

Función Ejecutiva [fundamentos y evaluación]

**Alfredo Ardila
Florida International University
Miami, Florida, EE.UU.**

2013

Introducción

El término “Función Ejecutiva” (o “Funciones Ejecutivas”) es un término relativamente reciente dentro de las neurociencias. La observación que las áreas cerebrales prefrontales están involucradas en estrategias cognitivas, tales como la solución de problemas, formación de conceptos, planeación y memoria de trabajo, dio como resultado el término “funciones ejecutivas” (Ardila & Surloff, 2012; Tirapu Ustárroz, García-Molina, Ríos Lago & Ardila, 2012). Luria es el antecesor directo del concepto de funciones ejecutivas. Propuso tres unidades funcionales en el cerebro: (1) alerta-motivación (sistema límbico y reticular); (2) recepción, procesamiento y almacenamiento de la información (áreas corticales post-rolándicas); y (3) programación, control y verificación de la actividad, lo cual depende de la actividad de la corteza prefrontal (Luria, 1980) (Figura 1). Luria menciona que esta tercera unidad juega un papel ejecutivo.

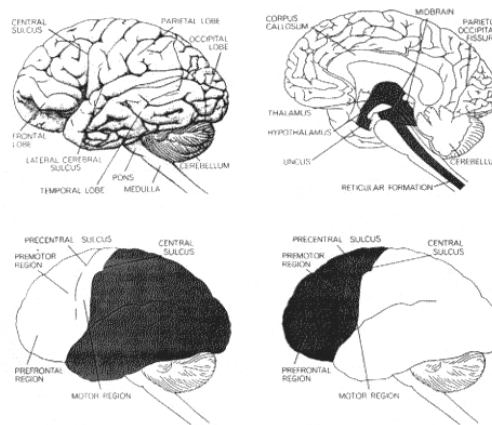


Figura 1. Tres unidades funcionales según Luria. La tercera unidad (lóbulo frontal) cumple una función ejecutiva

Lezak (1983) se refiere al “funcionamiento ejecutivo” para distinguirlo de las funciones cognitivas que explican el “cómo” de las conductas humanas. Baddeley (1986) agrupó estas conductas en dominios cognitivos que incluían problemas en planeación y organización de conductas, desinhibición, perseveración y decremento en fluidez e iniciación. Baddeley también acuñó el término “**síndrome disejecutivo**”. Cada componente del funcionamiento ejecutivo se añade al conjunto de procesos cognitivos, que incluyen el mantenimiento de un contexto para la solución de problemas, dirección de la conducta hacia un objetivo, control de la interferencia, flexibilidad, planeación estratégica y la habilidad para anticipar y comprometerse en actividades dirigidas a una meta (Denckla, 1994).

La definición de función ejecutiva incluye la habilidad de filtrar información que interfiere con la tarea, involucrarse en conductas dirigidas a un objetivo, anticipar las consecuencias de las propias acciones y el concepto de flexibilidad mental (Denckla, 1996; Goldberg, 2001; Luria 1969, 1980; Stuss & Benson, 1986). El concepto de moralidad, conductas éticas, auto-conciencia y la idea de los lóbulos frontales, como un director y programador de la psique humana, también se incluyen dentro de su definición (Ardila & Surloff, 2012).

Durante finales del siglo XIX y principios del siglo XX, las investigaciones clínicas documentaron diversos trastornos conductuales en casos de patología frontal. El “síndrome de lóbulo frontal” fue sistematizado por Feuchtwanger (1923), quien correlacionó la patología frontal con conductas que no están relacionadas con el lenguaje, la memoria, o los déficit sensoriomotores. Enfatizó también los cambios de personalidad, los trastornos en la motivación, los defectos en la regulación afectiva y en la capacidad para regular e integrar otras conductas. Goldstein (1944) extendió la capacidad del lóbulo frontal para incluir lo que denominó como “actitud abstracta”, iniciación y flexibilidad mental. Las primeras cuatro décadas del siglo XX, ofrecieron descripciones de las regiones prefrontales con un detalle preciso de la arquitectura cerebral. La Segunda Guerra Mundial dejó un gran número de personas con déficit focales y patología del lóbulo frontal, las cuales fueron extensamente estudiadas. Luria (1966, 1969) relacionó la actividad de los lóbulos prefrontales con la programación de la conducta motora, inhibición de respuestas inmediatas, abstracción, solución de problemas, regulación verbal de la conducta, reorientación de la conducta de acuerdo a las consecuencias conductuales, integración temporal de la conducta, integridad de la personalidad y consciencia. Durante la década de 1970, 1980 y 1990, se publicaron diversos libros dedicados al análisis de la corteza prefrontal (e.g., Fuster, 1989; Levin et al., 1991; Miller & Cummings, 1998; Perecman, 1987; Pribram & Luria, 1973; Roberts, Robbins, & Weiskrantz, 1998; Stuss & Benson, 1986). Inicialmente se consideró que el “lóbulo frontal” y la “corteza prefrontal” eran sinónimos del déficit ejecutivo.

Históricamente, Phineas Gage se ha convertido en el ejemplo clásico de la patología de lóbulo frontal y del trastorno de las funciones ejecutivas (Figura 2) (Harlow, 1868). Phineas Gage era un capataz responsable en una línea de ferrocarril quien sufrió un trágico accidente en el que una barra de metal fue proyectada hacia su lóbulo frontal. Milagrosamente sobrevivió, pero después del accidente, fue descrito como “profano, irascible e irresponsable”. Se reportaron cambios de personalidad graves y de acuerdo con Harlow, comenzó a “comportarse como un animal”. El caso de Phineas Gage se cita generalmente como el ejemplo típico de alteraciones en las funciones ejecutivas. Sin embargo, es obvio que los trastornos presentados por Phineas Gage se situaban básicamente al nivel cognitivo/emocional, no al nivel puramente cognitivo (o metacognitivo). Se observaron los cambios conductuales externos -tal como suele encontrarse en la patología de lóbulo frontal-, pero las alteraciones puramente cognitivas no fueron reportadas.

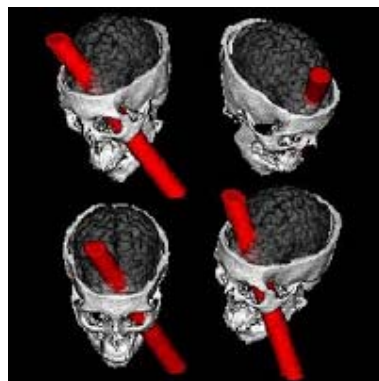


Figura 2. Trayectoria de la barra en el cráneo de Phineas Gage, según Damasio et al. (1994)

Frecuentemente se distinguen tres regiones frontales cuya patología resultaría en tres subtipos de síndrome disejecutivo (Figura 3): corteza frontal dorsolateral, media y orbital (también llamada ventral); cada una de ellas presenta una organización funcional particular (Fuster, 2002; Rains, 2002; Flores & Ostrosky-Solís, 2008). Los componentes límbicos del lóbulo frontal incluyen el cíngulo anterior y el sector posterior de la superficie frontal orbital (Damasio, 1998).

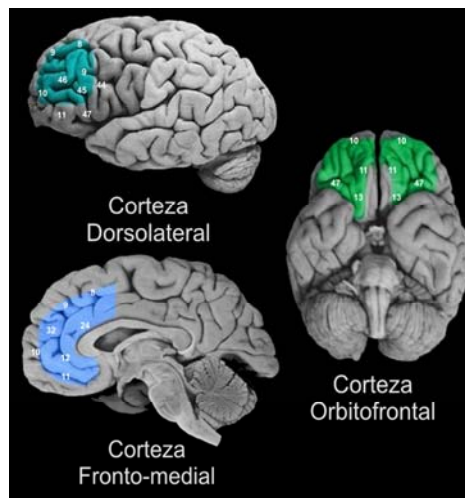


Figura 3. Regiones de la corteza prefrontal, localización de acuerdo al mapa de Brodmann: dorsolateral (áreas 8, 9, 10, 11, 44, 45, 46, 47); orbital o basal (áreas 10, 11, 13, 47) y region interna o medial, constituida por la circunvolución cíngular, incluido el sistema límbico que comprenden las áreas 24 y 32 y la parte interna de las áreas 8, 9, 10, 12.

De manera similar, Cummings (1993), Mega y Cummings (1994) postulan un modelo que liga tres síndromes frontales con tres circuitos fronto-estriado talámicos:

(1) El **circuito prefrontal dorsolateral** ha sido asociado con:

- Disfunción en funciones cognoscitivas
- Incapacidad para generar nuevas hipótesis
- Dificultad para la resolución de problemas complejos
- Pérdida de la flexibilidad cognitiva y marcada tendencia a perseverar
- Disminución de la fluidez verbal
- Pérdida de estrategias para realizar nuevos aprendizajes
- Deficiencias para iniciar la programación motora
- Deficiencias para ejecutar movimientos alternos motores
- Alteración del recuerdo temporal de los acontecimientos

(2) La **corteza orbitofrontal** se ha asociado con:

- Trastornos en autorregulación, control de impulsos y desinhibición
- Trastornos pseudopsicopáticos

- Cambios de personalidad
- Desinhibición
- Irritabilidad
- Agresividad
- Ecopraxia (repetición involuntaria por imitación de los movimientos de otros)
- Incapacidad para adaptarse a las normas sociales
- Conducta emocional inadaptada a la situación
- Euforia
- Hipomanía

(3) El **cíngulo anterior/corteza frontal mesial** se ha asociado con:

- Trastornos en la activación y en la conducta espontánea resultando en síndromes de apatía y abulia.
- Reducción de la actividad espontánea
- Apatía y pérdida de iniciativa
- Alexitimia (incapacidad para identificar y expresar emociones)
- Hipolalia (disminución o retraso en expresión verbal) y restricción del lenguaje
- Laconismo en respuestas verbales, con frecuencia monosilábica
- Trastornos pseudodepresivos

Aunque las funciones ejecutivas dependen de redes extensas que incluyen diferentes áreas cerebrales, se asume que la corteza prefrontal juega un papel principal en su control y monitoreo. Más importante, la corteza prefrontal no solamente participa en las operaciones clásicamente reconocidas como ejecutivas (secuenciar, alternar, inhibir, etc.), sino también juega un papel fundamental en la coordinación de la cognición y la emoción. La corteza prefrontal ha sido vista como el centro para la integración entre las emociones y la cognición (Mitchell & Phillips, 2007). La mayoría de las alteraciones reportadas en Phineas Gage (y en muchos casos de síndrome prefrontal) se refieren a alteraciones conductuales/emocionales; o más exactamente, alteraciones en la coordinación de la cognición con la emoción/motivación. El lóbulo prefrontal presenta extensas conexiones con áreas subcorticales y del sistema límbico (Barbas, 2006; Damasio & Andersen, 1993) e incluso la parte orbital puede considerarse como una extensión del sistema límbico. Pocas de las pruebas utilizadas en el laboratorio para evaluar funciones ejecutivas se enfoca en la coordinación de la cognición con la emoción/motivación y en ese sentido, pocas pruebas de funciones ejecutivas tiene validez ecológica significativa. Una de las funciones principales del lóbulo prefrontal es controlar los impulsos provenientes del sistema límbico: hacer "socialmente aceptables" los impulsos límbicos. La inhabilidad de convertir en socialmente aceptables estas necesidades biológicas básicas, -como en el caso de Phineas Gage-, representa frecuentemente una alteración relevante en pacientes prefrontales. Por supuesto, todos quisiéramos golpear a alguien en un momento de frustración, tomar algo para nosotros cuando está disponible, quedarnos en casa en lugar de ir a trabajar y aproximarnos sexualmente a una potencial pareja sexual. Esto es exactamente lo que hacen muchos pacientes con patología de lóbulo frontal.

En consecuencia, hay dos habilidades de lóbulo prefrontal diferentes pero que están estrechamente relacionadas (e.g., Fuster, 2002; Happaney, Zelazo, & Stuss, 2004), y los tres síndromes mencionados anteriormente se pueden resumir en solo dos:

(1) Solución de problemas, planeación, inhibición de respuestas, desarrollo e implementación de estrategias y memoria de trabajo (estas son las funciones que

generalmente se entienden como funciones ejecutivas, generalmente medidas a través de pruebas neuropsicológicas de funciones ejecutivas); estas son las habilidades más estrechamente relacionadas con el área dorsolateral de la corteza prefrontal (e.g., Stuss & Knight, 2002), y se puede hacer referencia a ellas como **“funciones ejecutivas metacognitivas”**.

(2) Coordinación de la cognición y la emoción. Se refiere a la habilidad de satisfacer los impulsos básicos siguiendo estrategias socialmente aceptables. En el último caso, lo que es más importante no necesariamente es el mejor resultado conceptual e intelectual, sino el resultado que va de acuerdo a los impulsos personales. En ese sentido, la función principal del lóbulo prefrontal es encontrar justificaciones aparentemente aceptables para los impulsos límbicos (los cuales constituyen las **“funciones ejecutivas emocionales”**). Sin duda, si las funciones ejecutivas metacognitivas fueran utilizadas en la solución de problemas sin involucrar impulsos límbicos, la mayoría de los problemas sociales que se presentan en todo el mundo habrían sido resueltos. Las áreas ventromediales de la corteza prefrontal están involucradas en la expresión y control de las conductas instintivas y emocionales (Fuster, 1997, 2002).

Estos dos tipos de funciones ejecutivas (“metacognitivas” y “emocionales”) dependen de áreas prefrontales relativamente diferentes, y de hecho, frecuentemente se distinguen dos variantes principales del síndrome prefrontal, uno que afecta mayormente a la cognición (o más bien, el control de la cognición, es decir, la “metacognición”); y otro que afecta especialmente a la conducta:

(1) **Síndrome orbitofrontal y medial**. El daño orbitofrontal ha sido asociado con la desinhibición, conductas inapropiadas, cambios en la personalidad, irritabilidad, labilidad emocional, poco tacto, y distractibilidad. Estos pacientes son incapaces de responder a claves sociales y atienden sólo a los estímulos presentes. Laiacona et al. (1989) señalaron que estos pacientes no presentan dificultades con tareas, tales como la clasificación de tarjetas. Eslinger y Damasio (1985) acuñaron el término “sociopatía adquirida” para describir la alteración que conjuga tanto la falta de *insight* como la falta de remordimiento ligado a estas conductas. Esto refleja la naturaleza concreta de este tipo de trastorno. La corteza orbitofrontal parece estar unida predominantemente con estructuras límbicas y basales del cerebro anterior. El daño al lóbulo frontal medial causa apatía o abulia (una forma severa de apatía). Lesiones agudas bilaterales del área medial frontal pueden causar mutismo acinético, en el cual el individuo está despierto y presenta conciencia de sí mismo, pero no es capaz de iniciar acciones (Ross & Stewart, 1981). De acuerdo con Fuster (1997, 2002) las áreas ventromediales de la corteza prefrontal están involucradas en la expresión y control de las conductas emocionales e instintivas.

(2) **Síndrome dorsolateral**. Cummings (1993) señaló que el circuito dorsolateral es el más importante de las funciones ejecutivas. Los déficit más notables son la incapacidad de organizar una respuesta conductual ante un estímulo complejo o novedoso. Los síntomas reflejan la incapacidad de cambiar los conjuntos cognitivos, aplicar estrategias existentes y organizar la información en forma tal que se ajuste a las demandas ambientales. Varios investigadores, incluyendo a Luria (1969), han descrito perseveraciones, conductas centradas en el estímulo, ecopraxia y ecolalia. Se ha señalado que las áreas ventrales y dorsales de la corteza prefrontal interactúan en el mantenimiento de la toma de decisiones de forma racional y “no riesgosa” (Manes et al., 2002). De acuerdo con Fuster (1997, 2002) la función ejecutiva más general de la corteza prefrontal lateral es la organización temporal de las acciones dirigidas hacia una meta dentro del campo de la conducta, cognición y lenguaje.

Es evidente que estos dos síndromes prefrontales pueden tener dos manifestaciones clínicas completamente diferentes (metacognitivo y emocional) dependiendo de la localización específica del daño. Esta misma distinción ha sido propuesta por diferentes autores.

¿Hay algún factor fundamental en las funciones ejecutivas?

Han existido desacuerdos alrededor de la unidad o diversidad de las funciones ejecutivas (e.g., De Frias, Dixon, & Strauss, 2006; Duncan, Emslie, Williams, Johnson, & Freer, 1996; Grafman, 2006; Kimberg, d'Esposito, & Farah, 1997; Parkin & Java, 1999). Sin embargo, no es evidente cuál podría ser ese factor unitario particular que satura las diferentes pruebas que miden funciones ejecutivas. La inhibición conductual ha sido considerada como un candidato potencial, ya que se ha identificado como único factor responsable del desempeño exitoso en varias pruebas de funciones ejecutivas (Barkley, 1997) o en combinación con la memoria de trabajo (Pennington & Ozonoff, 1996). Salthouse (1996, 2005) sugirió que el razonamiento y la velocidad perceptual representan un factor que subyace a todas las funciones ejecutivas. Salthouse (2005) observó que el desempeño en dos pruebas comunes de funciones ejecutivas, la prueba de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin y la fluidez verbal, están fuertemente correlacionadas con la habilidad de razonamiento y de velocidad perceptual.

Otros autores ponen en duda la existencia de tal factor unitario. Godefroy, Cabaret, Petit-Chenal, Pruvo, y Rousseaux (1999) señala que ciertos pacientes frontales muestran un buen desempeño en algunas pruebas que evalúan funciones ejecutivas pero no en otras. La correlación entre diferentes pruebas ejecutivas frecuentemente es de moderada a baja, y muchas veces carece de significancia estadística (Friedman et al., 2003; Lehto, 1996; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003).

Miyake, Friedman, Emerson, Witzky, y Howerter (2000) adoptan una posición intermedia. Estudiaron tres aspectos que a menudo se postulan como funciones ejecutivas (cambio, actualización, e inhibición) y concluyeron que a pesar de ser distinguibles entre sí, comparten un aspecto común. Basados en los resultados de su estudio, los autores postulan que las funciones ejecutivas son "constructos separados pero moderadamente correlacionados" sugiriendo que existen componentes unitarios y no unitarios en el sistema ejecutivo.

Otros autores han señalado diferentes subcomponentes de las funciones ejecutivas: volición, planeación, acción propositiva y desempeño efectivo (Lezak, 1983); control de la interferencia, flexibilidad, planeación estratégica y la habilidad de anticipar y comprometerse en actividades dirigidas hacia una meta (Denckla, 1994); manipulación concurrente de la información, flexibilidad cognitiva, formación de conceptos, y conducta dirigida por claves (Lafleche & Albert, 1995), control atencional, flexibilidad cognitiva, establecimiento de metas (Anderson, 2001); flexibilidad de pensamiento, inhibición, solución de problemas, planeación, control de impulsos, formación de conceptos, pensamiento abstracto y creatividad (Delis, Kaplan, & Kramer, 2001); planeación, iniciación, perseveración y alteración de las conductas dirigidas a una meta (Hobson & Leeds, 2001); formación de conceptos, razonamiento, flexibilidad cognitiva (Piguet et al., 2002); solución de problemas novedosos, modificación de la conducta como resultado de nueva información, generar estrategias, secuenciar acciones complejas (Elliot, 2003). La mayoría de los subcomponentes en estas interpretaciones de las funciones ejecutivas se refieren exclusivamente al componente metacognitivo y no al componente conductual/emocional.

Se podría conjeturar que la “representación de las acciones” puede constituir al menos un factor básico de las funciones ejecutivas metacognitivas. Podemos referirnos únicamente a la “representación de las acciones” y la “percepción del tiempo”, quizás derivada ambas de una sola habilidad central (¿secuenciación?).

La representación de las acciones

Parece evidente que la corteza prefrontal está involucrada en la representación de movimientos. Dos observaciones parecen obvias:

1. Observaciones anatómicas. La corteza prefrontal representa una extensión y evolución de las áreas motoras frontales. Se puede conjeturar que el lóbulo prefrontal participa en actividades motoras complejas y elaboradas.

2. Observaciones clínicas. Diversas alteraciones del control motor se observan en caso de patología prefrontal, tales como las perseveraciones, conductas de utilización, paratonia, reflejos primitivos, etc.

Varios autores han sugerido que el pensamiento, el razonamiento y otras formas de cognición compleja (metacognición) dependen de la interiorización de las acciones. Vygotsky supone que el pensamiento (y en general, los procesos cognitivos complejos) están asociados con el lenguaje interno (Vygotsky, 1934/1962, 1934/1978); Vygotsky representa al autor más clásico que sugiere esta interpretación de la cognición compleja. Un autor más reciente, Lieberman (2002a, 2002b) propone que el lenguaje, en particular, y la cognición, en general, surgen de secuencias complejas de actividades motoras.

Vygotsky (1934/1978) desarrolló el concepto de *organización extracortical de las funciones mentales superiores* para explicar la interacción de los factores biológicos y culturales en el desarrollo de la cognición humana. En este análisis de Vygotsky, “funciones mentales superiores” es más o menos el equivalente a lo que denominamos aquí como “funciones ejecutivas metacognitivas”. Un factor importante en la organización sistemática de los procesos cognitivos superiores es la inclusión de instrumentos externos (objetos, símbolos, signos), los cuales poseen una historia de evolución independiente dentro de cada cultura. La idea central de Vygotsky es que las formas de cognición superiores (“funciones cognitivas ejecutivas”) dependen de cierta mediación (lenguaje, escritura o alguna otra); los instrumentos usados para mediar estos procesos cognitivos complejos se desarrollan culturalmente. De acuerdo con Vygotsky, la invención (o descubrimiento) de estos instrumentos, resultarán en nuevos tipos de evolución (evolución cultural) que no requieren ningún cambio biológico adicional. Pensar, es interpretado como una actividad motora encubierta (“habla interna”).

Evaluación de las Funciones Ejecutivas

Las lesiones de los lóbulos frontales tienen consecuencias muy heterogéneas e importantes en las conductas más complejas del humano, desde alteraciones en la regulación de las emociones y la conducta social, hasta alteraciones en el pensamiento abstracto y la metacognición (Stuss & Levine, 2000). Por lo que es necesario contar con una evaluación lo más completa posible para identificar déficits en distintos aspectos de las funciones ejecutivas.

A continuación se presentan algunas de las pruebas utilizadas en la evaluación de las funciones ejecutivas.

Prueba de Stroop (Stroop, 1935; Golden 1978)

Evalúa la capacidad del sujeto para inhibir una respuesta automática y para seleccionar una respuesta en base a un criterio arbitrario. Fue desarrollada originalmente por Stroop (1935), la versión de Stroop consiste de tres cartas blancas, cada una con 10 filas de 5 ítems. Hay cuatro partes de la prueba. En la Parte 1, el sujeto lee nombres de colores puestos al azar (por ejemplo, azul, verde, rojo, café, morado) impresos en letras negras. En la Parte 2, el sujeto lee los nombres de colores (azul, verde, rojo, amarillo) escritos en tinta de color (azul, verde, rojo, amarillo), ignorando el color de la letra (el color de la letra nunca corresponde al nombre del color). En la Parte 3 el sujeto tiene que nombrar el color de los cuadrados (azul, verde, rojo, café, morado). En la Parte 4, se le da al sujeto la carta usada en la Parte 2, pero en esta ocasión, el sujeto debe nombrar el color en el que los nombres de colores están impresos e ignorar su contenido verbal (Figura 4). El mayor interés es la conducta del sujeto cuando se le presentan palabras coloreadas en tintas que no corresponden. Stroop reporta que las personas normales pueden leer palabras de colores escritas en tinta de color tan rápido como cuando las palabras son presentadas en tinta negra (Parte 2 contra Parte 1). Sin embargo, la dificultad para completar la tarea aumenta significativamente cuando al sujeto se le pide que nombre el color de la tinta en lugar de leer la palabra (Parte 4 contra Parte 3). Este decremento en la velocidad de nombrar el color es llamado “efecto de interferencia color-palabra”.

AZUL	VERDE	AMARILLO
ROSA	ROJO	NARANJA
MARRÓN	NEGRO	AZUL
ROJO	AMARILLO	VERDE

Figura 4. Ejemplo de la Prueba de Stroop

Se han desarrollado numerosas versiones de la Prueba de Stroop (por ejemplo, Golden, 1976; 1978; Delis et al., 2001; Naglieri & Das, 1997). Así, las pruebas difieren en el número de cartas usadas. Por ejemplo, la carta con nombres de colores impresa en tinta negra es omitida, y en ocasiones una carta congruente es incluida en la que nombres de colores están impresos en la tinta de su color congruente. Las pruebas también difieren en el uso de puntos/parches de colores o “X” coloreadas (Golden, 1976), el número de ítems en cada tarjeta de la prueba (p. ej. 50 ítems en la versión de D-KEFS, 100 ítems en la versión de Golden), y el número de colores usados (p. ej. tres en la versión de Delis et al., 2001 y cuatro en la versión de Golden; y cinco en la forma original usada por Stroop). La D-KEFS también incluye una cuarta condición que requiere que el paciente cambie constantemente de condiciones entre nombrar el color de la tinta incongruente y leer las palabras conflictuantes. La limitación de estas distintas versiones incluye los pocos datos normativos para puntajes de error (Golden, 1978; Naglieri & Das, 1997), fallas en corregir el enlentecimiento generalizado en el ensayo de interferencia, la falta de datos normativos sobre edad corregida y los pocos datos en niños.

La versión de Golden (Golden, 1978) es usada frecuentemente y se aplica de los 5 a los 90 años. Consiste en una Página de Palabras con 100 nombres de colores (rojo, verde, azul) impresos en tinta negra, una Página de Color con 100 "X" impresas en tinta ya sea roja, verde o azul y una Página Color-Palabras con 100 palabras de la primera página (rojo, verde, azul) impresos en colores de la segunda página (el color y la palabra no coinciden). El paciente ve cada hoja y se mueve por columnas leyendo palabras o nombrando el color de la tinta tan rápido como sea posible en un tiempo límite (45 segundos). La prueba arroja tres puntajes basados en el número de ítems completados en cada uno de las tres hojas estímulo. En adición, un puntaje de interferencia también puede ser calculado.

El tiempo aproximado para cada versión es de 5 minutos para cada versión.

Laberintos de Porteus (Porteus, 1959)

Evalúa la capacidad del sujeto para respetar límites (control de impulsividad) y planear la ejecución motriz para llegar a una meta especificada (Stuss & Levine, 2000). El test de laberintos de Porteus fue diseñado por S.D. Porteus (1959) como una prueba capaz de medir la inteligencia general en términos de edades mentales. La prueba consiste en la resolución de laberintos ordenados en un modelo de dificultad creciente. El paciente debe trazar con un lápiz el camino desde la entrada hasta la salida cumpliendo instrucciones que permiten ubicarlo entre las pruebas de funciones ejecutivas. Actualmente, la versión más utilizada es la Revisión de Vineland la cual se emplea para evaluar planeación e identificar errores de tipo perseverativo. Esta versión consta de 12 laberintos y se puede aplicar desde los tres años hasta la edad adulta.



Figura 5. Laberintos de Porteus

Diversos estudios de neuroimagen han asociado principalmente áreas fronto-mediales, órbito-frontales (control motriz) y dorsolaterales (planeación) (Stevens, Kaplan & Heseelbrock, 2003) al adecuado desempeño en esta tarea.

La Batería de Lóbulos Frontales y Funciones Ejecutivas (Flores, Ostrosky & Lozano, 2012) incluye una adaptación de este prueba.

Para la aplicación de esta prueba, se muestra el primer laberinto y se le pide al sujeto que resuelva los laberintos lo más rápido posible; se le muestra dónde debe comenzar y finalizar y se le indica que no se deben tocar o atravesar las paredes del laberinto, que trate de no levantar el lápiz y que no puede borrar en ningún momento. Esta prueba toma aproximadamente 15 minutos.

Originalmente, la calificación de Porteus no tomaba en cuenta el tiempo de ejecución y utilizaba el concepto de edades mentales. Actualmente se califica el tiempo, se toma en cuenta el componente psicomotor y el número de entradas a un camino sin salida como medida perseverativa.

Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin (Wisconsin Card Sorting Test) (Grant & Berg, 1948)

Evalúa la capacidad para generar criterios de clasificación, pero sobre todo la capacidad para cambiar de criterio de clasificación (flexibilidad) en base a cambios repentinos en las condiciones de la prueba. El Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin fue ideado por Grant y Berg (1948) para evaluar la capacidad de abstracción, la formación de conceptos y el cambio de estrategias cognitivas como respuesta a los cambios que se producen en las contingencias ambientales. Posteriormente, Milner (1963) contribuyó a establecer esta tarea como esencial en la evaluación de las alteraciones en el control ejecutivo de la atención resultantes de lesiones en el lóbulo frontal.

Consiste en una base de 4 cartas que tienen 4 figuras geométricas diferentes (círculo, cruz, estrella y triángulo), las cuales a su vez tienen dos propiedades: número y color. Al sujeto se le proporcionan un grupo de 128 cartas, las cuales están compuestas por la combinación de tres clases de atributos: la forma (triángulo, estrella, cruz y círculo), el color (rojo, azul, verde y amarillo) y el número (uno, dos, tres o cuatro elementos) (Figura 6). La tarea consiste en acomodándolas debajo de una de las cuatro cartas de base que se presentan en una lámina, de acuerdo a un criterio que el sujeto mismo tiene que generar (color, forma o número). Cualquier carta tiene la misma posibilidad de relacionarse con los tres criterios, no existe un patrón perceptual que guíe la toma de decisión, la decisión correcta es establecida por un criterio arbitrario del evaluador.

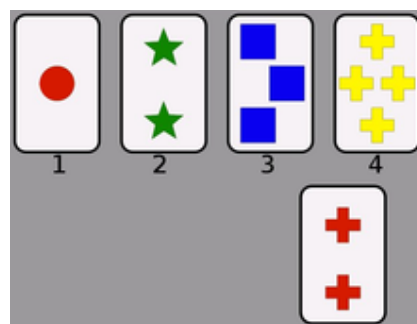


Figura 6. Test de Clasificación de Tarjetas de Wisconsin

Se aplica a partir de los 6 años de manera individual. Se le indica al sujeto que debe colocar cada carta de respuesta debajo de alguna de las cartas estímulo, según donde él piense que debe ir. Se le menciona además que se le señalará si lo hizo de manera correcta o incorrecta y que de acuerdo con esa información debe tratar de obtener tantas cartas correctas como sea posible. El sujeto debe clasificar primero por color, después de 10 respuestas consecutivas correctas, se cambia al criterio de forma y posteriormente a número, sin indicarle el cambio de criterio. El procedimiento continúa hasta que se han completado 6 categorías correctas o hasta que se han colocado las 128 cartas. Aproximadamente 10 a 15 minutos.

El desempeño del sujeto se califica de diferentes formas: número de categorías correctas identificadas, respuestas perseverativas (número de tarjetas que el sujeto ordena bajo una categoría anterior correcta, a pesar de la retroalimentación negativa del experimentador), errores perseverativos, cantidad total de errores y fallas en el mantenimiento del set.

Torre de Hanoi (Dehaene & Changeux, 1997)

Esta prueba evalúa la capacidad para planear una serie de acciones que sólo juntas y en secuencia, conllevan a una meta específica (Dehaene & Changeux, 1997). Fue inventada por el matemático francés, Edouard Lucas en 1883 (Welsh & Huizinga, 2001). Se conforma de una base de madera con tres estacas y varias fichas de distinto tamaño (Figura 7). La tarea tiene tres reglas: sólo se puede mover una de las fichas a la vez, una ficha más pequeña no puede estar debajo de una ficha más grande y siempre que se tome una ficha ésta tiene que ser depositada de nuevo. El sujeto tiene que trasladar una configuración en forma de pirámide de un extremo de la base al otro moviendo las fichas por las estacas.

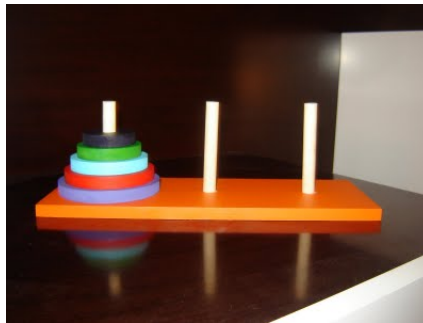


Figura 7. Ejemplo de la Torre de Hanoi

Usualmente, se provee a la persona con algunos intentos de práctica y se procede a comenzar la prueba. La misma suele consistir de diferentes oportunidades en las que se busca que el paciente pueda mejorar su ejecución y resolver la prueba en el menor número de movimientos posibles. Se utilizan dos grupos de la torre, uno para el examinador – que contiene el arreglo final y uno para el paciente – que contiene el arreglo inicial que debe ser resuelto.

Para la calificación se toma en cuenta la cantidad de movimientos de los discos que realiza el paciente hasta llegar a la configuración final, la cantidad de errores al no seguir alguna de las reglas y en ocasiones se toma el tiempo para determinar la rapidez y la precisión con que se obtiene la configuración establecida y el número de pausas que realiza durante su ejecución como forma de medir la planificación.

La tarea puede comenzar con el movimiento de discos sencillos – 3 discos – aumentando su complejidad hasta llegar a tener arreglos que contienen 9 discos. Los resultados se reportan en una puntuación total de la cantidad para cada una de las medidas obtenidas. Una mejor ejecución estará dada por el uso de la menor cantidad de movimientos posibles y el no cometer errores durante la resolución (Ahoniska, Ahonen, Aro & Lyytinen, 2000).

Batería Neuropsicológica para la Evaluación de las Funciones Frontales y Ejecutivas (Flores, Ostrosky & Lozano, 2008)

Representa una batería extensa para el examen de los diferentes componentes de las funciones ejecutivas. Incluye un número importante de pruebas neuropsicológicas de alta confiabilidad y validez para la evaluación de procesos cognitivos (entre ellos las funciones ejecutivas) que dependen principalmente de la corteza prefrontal.

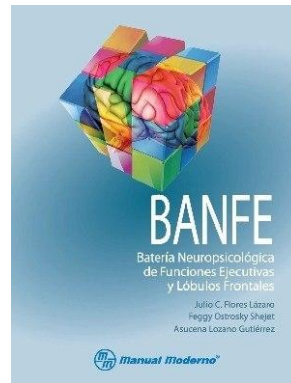


Figura 8. Batería Neuropsicológica para la Evaluación de las Funciones Frontales y Ejecutivas

El trabajo de selección y diseño de la batería se basó en cuatro aspectos principales:

- a) División de procesos y sistemas dentro de la corteza prefrontal.
- b) Correlato anátomo-funcional.
- c) Enfoque neuropsicológico clínico (validez y confiabilidad clínico-neuropsicológica).
- d) Soporte de estudios experimentales de neuroimagen funcional.

Las pruebas que conforman la batería utilizada se seleccionaron en base a su validez neuropsicológica: son pruebas ampliamente utilizadas por la comunidad internacional, con suficiente soporte en la literatura científica, con especificidad de área, determinada tanto por estudios con sujetos con daño cerebral, así como también con estudios de neuroimagen funcional que apoyan esta especificidad de área; este es un procedimiento de validez convergente y clínica propuesto para la neuropsicología (Stuss & Levine, 2002).

Las pruebas se seleccionaron y dividieron principalmente en base al criterio anátomo-funcional: pruebas que evalúan funciones complejas que dependen de la corteza órbita-frontal, medial, dorsolateral y de la corteza prefrontal anterior.

Está integrada por quince pruebas que evalúan diversas funciones tales como: planeación, flexibilidad mental, control inhibitorio, memoria de trabajo, procesamiento riesgo-beneficio, abstracción y metacognición. La Tabla 1 se presenta una descripción de las pruebas y reactivos que incluye las diferentes pruebas.

BATERIA NEUROPSICOLOGICA DE LOBULOS FRONTALES Y FUNCIONES EJECUTIVAS

(Flores, Ostrosky & Lozano, 2008)

Subpruebas

1. Metafunciones

- 1.1. Metamemoria. Se le pide al sujeto prenderse 9 palabras que son presentadas en el mismo orden durante cinco ensayos, antes de cada ensayo se pregunta al sujeto: ¿cuántas palabras cree que se puede aprender? Se registran las palabras aprendidas, las intrusiones y las perseveraciones. El puntaje total depende de: a) *Errores positivos* que resultan de la sobrestimación del número de palabras predichas por el sujeto, y b) *Errores negativos* que resultan de la subestimación del sujeto.
- 1.2. Comprensión del sentido figurado. Se presentan cinco refranes, los cuales tienen tres respuestas posibles, cada una de las tres respuestas representan tres opciones: una respuesta incorrecta, una respuesta cercana y una respuesta correcta. Se registra el tiempo en el que realizan la tarea. Puntaje total= 5.
- 1.3. Formación de categorías abstractas. Se toman en cuenta el número de categorías abstractas formadas en la tarea de formación de categorías. Cada categoría abstracta tiene un valor de 3 puntos.

2. Funciones Ejecutivas

- 2.1. Fluidez Verbal. Se le pide al sujeto, la mayor cantidad de verbos (acciones) posible en un minuto. Se registran las intrusiones y las perseveraciones. Se otorga un punto por cada acierto.
- 2.2. Productividad: formación de categorías. Se presenta una lámina con 30 figuras de animales, y se pide al sujeto generar todas las clasificaciones que pueda, en un tiempo límite de 5 minutos. Se puntúa de acuerdo al tipo de categoría que se genere: a) abstracta =3 puntos, b) funcional =2 puntos y c) concreta=1 punto. También se toma en cuenta el promedio de palabras de cada categoría generada.
- 2.3. Flexibilidad Mental: Clasificación de cartas. Consiste en una base de 4 cartas que tienen 4 figuras geométricas diferentes (cuadrado, octágono, rombo y trapecio), las cuales a su vez tienen dos propiedades: número y color. Al sujeto se le proporcionan 64 cartas con estas mismas características, las cuales tiene que acomodar debajo de una de las cuatro cartas de base que se presentan en una lámina, por medio de un criterio que el sujeto mismo tiene que generar (color, forma o número). Cualquier carta tiene la misma posibilidad de relacionarse con los tres criterios, no existe un patrón perceptual que guíe la toma de decisión, la decisión correcta es establecida por un criterio arbitrario del evaluador. Se toman en cuenta los aciertos, los errores, las perseveraciones, las perseveraciones de criterio, los errores de mantenimiento y el tiempo.
- 2.4. Planeación
 - 2.4.1 Laberintos. Se conforma de cinco laberintos que incrementan su nivel de dificultad, debido a que progresivamente se tienen que realizar planeaciones con mayor anticipación espacial para llegar a la meta final. En esta prueba se le pide al sujeto que los resuelva en el menor tiempo posible, sin tocar las paredes, ni atravesarlas y que trate de no

levantar el lápiz una vez que ha iniciado. Se registra, el número de veces que toca las paredes, que las atraviesa y cada vez que entra a un camino sin salida (error de planeación). Igualmente, se registra el tiempo de ejecución.

2.4.2 Torre de Hanoi. El objetivo de la tarea es desplazar los discos de la posición del primer poste al tercero, de manera que formen de nuevo la pirámide, tomando en cuenta las siguientes reglas: a) sólo puede mover los discos de uno en uno y cuando saque uno debe introducirlo en otro poste, b) siempre que coloque un disco encima de otro el que se situó encima deberá ser de menor tamaño que el de abajo, y c) deberá realizarlo en el menor número de movimientos posibles. Se aplican primero con 3 discos y posteriormente con 4. Se registran el número de movimientos realizados, el número de errores cometidos y el tiempo.

3. Memoria de trabajo

3.1. Series sucesivas

3.1.1. Resta 1. Se pide que comenzando por el número 100 vaya restando de 7 en 7 hasta llegar a 0, o al número más cercano a cero, en el menor tiempo posible. Puntaje total= 25 puntos.

3.1.2. Resta 2. Se pide que comenzando por el número 40 vaya restando de 3 en 3 hasta llegar a 0, o al número más cercano a 0, en el menor tiempo posible. Puntaje total= 24 aciertos.

3.1.3. Suma consecutiva. Se pide al sujeto que comenzando por el 1 vaya sumando de 5 en 5 en el menor tiempo posible. El evaluador detiene al sujeto al llegar al número 101. Puntaje total= 21 puntos.

3.2. Visoespacial: señalamiento auto dirigido. La prueba se conforma de una lámina con figuras de objetos y animales, el objetivo es señalar con el dedo todas las figuras sin omitir ni repetir ninguna de ellas; el sujeto tiene que desarrollar una estrategia de acción y a la vez mantener en su memoria de trabajo (MT) las figuras que ya señaló, para no repetir u omitir ninguna. Se registran las perseveraciones y las omisiones. Puntaje total= 25 puntos.

3.3. Verbal: ordenamiento alfabético. Se presentan al sujeto (de forma desordenada) de cinco a siete palabras que empiezan con una vocal o una consonante, el objetivo de la prueba es ordenar mentalmente y reproducir por orden alfabético estas palabras. Se registran las omisiones y el ensayo en el que logró ordenar las palabras sin errores.

3.4. Visoespacial secuencial: Se presenta una lámina con diferentes objetos reales, y se señalan 4 diferentes secuencias, en orden ascendente y de mayor dificultad. Evalúa la capacidad para mantener la identidad de objetos situados con un orden y en un espacio específico. Se dan dos ensayos para cada secuencia, y se registran el ensayo en que se ejecutó correctamente, las omisiones, las intrusiones, los errores de orden y las perseveraciones.

4. FUNCIONES BÁSICAS

4.1. Control inhibitorio.

4.1.1. Stroop A: se pide al sujeto que lea lo que esta escrito, en una lámina con nombres de colores impresos en diferentes colores, excepto en los casos en que la palabra esta subrayada, en tal caso se pide que se denomine el nombre del color en que esta impresa y no lo que está

escrito en el menor tiempo posible. Puntaje total= 84 puntos.

4.1.2. Stroop B. El evaluador va señalando las columnas de palabras que están impresas en color y se pide que lea lo que está escrito, pero cuando el evaluador diga la palabra "color" el sujeto debe denominar el color en que están impresas las palabras y no lo que está escrito. Puntaje total= 84 puntos.

En ambas versiones se registran dos tipos de errores y el tiempo de ejecución, los tipos de errores que se pueden cometer son: a) *errores stroop*: cuando se denomina mal el color y b) *errores no stroop*: cuando no leyó correctamente la palabra.

4.1.3. Errores de mantenimiento: se suman el número de errores de mantenimiento que cometió el sujeto en la prueba de clasificación de cartas. Un error de mantenimiento se considera cuando se registran 4 aciertos consecutivos o más y de manera repentina cambia la categoría sin que el evaluador haya cambiado el criterio de clasificación.

4.2. Seguimiento de reglas.

4.1.1. Atravesar paredes (laberintos). Se cuentan el número de veces que atravesó las paredes en todos los laberintos resueltos.

4.3. Procesamiento riesgo-beneficio: prueba de juego. En esta prueba se pide al sujeto que trate de acumular la mayor cantidad posible de puntos, escogiendo cartas con números que van del 1 al 5 y representan el valor de los puntos. Las cartas 1, 2 y 3 tienen castigos menores y aparecen con menor frecuencia. Las cartas con más puntos (4 y 5) tienen castigos más costosos y más frecuentes. Se registran los puntos obtenidos, así como el porcentaje de riesgo, que resulta al promediar las selecciones de las cartas 4 y 5.

Tabla 1. Bateria Neuropsicologica de Lobulos Frontales y Funciones Ejecutivas.

Cuestionarios de Funciones Ejecutivas

Otra aproximación para estimar las funciones ejecutivas involucra el uso de escalas estructuradas que se aplican tanto al paciente como a un informante (cuidador y/o familiar). Estos cuestionarios exploran diversos aspectos de las funciones ejecutivas como por ejemplo, la iniciación, planeación y la solución de problemas.

Algunos de los cuestionarios más utilizados son: *Dysexecutive Questionnaire (DEX)* (Wilson, Alderman, Burgess, Emslie & Evans, 1996), *Behavior Rating Inventory of Executive Functioning (BRIEF)* (Gioia, Isquith, Guy & Kenworthy, 2000) y *Frontal Systems Behavior Scale (FrSBe)* (Grace & Malloy, 2001).

Las ventajas de estos cuestionarios son el diagnóstico funcional, la desventaja es que puede existir una pobre apreciación de los problemas que realmente presenta el paciente. Como señalan Sohlberg y Mateer (2001) una de las limitaciones de los cuestionarios es que se limitan a indicar la percepción de las preguntas que se incluyen en los cuestionarios y estos pueden no incluir reactivos que se relacionen con los cambios comportamentales que presenta el paciente. Algunos pacientes pueden no indicar cambios en diversas habilidades después del tratamiento, sin embargo reportan mejorías como por ejemplo en su capacidad de mantener la atención durante películas completas, recordar números telefónicos o realizar dos tareas al mismo

tiempo (escuchar el radio y manejar), pero como estos reactivos no se incluyen en los cuestionarios no existe un registro de mejoría. Por esto es necesario combinar entrevistas estructuradas con cuestionarios para poder detectar las alteraciones en la funcionalidad.

Referencias

Ahonniska, J., Ahonen, T., Aro, T. & Lyytinen, H. (2000). Suggestions for revised scoring of the tower of Hanoi Test. *Assessment*, 7, 311-320.

Anderson, V. (2001). Assessing executive functions in children: Biological, psychological, and developmental considerations. *Developmental Neurorehabilitation*, 4, 119-136.

Ardila, A., & Surloff, C. (2012). *Dysexecutive syndromes*. San Diego: Medlink: Neurology.

Baddeley A. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.

Barbas, H. (2006). Organization of the principal pathways of prefrontal lateral, medial, and orbitofrontal cortices primates and implications for their collaborative interaction in executive functions. En J. Risberg, & J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes. Development, function and pathology* (pp.21-68). Cambridge:

Cummings, J. L. (1993). Frontal-subcortical circuits and human behavior. *Archives of Neurology*, 50, 873-880.

Damasio, A., & Anderson, S. W. (1993). The frontal lobes. En K. M. Heilman, & E. Valenstein (Eds.), *Clinical neuropsychology* (4a. ed., pp. 401-446). New York: Oxford University Press.

Damasio, H., Grabowski, T., Frank, R., Galaburda, A. M, & Damasio, A. R. (1994). The return of Phineas Gage: clues about the brain from the skull of a famous patient. *Science*, 264:1102-1105

De Frias, C., Dixon, R., & Strauss, E. (2006). Structure of four executive functioning tests in healthy older adults. *Neuropsychology*, 20, 206–214.

Dehaene, S., & Changeux, J.P. (1997). A hierarchical neuronal network for planning behavior. *Neurobiology*, 94, 13923-13938.

Delis, D., Kaplan, E., & Kramer, N. (2001). Delis–Kaplan executive function system. Psychological Assessment Resources, Inc..

Denckla, M. B. (1994). Measurement of executive function. En G. R. Lyon (Ed.), *Frames of reference for the assessment of learning disabilities: new views on measurement issues* (pp.117-142). Baltimore, MD: Paul H Brooks.

Denckla, M. B. (1996). A theory and model of executive function: a neuropsychological perspective. En G. R. Lyon, & N. A. Krasnegor (Eds.), *Attention, memory and executive function* (pp. 263-77). Baltimore, MD: Paul H Brooks.

- Duncan, J., Emslie, H., Williams, P., Johnson, R., & Freer, C. (1996) Intelligence and the frontal lobes: the organization of goal-directed behavior. *Cognitive Psychology*, 30, 257-303.
- Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65, 49-59.
- Eslinger, P. J., & Damasio, A. R. (1985). Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology*, 35, 1731-1741.
- Feuchtwanger, E. (1923). *Die Funktionen des Stirnhirns*. Berlin: Springer.
- Flores, J., & Ostrosky-Solís, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista de Neuropsicología, Neurociencias y Neuropsiquiatría*, 8(1), 47-58.
- Flores, J.C., Ostrosky, F. & Lozano, A. (2012). Bateria Neuropsicológica de Funciones ejecutivas y Lobulos Frontales. México: El Manual Moderno
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., DeFries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological Science*, 17, 172-179.
- Fuster, J. M. (1989). *The prefrontal cortex*. New York: Raven Press.
- Fuster, J. M. (2002). Frontal lobe and cognitive development. *Journal of Neurocytology*, 31, 373-385.
- Gioia, G. A., Isquith, P. K., Guy, S. C. y Kenworthy, L. (2000). Behavior rating inventory of executive function. *Neuropsychology, Development and Cognition*, 6, 235-238.
- Godefroy, O., Cabaret, M., Petit-Chenal, V., Pruvo, J.P., & Rousseaux, M. (1999). Control functions of the frontal lobes. Modularity of the central-supervisory system? *Cortex*, 35, 1-20.
- Golden, C. J. (1976). Identification of brain disorders by the Stroop Color and Word Test. *Journal of Clinical Psychology*, 32, 654-658.
- Golden, C. J. (1978). *Stroop Color and Word Test: A manual for clinical and experimental uses*. Chicago, IL: Stoelting Co.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain*. New York: Oxford University Press.
- Goldstein, K. (1944). The mental changes due to frontal lobe damage. *Journal of Psychology*, 17, 187-208.
- Grafman, J. (2006). Human prefrontal cortex: processes and representations. En J. Risberg, & J. Grafman (Eds.), *The frontal lobes. Development, function and pathology* (pp. 69-91). Cambridge: Cambridge University Press.
- Grace, J., & Malloy, P. F. (2001). *Frontal Systems Behavior Scale (FrSBe): professional manual*. Lutz, FL: Psychological Assessment Resources.

- Grant, D. A., & Berg, E. A. (1948). A behavioral analysis of degree of impairment and ease of shifting to new responses in a Weigl-type card sorting problem. *Journal of Experimental Psychology*, 39, 404–411.
- Happaney, K., Zelazo, P. D., & Stuss, D. T. (2004). Development of orbitofrontal function: current themes and future directions. *Brain and Cognition*, 55, 1-10.
- Harlow, J. M. (1868). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Massachusetts Medical Society Publications*, 2, 327-346.
- Harlow, J. M. (1868). Recovery from the passage of an iron bar through the head. *Massachusetts Medical Society Publications*, 2, 327–346.
- Hobson, P., & Leeds, L. (2001). Executive functioning in older people. *Reviews in Clinical Gerontology*, 11, 361–372.
- Kimberg, D., D'Esposito, M., & Farah, M. (1997). Cognitive functions in the prefrontal cortex-working memory and executive control. *Current Directions in Psychological Science*, 6, 185-192.
- Laiacona, M., De Santis, A., Barbarotto, R., Basso, A., Spagnoli, D., & Capitani, E. (1989). Neuropsychological follow-up of patients operated for aneurysms of anterior communicating artery. *Cortex*, 25, 261-273.
- Lafleche, G., & Albert, M. (1995). Executive function deficits in mild Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 9, 313-320.
- Lehto, J. (1996). Are executive function tests dependent on working memory capacity? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 29-50.
- Levin, H. S., Eisenberg, H. M., & Benton, A. L. (1991). *Frontal Lobe Function and Dysfunction*. New York: Oxford University Press.
- Lezak, M. D. (1983). *Neuropsychological assessment* (2a. ed.). New York: Oxford University Press.
- Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias 19 Lieberman, P. (2002a). *Human language and our reptilian brain*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Lieberman, P. (2002b). On the nature and evolution of the neural bases of human language. *Yearbook of Physical Anthropology*, 45, 36-62.
- Luria, A. R. (1966). *Human brain and psychological processes*. New York: Harper & Row.
- Luria, A. R. (1969). Frontal lobe syndromes. En P. J. Vinken, & G. W. Bruyn (Eds.), *Handbook of clinical neurology* (Vol. 2, pp. 725-757). Amsterdam: North Holland.
- Luria, A. R. (1980). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic
- Manes, F., Sahakian, B., Clark, L., Rogers, R., Antoun, N., Aitken, M., & Robbins T. (2002). Decision-making processes following damage to the prefrontal cortex. *Brain*, 125, 624-39.
- Mega, M.S., Cummings, J. L. (1994). Frontal-subcortical circuits and neuropsychiatric disorders. *Journal Neuropsychiatry Clinical Neurosciences*;

6:358-379.

Miller, B. L., & Cummings, J. L. (1998). *The human frontal lobes: Functions and disorders*. New York: The Guilford Press.

Milner, B. (1963). Effects of different brain lesions on card sorting. *Archives of Neurology*, 9, 90–100.

Mitchell, R. L., & Phillips, L. H. (2007). The psychological, neurochemical and functional neuroanatomical mediators of the effects of positive and negative mood on executive functions. *Neuropsychologia*, 45, 617–629.

Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., & Howerter, A. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex "Frontal Lobe" Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.

Naglieri, J. A., & Das, J. P. (1997). *Cognitive assessment systems interpretive handbook*. Itaska, IL: Riverside.

Parkin, A., & Java, R. (1999). Deterioration of frontal lobe function in normal aging: Influences of fluid intelligence versus perceptual speed. *Neuropsychology*, 13, 539-545.

Pennington, B. F., & Ozonoff, S. (1996). Executive functions and developmental psychopathology. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 37, 51-87.

Perecman, E. (Ed). (1987). *The frontal lobes revisited*. New York: The IRBN Press.

Pribram K. H., & Luria, A. R. (Eds.). (1973). *Psychophysiology of the frontal lobes*. New York: Academic Press.

Piguet, O., Grayson, G., Browe, A., Tate, H., Lye, T., Creasey, H., et al. (2002). Normal aging and executive functions in "Old-old" community dwellers: Poor performance is not an inevitable outcome. *International Psychogeriatric Association*, 14, 139–159.

Porteus, S.D. (1959). *The Maze Test and Clinical psychology*. Palo Alto California: Pacific Books.

Rains, G. D. (2002): *Principios de Neuropsicología Humana*. México: McGraw Hill

Roberts, A. C., Robbins, T. W., & Weiskrantz, L. (1998). *The prefrontal cortex: Executive and cognitive functions*. Oxford: Oxford University Press.

Ross, E. D., & Stewart, R. M. (1981). Akinetic mutism from hypothalamic damage: successful treatment with dopamine agonists. *Neurology*, 31, 1435-1439.

Salthouse, T., Atkinson, T., & Berish, D. (2003). Executive functioning as a potential mediator of age-related cognitive decline in normal adults. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132, 566-594.

Sohlberg, M. M., & Mateer, C. (2001). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. New York: The Guilford Press.

- Stevens, M. C., Kaplan, R. F., & Heseelbrock, V. M. (2003). Executive-cognitive functioning in the development of anti-social personality disorder. *Addictive Behaviors*, 28, 285-300.
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reaction. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643–662.
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (1986). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- Stuss, D. T., & Knight, R. T. (2002). *Principles of frontal lobe function*. New York: Oxford University Press.
- Stuss DT, Levine B. (2000). Adult clinical neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-433.
- Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult Clinical Neuropsychology: lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-33.
- Tirapu Ustárrroz, J., García-Molina, A., Ríos Lago, M. & Ardila, A. (2012). *Neuropsicología de la corteza prefrontal y de las funciones ejecutivas*. Barcelona: Editorial Viguera.
- Vygotsky, L. S. (1934/1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Vygotsky, L. S. (1934/1978). *Mind in society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wilson, B. A., Alderman, N., Burgess, P. W., Emslie, H. y Evans, J. J. (1996). *Behavioural assessment of the Dysexecutive Syndrome*. Bury St. Edmunds, UK : Thames Valley Test Company.