ejecutivas planteados por diversos autores.

El propósito de este trabajo es realizar una revisión exhaustiva de los modelos factoriales planteados en la bibliografía, para concluir con una propuesta de factores implicados en el funcionamiento ejecutivo. Pretendemos aportar un modelo basado en procesos que ayude a clarificar aspectos terminológicos y conceptuales, tomando como idea inicial la existencia de un consenso general que asume que son varios los procesos implicados bajo ese 'paraguas conceptual' denominado funciones ejecutivas. Por tanto, nuestra propuesta pretende ser un 'punto de partida' para iniciar el camino que conduzca a un modelo de funciones ejecutivas basado en procesos cognitivos con la repercusión que conllevaría para establecer protocolos de evaluación capaces de 'captar' los aspectos diferenciadores en diferentes sujetos 'disejecutivos' y las implicaciones que, a su vez, tendría para establecer programas de rehabilitación más eficaces.

Desarrollo

El objetivo es sintetizar los principales hallazgos presentes en la bibliografía respecto a los factores incluidos dentro del constructo funciones y control ejecutivo. Para ello, hemos realizado una revisión bibliográfica entre los años 1991-2016 en las bases de datos PubMed, OvidSP y PsycINFO, incluyendo como términos de la búsqueda: '*executive function*', '*executive functions*', '*executive control*', '*executive functioning*', '*executive dysfunction*', '*factor analysis*', '*factor structure*' y términos relacionados. Los criterios de inclusión fueron los siguientes:

- *Estudio de funciones y control ejecutivo utilizando análisis factorial*: se excluyeron artículos que emplean una metodología diferente y trabajos que, aun utilizando análisis factorial, emplean una batería de evaluación de múltiples dominios cognitivos.
- *Población adulta*: mayores de 18 años.

Una vez seleccionados los artículos que cumplen los puntos anteriores, se establecen los siguientes criterios de exclusión:

- Análisis de un único proceso ejecutivo particular o análisis factorial de una única prueba considerada 'ejecutiva'.
- Evaluación de funciones ejecutivas utilizando únicamente autoinforme (cuestionarios). Estas medidas de evaluación permiten captar una parte

del funcionamiento ejecutivo, pero no ofrecen una perspectiva general.

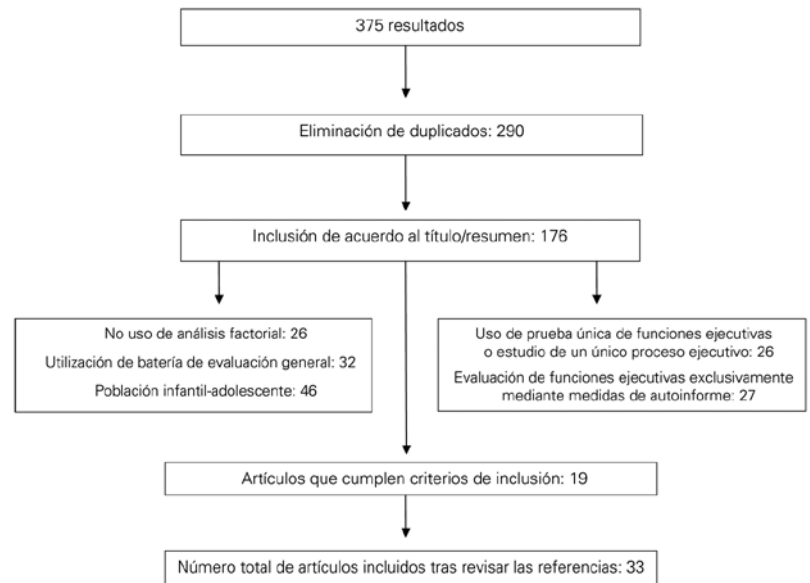
Los artículos seleccionados estudian las funciones ejecutivas a través de análisis factorial, empleando varias pruebas de evaluación neuropsicológica. También se revisaron las referencias de los artículos seleccionados, de modo que contamos con un total de 33 artículos. En la figura se puede ver un esquema del proceso de revisión y selección de artículos.

El desarrollo del artículo se centra en presentar los principales trabajos encontrados en la bibliografía, haciendo énfasis en la información referente a la estructura factorial del control ejecutivo (Anexo).

Los modelos factoriales datan de principios de los noventa, con interés en los procesos atencionales. Mirsky et al [8] proponen cuatro componentes: atención ejecutiva focalizada, cambio atencional, atención sostenida y codificación, que replicaron en población infantil. Robertson et al [9] encuentran cuatro componentes: dos de ellos descritos por Mirsky (cambio atencional y atención sostenida) y dos diferentes, como son atención/velocidad visual selectiva y memoria de trabajo auditivo-verbal. Una de las pruebas utilizadas, *Test of Everyday Attention* (TEA), se amoldaría al modelo atencional de Posner y Petersen: los componentes de atención/velocidad visual selectiva, cambio atencional y memoria de trabajo auditivo-verbal se corresponderían con el sistema de selección, mientras que la atención sostenida estaría referida al sistema del mismo nombre propuesto por Posner y Petersen. En un estudio posterior, Bate et al [10] utilizan el TEA y replican estos resultados, pero con dos diferencias: no hallan memoria de trabajo auditivo-verbal y encuentran un factor adicional de atención dividida. Sin embargo, otros autores no han hallado los componentes atencionales propuestos a nivel teórico. Spikman et al [11] pretenden validar los constructos de atención focalizada, dividida y sistema atencional supervisor, y encuentran dos componentes: procesos guiados por la memoria (componente de control que podría equipararse con el sistema atencional supervisor) y procesos guiados por la estimulación (implican velocidad de reacción). En esta línea, Schmidt et al [12] encuentran dos factores: control ejecutivo sostenido, que implica mantenimiento y manipulación de información durante un período, y control atencional complejo, requerido en tareas que demandan una respuesta inmediata.

Otro proceso con protagonismo ha sido la velocidad de procesamiento, de modo que varios modelos incluyen componentes atencionales y de velocidad de reacción. Boone et al [13] proponen un

Figura. Proceso de búsqueda y selección de artículos de análisis factorial de funciones ejecutivas en adultos.



factor de orden superior, 'lóbulo prefrontal', que se subdivide en tres componentes: flexibilidad cognitiva, velocidad de procesamiento, atención básica/dividida y memoria a corto plazo. Pineda et al [14] hallan una estructura de cuatro factores: dos propuestos por Boone (organización-flexibilidad y velocidad de procesamiento) y dos no coincidentes (control inhibitorio y fluidez verbal). Cabe destacar las diferencias respecto a las pruebas de fluidez verbal, de modo que en el trabajo de Boone et al cargan dentro de la velocidad de procesamiento, mientras que Pineda et al encuentran un factor específico de fluidez verbal. Ríos-Lago et al [15] plantean cuatro componentes ejecutivos coincidentes con hallazgos previos, pero establecen dos dimensiones. Por un lado, los procesos de bajo nivel (incluyen el factor de velocidad de procesamiento) y, por otro lado, los procesos de alto nivel (comprenden tres factores: flexibilidad cognitiva, control de la interferencia y memoria operativa). Por último, Bondi et al [16] estudian personas con probable enfermedad de Alzheimer y controles sanos, y plantean una estructura factorial de cuatro componentes: velocidad de procesamiento visual-visuomotor, velocidad de procesamiento verbal-semántico, memoria episódica y funciones ejecutivas. Lo llamativo es la disociación en el test de Stroop: en el grupo con probable enfermedad de Alzheimer, los tres ensayos de

Stroop se incluyen dentro de la velocidad de procesamiento visual, mientras que, en el grupo control, lectura de palabras y color están en el factor de velocidad de procesamiento visual, y el ensayo de interferencia está dentro de la velocidad de procesamiento verbal. Además, ningún componente del test de Stroop carga en el factor de funciones ejecutivas, resultado inesperado si tenemos en cuenta que es una medida 'clásica' de procesos ejecutivos que implican inhibición de respuestas dominantes.

Como se puede comprobar, existe heterogeneidad en los resultados de los estudios revisados, pero se podría afirmar que los componentes atencionales más sólidamente encontrados son: atención selectiva, dividida y sostenida, cambio atencional, velocidad de procesamiento, control inhibitorio y fluidez verbal.

Respecto a modelos factoriales de funciones ejecutivas, uno de los primeros y que mayor reconocimiento ha logrado es el de Miyake et al [17], que, utilizando pruebas específicas para evaluar procesos de actualización, inhibición y alternancia, así como pruebas 'clásicas' de funciones ejecutivas, proponen el marco de la unidad/diversidad de funciones ejecutivas: encuentran tres factores diferenciados (diversidad), pero no totalmente independientes, sino que correlacionan moderadamente entre sí (unidad).

- *Actualización*: implica actualización, monitorización y manipulación de la información (cerca a la noción de memoria de trabajo).
- *Inhibición*: capacidad para suprimir de modo deliberado las respuestas dominantes en función de las demandas de la situación.
- *Alternancia* (shifting): capacidad para cambiar de manera flexible las operaciones o sets mentales.

En las medidas 'clásicas' encuentran que los errores perseverativos en el test de clasificación de cartas de Wisconsin se relacionan con alternancia; la torre de Hanoi implica procesos de inhibición, al igual que la prueba de generación de números al azar, que además requiere actualización; y la prueba de *span* atencional, que implica la monitorización y manipulación de información en la memoria de trabajo, correlaciona con actualización. Sin embargo, no hallan correlaciones significativas entre los factores propuestos y las pruebas de ejecución dual. Friedman et al [18] encuentran que inteligencia fluida y cristalizada se relacionan con actualización, pero no con inhibición y alternancia. Van Aken et al [19] describen una correlación de 0,91 entre funciones ejecutivas e inteligencia fluida (la memoria de trabajo es el principal indicador ejecutivo que

contribuye a dicha relación), mientras que la relación es moderada con la inteligencia cristalizada.

Los resultados de Miyake et al han sido replicados posteriormente. Vaughan y Giovanello [20] encuentran que los tres factores correlacionan con medidas de actividades instrumentales de la vida diaria basadas en la ejecución, pero no con medidas de autoinforme. De Frias et al [21] utilizan personas con distinto estado cognitivo (élite, normal y deterioro) y encuentran que la estructura de tres factores ejecutivos es replicada en personas con estado cognitivo elite y recibe un apoyo parcial en el grupo de estado cognitivo normal, mientras que una estructura de factor único se ajusta mejor al grupo de estado cognitivo normal y con deterioro. Estos resultados se interpretan como evidencia indirecta de la teoría de la desdiferenciación de las funciones ejecutivas, propuesta por Balinsky [22] en el ámbito de las aptitudes intelectuales, según la cual se produce un incremento de las correlaciones entre los procesos ejecutivos en la edad adulta, de modo que se encuentra un único factor subyacente. Evidencia favorable se halla también en De Frias et al [23] y Thibeau et al [24].

En población infantil, los intentos de replicar el modelo de Miyake et al han arrojado resultados contradictorios. Por un lado, estudios con niños preescolares han encontrado un modelo unitario de control ejecutivo [25,26], si bien Prencipe et al [27] proponen un factor único en niños más mayores. Por otro lado, hay modelos que plantean dos factores, como van der Ven et al [28], que encuentran actualización y alternancia-inhibición; Monette et al [29], que hallan inhibición y memoria de trabajo-flexibilidad; y Lerner y Lonigan [30], que plantean memoria de trabajo y control inhibitorio. Por último, Rose et al [31] replican el modelo de Miyake et al en una muestra de adolescentes pretérmino.

Colette et al [32], utilizando tomografía por emisión de positrones, proponen un patrón de activación general de áreas frontales y parietales para tareas de procesos ejecutivos, mientras que el surco intraparietal derecho se activaría ante tareas que requieren atención selectiva a ciertos estímulos e inhibir información irrelevante, y la región parietal superior izquierda estaría implicada en procesos amodales de integración y alternancia. McNab et al [33], empleando resonancia magnética funcional, encuentran activación general del giro frontal inferior y medial derecho y las regiones parietales derechas (áreas de Brodmann 40, 7) para tareas de control inhibitorio y memoria de trabajo, pero no identifican patrones de activación específicos de cada proceso.

En los últimos años, Miyake et al han centrado su interés en la etiología de las diferencias individuales en funciones ejecutivas, y han realizado estudios con gemelos. Friedman et al [34] utilizan tareas específicas de actualización, inhibición y alternancia, además de una prueba de inteligencia general y medidas de velocidad perceptiva. Por un lado, encuentran tres procesos ejecutivos relacionados moderadamente entre sí: actualización, inhibición y alternancia, que también correlacionan con medidas de inteligencia general y velocidad perceptiva. Por otro lado, utilizando modelos de ecuaciones estructurales, proponen dos alternativas para analizar las tres variables latentes: un modelo jerárquico, donde los tres procesos ejecutivos cargan dentro de un factor común de funciones ejecutivas, y un modelo de factores anidados, en el que las tareas específicas cargan en un factor común de funciones ejecutivas al mismo tiempo que se encuentran dos factores específicos, que darían cuenta de la varianza no explicada una vez que se elimina la varianza común: actualización-específico y alternancia-específico. No hallan un factor específico de inhibición, lo cual no significa que no exista una capacidad de inhibición como tal, sino que las diferencias individuales en inhibición se explicarían por la varianza común en las tareas que evalúan funciones ejecutivas.

En resumen, el marco de la unidad/diversidad plantea que cada uno de los procesos ejecutivos (actualización, inhibición y alternancia) puede ser desglosado en dos factores: lo que tienen en común, o unidad (funciones ejecutivas-común), y lo que es específico para cada uno, o diversidad (actualización-específico y alternancia-específico). Respecto a la etiología de las diferencias individuales en estos procesos, se interpreta que los componentes ejecutivos correlacionan porque comparten influencias genéticas comunes y que son factores independientes porque tanto actualización como alternancia poseen influencias genéticas únicas.

Otros trabajos han replicado el modelo de Miyake et al [17] y han añadido componentes adicionales. Fisk y Sharp [35] encuentran cuatro factores: actualización, inhibición, alternancia y un factor adicional que denominan acceso a la memoria a largo plazo, en el que cargan pruebas de fluidez verbal (similar al componente de fluidez verbal propuesto por Pineda [14]). Verdejo-García y Pérez-García [36] proponen cuatro componentes independientes: actualización, inhibición, alternancia o *shifting* y toma de decisiones. En este último factor sólo se incluye una de las medidas utilizadas para su evaluación, *Iowa Gambling Task* (IGT), mientras que la otra prueba, *Cognitive Bias Task* (CBT), carga en

el factor de actualización, lo cual se podría explicar porque la IGT se centra en la evaluación afectiva de recompensas y castigos asociados a respuestas futuras, mientras que la CBT requiere un mayor componente de razonamiento analítico con la constante actualización de información relacionada con el contexto de la toma de decisiones. En la misma línea que estudios previos, encuentran que la gravedad del consumo de sustancias se relaciona con déficits en actualización, funciones asociadas con la corteza prefrontal dorsolateral.

Adrover-Roig et al [37] emplean medidas específicas de actualización, inhibición y alternancia, tareas complejas consideradas medida habitual de funciones ejecutivas y tareas de velocidad de procesamiento. Sus resultados se pueden explicar desde dos modelos: un modelo bifactorial (memoria de trabajo y acceso a memoria a largo plazo), junto con un factor mediador de velocidad de procesamiento; y un modelo de tres factores (memoria de trabajo, alternancia y acceso a memoria a largo plazo), con un factor mediador de velocidad de procesamiento. En ambos casos no encuentran inhibición como componente ejecutivo específico. Hedden y Yoon [38] utilizan pruebas de funciones ejecutivas, memoria y velocidad perceptiva, y encuentran un modelo de dos componentes ejecutivos: actualización-alternancia e inhibición de la interferencia proactiva, pero no hallan un componente específico de inhibición de respuestas predominantes. También Hull et al [39] encuentran una estructura de dos factores: actualización y alternancia, sin hallar un componente específico de inhibición. Como dato relevante, hallan que la actualización es el mejor predictor del rendimiento en tareas cognitivas consideradas complejas.

Cerezo-García et al [40], en una muestra de adultos con esclerosis múltiple y controles sanos, observan tres componentes ejecutivos: flexibilidad cognitiva, inhibición y capacidad de abstracción, así como diferencias en el rendimiento, de modo que personas con curso progresivo de esclerosis múltiple y mayor puntuación en la *Expanded Disability Status Scale* obtienen peor rendimiento en funciones ejecutivas.

Asumiendo que existen diferencias en los componentes ejecutivos propuestos por distintos autores, se podría concluir que los factores que han logrado mayor evidencia son: actualización, inhibición, alternancia, acceso a la memoria a largo plazo/fluidez verbal y toma de decisiones. No obstante, si en los primeros trabajos se encontraba la inhibición como un componente ejecutivo específico, estudios recientes parecen apuntar la idea de la inhi-

bición como un proceso cercano a un factor general de funciones ejecutivas, es decir, la inhibición sería un proceso subyacente necesario en la realización de pruebas generales que miden funciones ejecutivas, más que un proceso requerido en la ejecución de un tipo específico de tareas.

Finalmente, trabajos recientes proponen componentes ejecutivos no hallados previamente. Weintraub et al [41] hallan dos factores en personas con enfermedad de Parkinson: control inhibitorio, asociado con la gravedad del parkinsonismo, y planificación, que correlaciona negativamente con la gravedad de la apatía. Brandt et al [42] emplean 18 tareas clínicas y experimentales para evaluar seis dominios ejecutivos, y encuentran tres componentes diferenciados: planificación/solución de problemas (se entiende como un factor general, pues en él cargan pruebas que evalúan cuatro dominios: flexibilidad, planificación y secuenciación, aprendizaje de conceptos y normas/*set shifting* y toma de decisiones/juicio), memoria de trabajo (incluye tareas que evalúan inhibición de respuestas predominantes, alternancia de sets y memoria de trabajo) y juicio (factor cuestionable, ya que sólo incluye dos pruebas: IGT y *Experimental Judgement Test*), que está relacionado con la toma de decisiones y valoración de riesgos que se asocia con circuitos orbitoestriales, diferenciándose de los dos primeros factores, más relacionados con circuitos dorsolaterales. Fournier-Vicente et al [43] hallan cinco procesos ejecutivos: coordinación del procesamiento y almacenamiento en dos modalidades (verbal y visual), recuperación estratégica, atención selectiva y alternancia, pero no encuentran un factor de ejecución dual a pesar de utilizar pruebas que requieren realizar simultáneamente dos tareas. Por último, Testa et al [44] encuentran una estructura de seis factores: memoria de trabajo prospectiva, alternancia y manejo de la interferencia, análisis de la tarea (componente dentro de la solución de problemas y razonamiento abstracto), inhibición de respuesta, generación de estrategias y regulación (constructo multidimensional que incluye la habilidad de seleccionar e implementar estrategias para producir una respuesta óptima a la tarea), y automonitorización y mantenimiento del *set*.

Los nuevos factores propuestos van en la línea de modelos teóricos previos, como el modelo jerárquico de Stuss y Benson [45], que propone un primer nivel de impulso y organización temporal de la conducta, un segundo nivel de funciones de control ejecutivo (anticipación, selección de objetivos, formulación y planificación previa de posibles soluciones, e iniciación de la respuesta con control de ésta

y de sus consecuencias) y un nivel superior (comprende la autoconciencia, que utiliza las experiencias subjetivas previas y el conocimiento adquirido para resolver nuevos problemas y guiar la toma de decisiones para el futuro). Este modelo fue apoyado por el trabajo de Busch et al [46], que halla tres factores: factor de funciones ejecutivas de orden superior, donde se incluye el comportamiento autogenerado y la flexibilidad cognitiva; factor de control cognitivo, que correspondería a la memoria de trabajo, y factor de fallos de memoria, relacionado con los errores cometidos al tratar de inhibir la información inadecuada. Los factores de generación de estrategias y regulación, así como la automonitorización y el mantenimiento del *set* hallados por Testa et al, guardan relación con la propuesta de Stuss y Alexander [47], en la que plantean la programación de tarea y la monitorización como funciones ejecutivas, y Stuss [48], que sugiere la autorregulación emocional-conductual y la metacognición como funciones asociadas con la actividad de los lóbulos frontales.

Una propuesta integradora de procesos de control ejecutivo

Han sido tres los métodos utilizados para conocer la naturaleza de las funciones ejecutivas (estudios de lesión, técnicas de neuroimagen y modelos psicométricos), válidos, pero por sí solos incompletos, de modo que, si lográramos aunar los tres métodos, podríamos estar ante una nueva forma de trabajo que permitiese una mayor clarificación del concepto de funciones ejecutivas. Así, estamos de acuerdo cuando se afirma que para poder clarificar los sustratos neuroanatómicos de dicho constructo, la aproximación óptima sería proponer hipótesis específicas basadas en la evidencia sobre la existencia de conexiones neuroanatómicas con su correspondiente correlato funcional y conductual, y probar estas hipótesis combinando información procedente de estudios de lesión, estudios con diversas metodologías de neuroimagen (morfometría, conectividad funcional, tractografía de sustancia blanca), y modelos psicométricos y computacionales [49].

En congruencia con la afirmación anterior, nuestra propuesta integradora pretende englobar los procesos ejecutivos que mayor evidencia han logrado en la literatura de los modelos factoriales que, asimismo, cuentan con apoyo por parte de estudios de lesión y neuroimagen respecto a sus correlatos neuroanatómicos. Los procesos ejecutivos que proponemos son los siguientes:

Velocidad de procesamiento

Según Ríos [50], 'la velocidad de procesamiento refleja la cantidad de información que puede ser procesada por unidad de tiempo o, incluso, la velocidad a la que puede realizarse una serie de operaciones cognitivas', pero también 'el tiempo que transcurre desde la aparición del estímulo hasta la ejecución de una respuesta'. Consideramos que se trata no tanto de un proceso cognitivo, sino más bien de una propiedad del sistema que se ha relacionado con la sustancia blanca [51].

Memoria de trabajo

Entendida como la capacidad de registrar, codificar, mantener y manipular información, se encontraría relacionada con el factor de actualización. En estudios con técnicas de neuroimagen funcional, se observa que la corteza prefrontal dorsolateral es esencial para mantener el sentido de unidad en la actividad cognitiva, puesto que se activa cuando la información ha de ser registrada y codificada, mientras que durante el subsiguiente período de demora, cuando la información no es accesible al sujeto, el sector ventrolateral y el dorsolateral se activan [52,53]. Estos hallazgos plantean la hipótesis de que el sector dorsolateral interviene en la codificación-manipulación, y el sector ventrolateral, en el mantenimiento e inhibición-selección de dicha información.

Fluidez verbal

Parece ser un factor independiente en los estudios que emplean tareas de fluidez verbal fonológica y semántica. En nuestra opinión, los procesos principales que subyacen son: la capacidad de acceso a la recuperación de información de la memoria semántica (consideramos más apropiado el término utilizado por Fisk y Sharp [35], 'acceso a la memoria a largo plazo') y, por otro lado, la activación de procesos ejecutivos mediante los cuales se llevan a cabo las estrategias adecuadas para la búsqueda de las palabras. Henson et al plantean que una de las funciones de la corteza prefrontal derecha es monitorizar la información recuperando de la memoria episódica y semántica información con el fin de emitir una respuesta apropiada [54].

Inhibición

Los procesos de inhibición aparecen como un factor muy consistente, aunque en algunos estudios se

denomina control de la interferencia o atención selectiva (ya que ésta precisa controlar interferencias y distractores). Los estudios coinciden en cuanto a la participación, fundamentalmente, de la corteza prefrontal orbital y el cíngulo anterior [55].

Ejecución dual

Miyake et al [17] emplearon tareas 'clásicas' del lóbulo prefrontal que incluían pruebas de ejecución dual sin encontrar correlaciones significativas entre éstas y los factores de actualización, inhibición y alternancia, lo que podría sugerir que dichas pruebas requieren la implicación de otros procesos ejecutivos independientes. Fournier-Vicente et al [43] también emplean este tipo de tareas sin identificar la ejecución dual como factor específico, aunque señalan que podría ser explicado porque los cuatro paradigmas utilizados para 'captar' este proceso no tuvieran el mismo constructo subyacente común. Otros análisis factoriales han encontrado un factor específico de atención dividida, entendida como la 'capacidad de prestar atención simultáneamente a varios estímulos' [10].

Las tareas de ejecución dual son paradigmáticas del aumento de exigencia hacia la memoria de trabajo y consisten en realizar dos tareas simultáneamente, habitualmente una verbal y una visuoespacial. En este sentido, el proceso subyacente es la capacidad de trabajar con información verbal y visual de modo concomitante, por lo que es posible que guarden relación con el concepto de atención dividida. Diversos trabajos han asociado la ejecución en estas tareas con el aumento de la actividad cerebral en diferentes regiones de la corteza prefrontal: surco frontal inferior izquierdo (áreas de Brodmann 44/45), la circunvolución frontal media posterior (área de Brodmann 6) y la circunvolución parietal inferior izquierda (área de Brodmann 40) [56].

Flexibilidad cognitiva

El componente de alternancia de Miyake et al se relaciona con el concepto de flexibilidad encontrado por otros autores, por lo que podemos considerar que es un proceso con 'identidad propia y diferenciada'. El paradigma más utilizado para su evaluación es el test de clasificación de cartas de Wisconsin. En tres metaanálisis se encontró activación en amplios grupos bilaterales de la corteza prefrontal lateral, la corteza cíngula anterior, las regiones posteriores temporoparietales y el lóbulo parietal inferior durante la ejecución en el test de clasificación de cartas de Wisconsin [57].

Planificación

Es un factor encontrado en diversos estudios, aunque en algunos lo entienden como parte de un factor más general de monitorización y control de la conducta. En nuestra opinión, la base de la planificación estaría en la capacidad de llevar a cabo ensayos mentales sobre las posibles soluciones y sus consecuencias antes de probarlas 'en el mundo real'. En cuanto a los correlatos neurales, la ejecución de la torre de Londres se asocia a activación específica en regiones prefrontales anteriores (área de Brodmann 10) [58], lo cual sería congruente con la hipótesis del eje rostrocaudal de la corteza prefrontal de Christoff y Burgess [59,60], que proponen un sistema cerebral que puede determinar cuál es la fuente de activación (externa o interna) de cada representación central que denominan la entrada atencional supervisora (*supervisory attentional gateway*). Las regiones anteriores de la corteza prefrontal (polo rostral) se activarían ante contenidos internos (en los que incluiríamos los ensayos mentales). Así, el sistema de entrada atencional supervisora funciona bajo condiciones particulares para asegurar el uso óptimo de los recursos cognitivos y lograr que el sistema supere una situación de *impasse*.

Toma de decisiones

Es un factor encontrado por Verdejo-García y Pérez-García [36], que se basa en la hipótesis del marcador somático de Damasio, teoría que trata de explicar el papel de las emociones en el razonamiento y la toma de decisiones, fruto de las observaciones de pacientes con daño cerebral adquirido en la corteza prefrontal ventromedial que realizaban adecuadamente los tests neuropsicológicos de laboratorio, pero tenían afectada su capacidad de tomar decisiones. Ante un perfil cognitivo conservado y dificultades en la toma de decisiones, hemos de deducir que el problema no sólo compete al procesamiento de la información, sino que otros aspectos deben incidir en el problema, en concreto la yuxtaposición entre procesos cognitivos fríos y los sistemas emocionales. La afectación en el proceso de toma de decisiones se ha relacionado consistentemente con afectación de la corteza prefrontal ventromedial, la ínsula, la amígdala y el estriado anterior [61].

Estos ocho factores ejecutivos están presentes, de manera mayoritaria, en los estudios revisados por nuestra parte. Sin embargo, consideramos que existe, al menos, otro factor que debería ser considerado en futuros estudios: procesos de multitarea o

branching. Hemos de considerar que el *branching* es un proceso 'nuevo', ya que los primeros trabajos que lo mencionan datan de 2008, por lo que no se ha valorado en los paradigmas utilizados en los estudios factoriales revisados. Sin embargo, su 'solidez' tanto en la definición como proceso como su relación con una región específica de la corteza prefrontal (polo rostral), su independencia de otros factores en nuestra experiencia clínica y las tareas diferenciadoras y específicas utilizadas para su evaluación avalan la plausibilidad de la existencia de este factor. Todo ello nos anima a conjeturar su más que posible existencia como factor independiente que debe tenerse en cuenta en futuros análisis factoriales.

Paradigmas multitarea

No se ha encontrado en los estudios revisados, tal vez por el hecho de que 'no encuentras lo que no buscas', pero en la práctica clínica tiene una gran relevancia; puede servir como ejemplo el factor de toma de decisiones, que no aparece en los modelos factoriales hasta que se incluyen pruebas como la IGT y la CBT, que requieren procesos específicos relacionados con la toma de decisiones.

El concepto de multitarea ha surgido recientemente como posible solución a algunos de los problemas de la evaluación neuropsicológica, ya que ofrece una oportunidad única de ver los subprocesos de funciones ejecutivas en interacción en situaciones similares a la vida real. Así, se entiende que las funciones cognitivas son fundamentales para la supervivencia diaria, puesto que la ejecución de actividades cotidianas de carácter complejo implica la capacidad de priorización, organización y ejecución de un número variable de subtareas en un tiempo definido. Un aspecto fundamental de la ejecución exitosa de este tipo de tareas es la habilidad para crear y activar en el momento oportuno 'intenciones demoradas' (*delayed intentions*). Este paradigma es congruente con el modelo en cascada de Koechlin, que plantea que el polo rostral (regiones más anteriores de la corteza prefrontal ventrolateral, área 10 de Brodmann) estaría implicado en el *branching*, es decir, en la activación de las representaciones prefrontales rostrales (episodios de comportamientos o planes de acción) en función de los planes de acción que se están desarrollando concomitantemente. El *branching* es concebido como un proceso que integra memoria operativa con recursos atencionales para la consecución de actividades de mayor complejidad que las tareas duales o la función de respuesta demorada [62].

Bibliografía

1. Lezak MD. The problem of assessing executive functions. *Int J Psychol* 1982; 17: 281-97.
2. Gilbert SJ, Burgess PW. Executive function. *Curr Biol* 2008; 18: R110-4.
3. Verdejo-García A, Bechara A. Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema* 2010; 22: 227-35.
4. Jurado MB, Rosselli M. The elusive nature of executive functions: a review of our current understanding. *Neuropsychol Rev* 2007; 17: 213-33.
5. Robbins TW. Shifting and stopping: fronto-striatal substrates, neurochemical modulation and clinical implications. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2007; 362: 917-32.
6. Tirapu J. ¿Para qué sirve el cerebro? Manual para principiantes. Bilbao: Desclée de Brouwer; 2008.
7. Searle J. The rediscovery of the mind. Cambridge, MA: MIT Press; 1992.
8. Mirsky AF, Anthony BJ, Ducean CC, Aheran MB, Kellam SH. Analysis of the elements of attention: a neuropsychological approach. *Neuropsychol Rev* 1991; 2: 109-45.
9. Robertson IH, Ward T, Ridgeway V, Nimmo-Smith I. The structure of normal human attention: the Test of Everyday Attention. *J Int Neuropsychol Soc* 1996; 2: 525-34.
10. Bate AJ, Mathias JL, Crawford JR. Performance on the test of everyday attention and standard tests of attention following severe traumatic brain injury. *Clin Neuropsychol* 2001; 15: 405-22.
11. Spikman JM, Kiers HAL, Deelman BG, Van Zomeran AH. Construct validity of concepts of attention in healthy controls and patients with CHI. *Brain Cogn* 2001; 47: 446-60.
12. Schmidt EL, Burge W, Visscher KM, Ross LA. Cortical thickness in frontoparietal and cingulo-opercular networks predicts executive function performance in older adults. *Neuropsychology* 2016; 30: 322-31.
13. Boone KB, Pontón MO, Gorsuch RL, González JJ, Miller BL. Factor analysis of four measures of prefrontal lobe functioning. *Arch Clin Neuropsychol* 1998; 13: 585-95.
14. Pineda DA, Merchan V, Rosselli M, Ardila A. Estructura factorial de la función ejecutiva en estudiantes universitarios jóvenes. *Rev Neurol* 2000; 31: 1112-8.
15. Ríos M, Periañez JA, Muñoz-Céspedes JM. Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Inj* 2004; 18: 257-72.
16. Bondi MW, Serody AB, Chan AS, Ebersson-Shumate SC, Delis DC, Hansen LA, et al. Cognitive and neuropathologic correlates of Stroop Color-Word Test performance in Alzheimer's disease. *Neuropsychology* 2002; 16: 335-43.
17. Miyake A, Friedman NP, Emerson MJ, Witzki AH, Howerter A. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex 'frontal lobe' tasks: a latent variable analysis. *Cogn Psychol* 2000; 41: 49-100.
18. Friedman NP, Miyake A, Corley RP, Young SE, Defries JC, Hewitt JK. Not all executive functions are related to intelligence. *Psychol Sci* 2006; 17: 172-9.
19. Van Aken L, Kessels RP, Wingbermühle E, Van der Veld WM, Egger JI. Fluid intelligence and executive functioning more alike than different? *Acta Neuropsychiatr* 2016; 28: 31-7.
20. Vaughan L, Giovanello K. Executive function in daily life: Age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychol Aging* 2010; 25: 343-55.
21. De Frias CM, Dixon RA, Strauss E. Characterizing executive functioning in older special populations: from cognitively elite to cognitively impaired. *Neuropsychology* 2009; 23: 778-91.
22. Balinsky B. An analysis of the mental factors of various age groups from 9 to 60. *Genet Psychol Monogr* 1941; 23: 191-234.
23. De Frias CM, Dixon RA, Strauss E. Structure of four executive functioning tests in healthy older adults. *Neuropsychology* 2006; 20: 206-14.
24. Thibaut S, McFall GP, Wiebe SA, Anstey KJ, Dixon RA. Factors moderate everyday physical activity effects on executive functions in aging: evidence from the Victoria Longitudinal Study. *Neuropsychology* 2016; 30: 6-17.
25. Wiebe SA, Espy KA, Charak D. Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: I. Latent structure. *Dev Psychol* 2008; 44: 575-587.
26. Bull R, Espy KA, Wiebe SA, Sheffield TD, Nelson JM. Using confirmatory factor analysis to understand executive control in preschool children: sources of variation in emergent mathematic achievement. *Dev Sci* 2011; 14: 679-92.
27. Prencipe A, Kesek A, Cohen J, Lamm C, Lewis MD, Zelazo PD. Development of hot and cool executive function during the transition to adolescence. *J Exp Child Psychol* 2011; 108: 621-37.
28. Van der Ven SH, Kroesbergen EH, Boom J, Leseman PP. The development of the executive functions and early mathematics: a dynamic relationships. *Br J Educ Psychol* 2012; 82: 100-19.
29. Monette S, Bigras M, Lafrenière MA. Structure of executive functions in typically developing kindergarteners. *J Exp Child Psychol* 2015; 140: 120-39.
30. Lerner MD, Lonigan CJ. Executive function among preschool children: unitary versus distinct abilities. *J Psychopathol Behav Assess* 2014; 36: 626-39.
31. Rose SA, Feldman JE, Jankowski JJ. Modeling a cascade of effects: the role of speed and executive functioning in preterm/full-term difference in academic achievement. *Dev Sci* 2011; 14: 1161-75.
32. Collette F, Van der Linden M, Laureys S, Delfiore G, Degeldre C, Luxen A, et al. Exploring the unity and diversity of the neural substrates of executive functioning. *Hum Brain Mapp* 2005; 25: 409-423.
33. McNab F, Leroux G, Strand F, Thorell L, Bergman S, Klingberg T. Common and unique components of inhibition and working memory: an fMRI, within-subjects investigation. *Neuropsychologia* 2008; 46: 2668-82.
34. Friedman NP, Miyake A, Young SE, DeFries JC, Corley RP. Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *J Exp Psychol Gen* 2008; 137: 201-25.
35. Fisk JE, Sharp CA. Age-related impairment in executive functioning: updating, inhibition, shifting, and access. *J Clin Exp Neuropsychol* 2004; 26: 874-90.
36. Verdejo-García A, Pérez-García M. Profile of executive deficits in cocaine and heroin polysubstance users: common and differential effects on separate executive components. *Psychopharmacology (Berl)* 2007; 190: 517-30.
37. Adrover-Roig D, Sesé A, Barceló F, Palmer A. A latent variable approach to executive control in healthy ageing. *Brain Cogn* 2012; 78: 284-99.
38. Hedden T, Yoon C. Individual differences in executive processing predict susceptibility to interference in verbal working memory. *Neuropsychology* 2006; 20: 511-28.
39. Hull R, Martin RC, Beier ME, Lane D. Executive function in older adults: a structural equation modeling approach. *Neuropsychology* 2008; 22: 508-22.
40. Cerezo-García P, Martín-Plasencia P, Aladro-Benito Y. Alteration profile of executive functions in multiple sclerosis. *Acta Neurol Scand* 2015; 131: 313-20.
41. Weintraub D, Moberg PJ, Culbertson WC, Duda JE, Katz IR, Stern MB. Dimensions of executive function in Parkinson's disease. *Dement Geriatr Cogn Disord* 2005; 20: 140-4.
42. Brandt J, Aretouli E, Neijstrom E, Samek J, Manning K, Albert M, et al. Selectivity of executive functions deficits in mild cognitive impairment. *Neuropsychology* 2009; 23: 607-18.
43. Fournier-Vicente S, Larigauderie P, Gaonac'h D. More dissociations and interactions within central executive functioning: a comprehensive latent-variable analysis. *Acta Psychol (Amst)* 2008; 129: 32-48.
44. Testa R, Bennett P, Ponsford J. Factor analysis of nineteen executive function tests in healthy adult population. *Arch Clin Neuropsychol* 2012; 27: 213-24.
45. Stuss DT, Benson DF. The frontal lobes. New York: Raven Press; 1986.
46. Busch RM, McBride A, Curtiss G, Vanderploeg RD. The components of executive functioning in traumatic brain injury. *J Clin Exp Neuropsychol* 2005; 27: 1022-32.
47. Stuss DT, Alexander MP. Is there a dysexecutive syndrome? *Phil Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2007; 362: 901-15.

48. Stuss DT. Functions of the frontal lobes: relation to executive functions. *J Int Neuropsychol Soc* 2011; 17: 759-65.
49. Aron AR. The neural basis of inhibition in cognitive control. *Neuroscientist* 2007; 13: 214-28.
50. Ríos-Lago M, Perriñez JA, Muñoz-Céspedes JM. Attentional control and slowness of information processing after severe traumatic brain injury. *Brain Inj* 2004; 18: 257-72.
51. Magistro D, Takeuchi H, Nejad KK, Taki Y, Sekiguchi A, Nouchi R, et al. The relationship between processing speed and regional white matter volume in healthy young people. *PLoS One* 2015; 10: e0136386.
52. D'Esposito M, Postle BR. Working memory function in lateral prefrontal cortex. In Stuss DT, Knight RT, eds. *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press; 2002.
53. Postle BR, Berger JS, Goldstein JH, Curtis CE, D'Esposito M. Behavioral and neuropsychological correlates of episodic encoding, proactive interference and list length effects in a span verbal working memory task. *Affect Behav Neurosci* 2001; 1: 10-21.
54. Henson RN, Shallice T, Dolan RJ. Right prefrontal cortex and episodic memory retrieval: a functional MRI test of the monitoring hypothesis. *Brain* 1999; 122: 1367-381.
55. O'Reilly RC. The what and how of prefrontal cortical organization. *Trends Neurosci* 2010; 33: 355-61.
56. Colette F, Olivier L, Van der Linden M, Laureys S, Delfiore G, Luxen A, et al. Involvement of both prefrontal and inferior parietal cortex in dual-task performance. *Brain Res Cogn Brain Res* 2005; 24: 237-51.
57. Buchsbaum BR, Greer S, Chang WL, Berman KF. Meta-analysis of neuroimaging studies of the Wisconsin card-sorting task and component processes. *Hum Brain Mapp* 2005; 25: 35-45.
58. Neumann DN, Greco J, Lee D. An fMRI study of the Tower of London: a look at problem structure differences. *Brain Res* 2009; 1286: 123-32.
59. Christoff K, Ream JM, Geddes LP, Gabrieli JD. Evaluating self-generated information: anterior prefrontal contributions to human cognition. *Behav Neurosci* 2003; 117: 1161-8.
60. Burgess PW, Gilbert SJ, Dumontheil I. Function and localization within rostral prefrontal cortex (area 10). *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 2007; 362: 887-99.
61. Damasio AR, Tranel D, Damasio H. Somatic markers and the guidance of behavior: theory and preliminary testing. In Levin HS, Eisenberg HM, Benton AL, eds. *Frontal lobe function and dysfunction*. New York: Oxford University Press; 1991. p. 217-29.
62. Koechlin E, Ody C, Kouneiher F. The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science* 2003; 302: 1181-5.

Proposed model of executive functions based on factorial analyses

Introduction. Since Lezak coined the term executive functions to refer to the mental capabilities that are considered essential for performing efficacious, creative and socially acceptable behaviour, they have gradually grown in importance in neuropsychological research. Different models have been proposed to explain their nature, but there is no general agreement as to whether we are dealing with a unitary construct or a multimodal processing system with independent, but interconnected, components. With the aim of gaining a deeper knowledge of the structure of this construct, researchers have conducted lesion, neuroimaging and, more recently, factorial analysis studies, the latter being seen as a promising methodology for expanding our knowledge about such a generic concept as the executive functions.

Development. The purpose of this study is to carry out a systematic review of factorial models of attention and executive control in adults, between the years 1991 and 2016, using the PubMed, OvidSP and PsycINFO databases. Altogether, 33 papers were reviewed. Based on the literature, an integrating proposal of the executive functions is put forward.

Conclusions. Although we do not have just one single model that can account for the complexity of the executive functions, there does seem to be general agreement on their multidimensionality. In factorial analyses, there is strong evidence of updating, inhibition and alternation, although there are also studies that propose novel factors. Our integrating proposal aims to combine the executive processes found in the literature with their corresponding neuroanatomical correlates, and defends the stance that the ideal methodology should use information from lesion studies, neuroimaging techniques and psychometric-computational models.

Key words. Attention. Cognitive flexibility. Decision-making. Executive functions. Factorial analyses. Inhibition. Multitasking. Planning. Verbal fluency. Working memory.

Anexo. Resultados de la revisión de estudios sobre análisis factorial en funciones ejecutivas

	Muestra	Pruebas	Factores
Mirsky et al (1991)	Dos muestras: 203 adultos neurológicos y controles sanos, y 435 niños con desarrollo normal	Stroop, tarea de cancelación, TMT, WAIS-R, CPT, test de clasificación de cartas de Wisconsin (WCST)	Atención focalizada ejecutiva Cambio Atención sostenida Codificación
Robertson et al (1996)	155 muestra no clínica	<i>Test of Everyday Attention</i> (TEA), Stroop, <i>Trails B</i> , WCST, <i>Backward Digit Span</i> , <i>d2 Cancellation Task</i> , PASAT	Atención/velocidad visual selectiva Cambio atencional Atención sostenida Memoria de trabajo auditivo-verbal
Bate et al (2001)	Dos muestras: 35 con daño cerebral adquirido (DCA) y 35 controles sanos	TEA, Stroop, SDMT, <i>span</i> de dígitos, <i>Ruff 2s y 7s Selective Attention Test</i> , PASAT, NART	Atención visual selectiva Cambio atencional Atención sostenida Atención dividida
Spikman et al (2001)	Dos muestras: 60 con DCA y 60 controles sanos	Stroop, <i>RT distraction task</i> , PASAT, <i>RT dual task</i> , TMT, <i>Lack of Consistence Score</i> (LOC), <i>Relative Perseveration Error Score</i> (PERSREL)	Procesos guiados por la memoria Procesos guiados por la estimulación
Schmidt et al (2016)	41 adultos no institucionalizados	<i>Useful Field of View</i> (UFOV), <i>Complex Reaction Time/road signs tests</i> (CRT), COWAT, <i>animal naming</i> , <i>reasoning matrix</i> (WAIS).	Control atencional complejo Control ejecutivo sostenido
Boone et al (1998)	Dos muestras: 138 neurológicos, psicopatológicos y 112 controles sanos	WCST, Stroop, FAS, <i>Auditory Consonant Trigrams</i> (ACT), versión abreviada del WAIS-R, test de figura compleja de Rey, WMS (memoria lógica y reproducción visual)	Flexibilidad cognitiva Velocidad de procesamiento Atención básica/dividida y memoria a corto plazo
Pineda et al (2000)	100 universitarios	FAS, WCST, Stroop, TMT	Organización y flexibilidad Velocidad de procesamiento Control inhibitorio Fluidez verbal
Bondi et al (2002)	Dos muestras: 59 con probable enfermedad de Alzheimer y 51 controles sanos	Test de denominación de Boston (BNT), FAS, Stroop, TMT, WAIS-R (dígitos, clave de números y vocabulario), WCST, WISC (diseño de bloques), WMS-R (recuerdo inmediato y demorado)	Velocidad de procesamiento visual y visuomotor Velocidad de procesamiento verbal y semántico Memoria semántica Funciones ejecutivas
Ríos-Lago et al (2004)	Dos muestras: 29 con DCA y 30 controles sanos	TMT, WCST, Stroop	Flexibilidad cognitiva Control de interferencia Memoria operativa
Miyake et al (2000)	137 universitarios	Actualización: <i>Keep Track Task</i> , <i>Letter Memory Task</i> , <i>Tone Monitoring Task</i> Inhibición: pruebas antisacádicas, Stroop, <i>Stop-Signal Task</i> Alternancia: <i>Plus-Minus</i> , <i>Number-Letter</i> , <i>Local-Global Task</i> Tareas clásicas: WCST, torre de Hanoi, generación de números al azar, <i>span</i> atencional, ejecución dual	Actualización Inhibición Alternancia
Vaughan y Giovanello (2010)	75 adultos no institucionalizados	Actualización: <i>refreshing paradigm</i> , <i>n-back</i> , <i>letter memory</i> Inhibición: Stroop, <i>anti-cue task</i> , <i>stop-signal</i> Alternancia: <i>number-letter task</i> , <i>local-global</i> , <i>more-less and odd-even</i> Batería NP general: TMT, WAIS-III, WMS-III, CVLT, COWAT, WCST	Actualización Inhibición Alternancia
De Frias y Dixon (2009)	Dos muestras: 570 y 399 adultos (estado cognitivo: élite, 128; normal, 486; deterioro, 228)	<i>Hayling Sentence Completion Test</i> , Stroop, test de Brixton, <i>Color Trials Test</i> (CTT), <i>reading and computational span</i>	Actualización, inhibición y alternancia para el grupo con estado cognitivo élite Apoyo parcial en el grupo normal Modelo de único factor para muestra general
De Frias et al (2006)	427 adultos controles sanos	<i>Hayling Sentence Completion Test</i> , Stroop, <i>Brixton Spatial Anticipation Test</i> , CTT	Modelo de factor único
McFall et al (2013)	574 adultos de 53-95 años (46 con diabetes mellitus 2)	<i>Hayling Sentence Completion Test</i> , Stroop, <i>Brixton Spatial Anticipation Test</i> , CTT	Modelo de factor único
Thibeu et al (2016)	577 adultos de 53-95 años	<i>Hayling Sentence Completion Test</i> , Stroop, <i>Brixton Spatial Anticipation Test</i> , CTT	Modelo de factor único
Wiebe et al (2008)	243 niños de 2, 3 y 6 años con desarrollo normal	Memoria de trabajo: <i>delayed alternation task</i> , <i>six boxes task</i> Control inhibitorio: <i>delayed R task</i> , <i>Whisper</i> , NEPSY (<i>visual attention</i> , <i>Shape School</i>), torre de Hanoi, CPT	Modelo de factor único

	Muestra	Pruebas	Factores
Bull et al (2011)	189 niños de 2-6 años	Batería NP del estudio de Wiebe et al (2008)	Modelo de factor único
Prencipe et al (2011)	201 niños de 8-15 años	<i>Iowa Gambling Task, Color Word Stroop, Delay Discounting task, Digit Span task</i>	Modelo de factor único
Van der Ven et al (2013)	211 niños de 6 años	Actualización: <i>Digit Span Backwards, Odd One Out, Keep Track</i> Inhibición: <i>Animal Stroop, Local Global, Simon Task</i> Alternancia: <i>Animal Shifting, TMT colours, Sorting Task Visual</i>	Actualización Alternancia-inhibición
Monette et al (2015)	275 niños en edad preescolar	Memoria de trabajo: <i>backward span (word, block)</i> Inhibición: <i>fruit Stroop, Day-night test, hand Stroop</i> Flexibilidad: <i>trails-P, card sort, verbal fluidity shift, face sort</i>	Inhibición Memoria de trabajo-flexibilidad
Lerner y Lonigan (2014)	289 niños de 45-63 meses	Memoria de trabajo: <i>Word span reversed, object and listening span, size ordering</i> Control inhibitorio y supresión de R: <i>Bird and dragon, Luria's hand game, picture imitation</i> Control inhibitorio y conflicto de R: <i>block sorting, day-night test, knock-tap</i>	Memoria de trabajo Control inhibitorio
Rose et al (2011)	Dos muestras de niños de 11 años: 44 pretérmino y 90 a término	CANTAB (<i>spatial working memory, rapid visual information processing, intra-dimensional/extra-dimensional shift</i>), <i>Cognitive Abilities Test (Tachistoscopic threshold, reaction time), span (listening, counting), go/no-go, trail making</i>	Memoria de trabajo Inhibición Alternancia Velocidad de procesamiento
Lee et al (2013)	688 niños de 6-15 años	Actualización y memoria de trabajo: <i>listening recall task, Mister X task, pictorial updating task</i> Inhibición y cambio: <i>flanker task, Simon task, picture-symbol task, Mickey task</i>	5-13 años: actualización e inhibición/alternancia Desde los 15 años: actualización, inhibición y alternancia
Xu et al (2013)	457 niños de 7-15 años	Actualización: <i>n-back, running memory task</i> Inhibición: <i>go/no go, Stroop</i> Alternancia: <i>número-pinyin, dots-triangles task</i>	7-12 años: factor único 13-15 años: actualización-memoria de trabajo, inhibición y alternancia
Friedman et al (2008)	918 gemelos del estudio longitudinal de Colorado	Actualización: <i>keep track, letter memory, n-back espacial</i> Inhibición: pruebas antisacádicas, <i>stop-signal, Stroop</i> . Alternancia: <i>color-shape, category switch, números-letras</i> Medida de inteligencia (WAIS-III) y medidas de velocidad perceptiva	Modelo de factores correlacionales: actualización, inhibición, alternancia Modelo de factores anidados: funciones ejecutivas comunes, actualización-específica, alternancia-específica
Fisk y Sharp (2004)	95 personas de 20-81 años	WCST, tarea de generación de letras al azar, tareas de <i>span</i> atencional, pruebas de ejecución dual, <i>Brooks spatial sequences</i> y tareas de fluidez verbal	Actualización Inhibición Alternancia Acceso a la memoria a largo plazo
Verdejo-García y Pérez-García (2007)	Dos muestras: 81 con consumo de tóxicos y 37 con muestra no clínica	Pruebas de fluidez (verbal y gráfica), memoria de trabajo (letras y números, aritmética y dígitos del WAIS-III, localización espacial del WMS-III), razonamiento analógico (semejanzas del WAIS-III), control inhibitorio y de la interferencia atencional (Stroop, test de los cinco dígitos y paradigma <i>go/no-go</i>), flexibilidad cognitiva (test de categorías y WCST), toma de decisiones (<i>Cognitive Bias Task-CBT</i> y <i>Iowa Gambling Task-IGT</i>)	Actualización Inhibición Alternancia Toma de decisiones
Adrover-Roig et al (2012)	112 adultos sin antecedentes neurológicos	Tareas específicas: Stroop, TMT, <i>span</i> de dígitos, <i>Madrid Card Sorting Test (MCST)</i> Tareas complejas: figura compleja de Rey-Osterrieth, COWAT, fluidez semántica, BNT, test de Brixton y <i>CANTAB-Paired Associated Learning</i>	Modelo de dos factores: memoria de trabajo, acceso a memoria a largo plazo Modelo de tres factores: memoria de trabajo, alternancia, acceso a memoria a largo plazo Factor mediador: velocidad de procesamiento
Hedden y Yoon (2006)	122 controles sanos	Medidas de funciones ejecutivas, memoria y velocidad perceptiva	Actualización y alternancia Inhibición de interferencia proactiva
Hull et al (2008)	100 adultos controles sanos	Actualización: <i>n-back</i> (verbal, no verbal), <i>keep-track task</i> (verbal, no-verbal) Inhibición: <i>Stroop verbal task, antisaccade task</i> <i>Shifting: local-global task</i> (verbal, no verbal), <i>plus-minus task</i> Tareas complejas: WCST, torre de Hanoi, WAIS-III (vocabulario y figuras incompletas)	Actualización Alternancia

	Muestra	Pruebas	Factores
Cerezo-García et al (2015)	Dos muestras: 100 con esclerosis múltiple y 30 adultos controles sanos	CTMT, Stroop, WCST, WAIS-III (comprensión, semejanzas, figuras incompletas, clave de números, letras y números), fluidez verbal fonológica y semántica, test mapa del zoo y juicio temporal del BADS, cuestionario disejecutivo (DEX)	Flexibilidad cognitiva Inhibición Capacidad de abstracción
Weintraub et al (2005)	49 con enfermedad de Parkinson	Torre de Londres, TMT, Stroop	Planificación Control inhibitorio
Brandt et al (2009)	Dos muestras: 124 con DCL (amnésico frente a no amnésico, dominio único frente a múltiple) y 68 controles sanos	<i>Alternate Uses Test; Random Number Generation; Tinker Toy Test; D-KEFS (Stroop, Tower Test, Sorting Test); Hayling Test; Completions & Corrections Test; Maze Test; Tic-Tac-Toe; Verbal Concept Attainment Test; Stanford Binet Absurdities Test; IGT; Experimental Judgment Test; TMT; Brief Test of Attention; TEA Telephone Search While Counting (dual task)</i>	Planificación/solución de problemas Memoria de trabajo Juicio
Fournier-Vicente et al (2008)	180 universitarios	<i>Span (Backward digit; Verbal transposed; Verbal arithmetic; Backward location; Visuospatial transposed; Visuospatial arithmetic); Digit span/box-crossing dual-task; Location span/categorization dual-task; Dual-storage; Dual-processing; Random generation; Hayling test; Semantic fluency; Stroop (color, numerical); d2 target detection; Plus-minus; Number-letter; Local-global</i>	Coordinación del procesamiento y almacenamiento verbal Coordinación del procesamiento y almacenamiento visual Recuperación estratégica Atención selectiva Alternancia
Testa et al (2012)	200 adultos sin antecedentes de DCA	<i>Porteus Mazes; RNG; Six Elements Test (SET); Key Search Task; Zoo Map Test; Stroop Test; Hayling Sentence Completion Test; Brixton Spatial Anticipation Test; Similarities (WAIS-III); Twenty Questions Test; Cognitive Estimates Test (CET); Tower of London-Revised (TOL-R); TMT; Contingency Naming Test (CNT); Animal Fluency; Verbal Fluency; Concept Generation Test; WCST; e-DEX</i>	Memoria de trabajo prospectiva Alternancia y manejo de interferencia Análisis de la tarea Inhibición de R Generación de estrategias y regulación Automonitorización/mantenimiento de set
Busch et al (2005)	104 personas con DCA	<i>COWAT, Design and semantic fluency, WCST, TMT, Stroop, Digit Span Backward, CVLT, VSLT</i>	Factor de orden superior: conducta autogenerada y flexibilidad cognitiva Control cognitivo Fallos de memoria